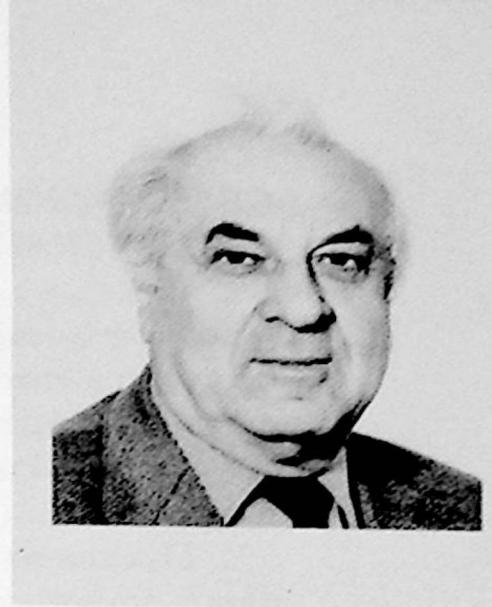


# Nuevas tendencias en la enseñanza de la ingeniería en Inglaterra



*Prof. Dr. A. Kennaway.*

Prof. Dr. ALEXANDER KENNAWAY

Imperial College of Science  
Technology & Medicine, London

## *INTRODUCCION*

En todos los países la enseñanza tradicional de la ingeniería exige a los egresados un cabal conocimiento de la matemática, de la física y de la química, y proporciona a los egresados los fundamentos de la ciencia de la ingeniería y del análisis matemático, lo que los habilita para idealizar problemas reales a fin de poder resolverlos. No obstante, no hay lugar para la síntesis de los conocimientos adquiridos, ni para la aplicación de las ciencias de la ingeniería de una manera multidisciplinaria que les permita identificar y resolver el tipo de problemas a los cuales se verá enfrentado el ingeniero en su profesión, lo que incluye el diseño de plantas y de productos, su desarrollo, producción, mantención y ventas.

Algunos de los programas actuales no proporcionan al estudiante la experiencia práctica necesaria para la manufactura de productos, mientras que otros exigen tener experiencia de taller, tanto en la universidad como en la industria.

Tradicionalmente al estudiante se le alienta para que trabaje solo.

Por su parte, el cuerpo académico está conformado tradicionalmente por los egresados más brillantes, quienes —después de aprobar los exámenes con las más altas calificaciones— continúan sus estudios superiores y se quedan para instruir a los estudiantes de pregrado, es así, que raramente han tenido experiencia en la industria.

## OBSERVACIONES ACERCA DE LAS DEFICIENCIAS DE LOS CURSOS TRADICIONALES

Muchos empleadores se lamentan que los egresados no están capacitados para desempeñarse satisfactoriamente en la industria, que carecen de las habilidades para aplicar los conocimientos adquiridos y que tienen dificultades para adaptarse al trabajo en equipo (*team-work*) cuando éste persigue un objetivo comercial.

Muchos estudiantes —incluso los mejores— afirman que no comprenden la importancia de las asignaturas de carácter netamente analítico, que los académicos no explican los objetivos, que hay demasiado trabajo meramente analítico y que la experiencia universitaria es extremadamente aburridora. Algunos, a decir verdad, una vez egresados de la universidad eligen profesiones —incluso derecho o contabilidad— en parte porque estas carreras proporcionan en la actualidad mayores beneficios económicos y parecerían ser más interesantes.

En algunos países del continente europeo, así como en otras naciones, existe una alta tasa de deserción, especialmente después del primer año. Este no es el caso de Inglaterra.

Los requisitos de admisión para los cursos de ingeniería universitaria determinan el curriculum así como la distribución horaria y los propósitos docentes de las actividades escolares, las que tradicionalmente han requerido en mayor o menor grado y que varía de país en país, que los estudiantes experimenten a nivel de la enseñanza secundaria el mismo esquema educacional que después seguirán en la universidad. Si estos egresados de la enseñanza secundaria van a ser aceptados en cursos de ingeniería de alto nivel, entonces a los establecimientos educacionales preuniversitarios no les queda otra alternativa que proseguir con dicho esquema de enseñanza.

Este esquema de docencia secundaria varía entre los países. El sistema europeo continental, que en gran medida es seguido en Escocia y en el Japón, proporciona una educación razonablemente amplia, que comprende humanidades, matemática y ciencias, y que llega hasta los 18 años de edad.

Esta etapa es seguida de cursos de ingeniería durante 4 a 8 años más. El sistema americano varía un poco en el hecho de que la educación escolar básica se continúa con un bachiller en artes (BA), previo a su ingreso a una escuela de ingeniería. En Francia, el egresado escolar con grandes ambiciones cursa una asignatura de ingeniería que le permita a él o ella postular a una vacante en una de las 300 o más *Grandes Ecoles*. Esto permite al graduado hacer carrera al servicio de su país, ya sea en el gobierno, en la administración, en industrias de servicios o en administración en general. La ingeniería

convencional es desempeñada por egresados de los *Institutes Universitaires de Technologie*.

La diferencia más grande se aprecia en Inglaterra, en donde los niños reciben una educación amplia sólo hasta la edad de 16 años, y luego han debido elegir 3 ó 4 asignaturas en sus dos últimos años de formación escolar. Si desean seguir ingeniería, esto significa la elección de matemáticas y de ciencias, con la consiguiente exclusión de las artes y humanidades; sin embargo, el nivel alcanzado en dichos estudios los capacita para lograr la aprobación de los cursos tradicionales. Estos naturalmente varían en profundidad, en calidad y en exigencia intelectual de una universidad a otra, como también entre los diversos institutos politécnicos. Hasta hace poco la mayoría de estos cursos de ingeniería han tenido una duración de tres años. Algunos son más prolongados, incluyendo aquellos que proporcionan un cuarto año de estudios comerciales por sobre los 3 años de las ciencias de la ingeniería. También existen cursos denominados *Sandwich*, que duran 4 ó 5 años, y que constan de uno o dos años de trabajos prácticos en la industria, que se alternan con el trabajo académico formal en alguna universidad. En consecuencia, los ingenieros graduados de universidades inglesas entran al mercado laboral a la edad de 21-22 años. Las compañías multinacionales han comentado que el desempeño de estos egresados no es peor —y que incluso son más maduros a los 30 años— que el de sus colegas que se gradúan a los 25 ó 27 años de edad. El sistema inglés, con sus rigurosos procedimientos de selección de ingreso, es criticado por algunas personas en Gran Bretaña porque sólo acepta a una proporción muy baja de graduados del colegio, en comparación con lo que sucede en otros países. Debido a que las universidades han insistido en la exigencia de buenas calificaciones a la entrada —especialmente en matemática—, el porcentaje de fracasos en estos cursos es muy inferior al de otras partes y, por lo tanto, hay un menor gasto en recursos y un menor recargo docente para el personal; por su parte, los mejores alumnos no se ven agobiados o distraídos por una gran masa de alumnos mediocres y escasamente motivados. El número de estudiantes que se admiten a los cursos de ingeniería está limitado por la capacidad de proporcionarles todo lo necesario, y es por esto que en Inglaterra no se observa, particularmente en las mejores escuelas de ingeniería, la plétora de alumnos en las salas de clase, laboratorios y salas de diseño, como es habitual en otras partes. Por lo tanto, no está claro si la afluencia excesiva a los cursos de ingeniería universitarios, sin cambios en cuanto a la competencia y a la habilidad de los que egresan de la enseñanza secundaria, será capaz de aumentar el número de ingenieros eficientes que egresan año a año. Sería más deseable que los graduados de la enseñanza media, que tendrán que realizar grandes esfuerzos sólo para obte-

ner calificaciones mediocres en la universidad, postulasen a cursos tecnológicos, donde su rendimiento será más satisfactorio y gratificante.

El lector, junto a muchos aliados en los círculos académicos de Inglaterra, podría preguntarse ¿por qué razón se desea cambiar el sistema tradicional? Todos ellos argumentan que el sistema actual ha funcionado bien, que ha producido ingenieros de calidad, que ha proporcionado líderes creativos para la industria, así como investigadores y académicos, y en menos tiempo que en otras partes. No obstante, las críticas mencionadas al comienzo siguen siendo válidas. Aún hoy deben considerarse otros factores, tales como el hecho de que Inglaterra comparte con otros países —incluso con Alemania— un decrecimiento de la población juvenil y, en consecuencia, no puede darse el lujo de desperdiciar una fracción de aquellos estudiantes que elegiría una educación ingenieril, fracción que deberá contribuir en el futuro al bienestar de la nación cuando ejerza dicha profesión. En consecuencia, estos jóvenes deberán ser *atraídos*, motivados y educados para realizar tareas específicas en una sociedad cada vez más tecnológica, en la que las habilidades multidisciplinarias y las actitudes más abiertas que en tiempos pasados serán un requisito indispensable. Este es el enfoque correcto para evaluar las razones de los cambios que algunas universidades destacadas han sugerido y que contemplan poner en marcha.

### OBJETIVOS DE LOS CURSOS DE INGENIERIA REFORMADOS

Sólo se puede responder en forma específica de acuerdo a la experiencia personal, por cuanto muy pocas instituciones publican las ideas que tienen respecto a la planificación de sus cursos. Lo que sigue se refiere, por lo tanto, a los desarrollos que han tenido lugar en el Departamento de Ingeniería Mecánica del “Imperial College of Science, Technology and Medicine” de la Universidad de Londres. En dicha universidad, y luego de amplio debate, en el cual fueron expuestas muchas buenas ideas, se llegó al siguiente consenso:

*“Los graduados deberán ser capaces de identificar los pasos a seguir para completar cualquier proyecto de ingeniería mecánica y de finalizarlo con éxito, ya sea en forma individual o, en caso de proyectos de mayor envergadura, como miembro de un equipo”.*

Hemos concluido que es importante que los graduados posean capacidad de análisis y de síntesis, de resolver problemas, de dominar los conocimientos básicos, así como de ser capaces de adquirir por sí mismos los cono-

cimientos específicos necesarios. Más específicamente, deseamos desarrollar en nuestros graduados un conocimiento profundo de los principios fundamentales del problema; un entusiasmo por la ingeniería; una estrategia lógica y creativa en el manejo y ejecución de una tarea; la habilidad para cooperar en forma efectiva; la motivación y la capacidad para continuar el aprendizaje a lo largo de su vida profesional, así como la habilidad de poder cambiar y de ser consecuentes con dichos cambios.

Todo esto difícilmente sea algo muy asombroso. Mucha gente podrá decir que esto es precisamente lo que ellos siempre habían estado tratando de lograr. ¡Bienvenido sea este consenso!, pero estas nuevas metas nos llevan por caminos que no son nuevos, y sospechamos que lo mismo sucede en otras instituciones. Todo esto es necesario si uno se propone responder correctamente a las críticas, tanto de los estudiantes, de los académicos, así como de los empleadores, a los cuales se hizo mención más arriba. Dicho en pocas palabras, nos hemos orientado en el sentido de proporcionar a los estudiantes una mejor *comprensión de los fundamentos* de las ciencias de la ingeniería conjuntamente con la experiencia de combinar y reforzar esta comprensión mediante la resolución de problemas que requieren de un enfoque multidisciplinario para lograr su solución. Al proceder de este modo, la antigua subdivisión de las ciencias de la ingeniería se hace obsoleta. Los estudiantes de ingeniería mecánica paulatinamente comenzarán a estudiar electrónica, control de sistemas y medidas, la integración de los procesos de desarrollo y de producción que involucren tanto cambios físicos como químicos, una manufactura flexible y robótica, así como la tecnología de los materiales en un frente mucho más amplio que lo que sucedía antaño.

### *UNA VISION MAS DETALLADA DE LOS NUEVOS METODOS*

La esencia del nuevo enfoque que se está desarrollando puede resumirse de la siguiente manera:

La traslación de una enseñanza basada en las instrucciones del profesor hacia el aprendizaje basado en la labor propia del estudiante. Esto se está haciendo desde el primer año con estudiantes que trabajan en pequeños grupos bajo la guía de un tutor, quien les plantea los problemas que son cuidadosamente diseñados en cuanto a sus propósitos y a sus grados de dificultad. La tarea requiere que el alumno deba aprender por sí mismo a partir de lecturas dirigidas y que obliguen a aplicar lo aprendido en forma inmediata y reiterada en la resolución de aspectos específicos de la tarea encomendada. Dentro de este esquema se estimulan las discusiones y los estudiantes se acos-



*Imperial College of Science, Technology & Medicine London (England).*

tumbran a trabajar en grupos pequeños. Estos estudiantes aprenden rápidamente a adquirir sus propios datos, así como la habilidad para procesar dicha información, lo que los motiva para seguir estudiando, ya que perciben que la teoría y los métodos analíticos son aplicables y que conducen a respuestas correctas a los problemas planteados.

Nosotros estamos tratando de alejarnos del sistema de *impartir conocimientos*, en cambio propugnamos que el estudiante *aprenda a comprender y a aplicar dicho conocimiento*. Esto podría requerir de una reducción del currículum actual, pero aún no sabemos en qué proporción. No obstante, hemos encontrado en el transcurso de una larga experiencia, que los estudiantes que prosiguen los cursos tradicionales acumulan información suficiente como para aprobar sus exámenes; sin embargo, olvidan todo al año siguiente, de modo que las tareas que requerirán de los conocimientos pasados no pueden ser resueltas por ellos. Los alumnos incluso niegan que alguna vez hayan estudiado dichas materias. Aquellos maestros que tienen experiencia en el aprendizaje por resolución de problemas, particularmente en las escuelas de medicina, afirman que este método permite a los estudiantes retener mejor los conocimientos y de aplicarlos después correctamente, por cuanto todo lo han comprendido muy bien, pues han asimilado los principios básicos en los que se basan los hechos así como la metodología que han aplicado.

Nuestros cursos basados en el aprendizaje por resolución de problemas incluyen tareas de diseño que nosotros hemos estado impartiendo por muchos años. Estos comienzan en el primer año con tareas simples, como la fabricación de un puente a partir de una lámina de cartón de un metro cuadrado de superficie, utilizando para ello sólo cola fría. En el segundo año los estudiantes reciben un equipo cualquiera que deben desarmar y especificar de qué materiales está confeccionado cada uno de sus componentes y qué métodos se emplearon para su fabricación, y analizar también las razones por las cuales se eligieron dichos materiales. Además deben dilucidar el funcionamiento de cada componente, así como el de todo el conjunto. Después deben entregar un informe escrito, ilustrado con buenos esquemas, que incluye, además, una sección referente a las ideas que proponen los estudiantes para el mejoramiento del diseño estudiado, pueden utilizar cualquier criterio —a libre elección— para definir el concepto “mejoramiento”. A continuación se le asigna un nuevo proyecto, seleccionado de una amplia gama de proyectos, los que son concebidos desde un punto de vista puramente teórico y cuya concepción está basada en una modelación matemática con ayuda del computador, con énfasis en el análisis y en el cálculo detallado, que debe conducir al diseño de los componentes y de todo el sistema.

Debido a que a cada uno de estos dos proyectos se les asignan seis tardes (de tres horas de duración cada uno), no se dispone de tiempo necesario para la fabricación y las pruebas de los diseños asignados. En el tercer y último año, los estudiantes reciben un proyecto más largo, en el cual invierten aproximadamente 600 horas durante el año. Estos proyectos son sugeridos por miembros del equipo docente y son de naturaleza muy variada, que van desde estudios técnico-económicos y de revisiones, hasta el diseño y control de proyectos concretos que apuntan a la solución de objetivos específicos. Aun estos últimos incluyen habitualmente consideraciones de marketing, producción económica y de costo, con la intención de simular las circunstancias reales que deberá enfrentar un ingeniero de diseño.

Es más que probable que en un futuro cercano los problemas planteados en los últimos años de estudio representen un enfoque aún más integrativo de los aspectos técnicos como no-técnicos del trabajo a desarrollar. Para que esto suceda sería muy provechoso que no sólo participen los académicos de la universidad, incluyendo a los de *economía y administración*, sino que se integren, además, en un régimen de tiempo parcial, tutores provenientes de la industria y del comercio, tal como sucede en la actualidad con nuestros programas.

En la actualidad nuestros problemas de diseño son propuestos en forma individual por los miembros del equipo docente; ellos toman en cuenta lo que los estudiantes deberían haber aprendido en los cursos formales, no obstante ellos no desarrollan el tema con demasía. Por lo demás es cierto que en el primer año solicitamos a los estudiantes que construyan una estructura y que la pongan a prueba, lo que encuentran muy motivador. No obstante, nosotros no exploramos a continuación por ejemplo el fenómeno del pandeo, que representa una falla corriente, por cuanto estos aspectos son considerados en el segundo año. Seguramente sería ventajoso si examinamos las mismas soluciones y luego discutiéramos en detalle ese tipo de falla. En la Universidad de Cambridge también construyen un puente modelo, pero de aluminio, en tanto que nosotros utilizamos cartón, cuerdas y madera. Los trabajos de los alumnos de Cambridge también fallan por iguales razones y además porque fallan las articulaciones, debido a la poca atención a los detalles por parte de los estudiantes. En Cambridge también se prosigue con un tema durante todos los años que dura el curso empleando ejemplos estándares que se repiten para cada curso.

Uno de dichos ejemplos exige a los estudiantes que construyan un pequeño motor Diesel, y al año siguiente se discuten los inconvenientes y las ventajas del trabajo realizado con ellos. A continuación se incorporan a la discusión otras interrogantes que pueden afectar el rendimiento de

dicha máquina, por ejemplo las vibraciones y los efectos atmosféricos que pueden afectar su rendimiento. De este modo los estudiantes amplían y profundizan su comprensión por medio de unos pocos ejemplos que los acompañan en el transcurso de los cuatro años que dura el curso. Este método involucra a una alta proporción del equipo académico, por cuanto el trabajo de diseño es utilizado como el eje motivador para la enseñanza de los cursos formales de las ciencias de la ingeniería. La Universidad de Cambridge y el Imperial College concuerdan en el hecho que los alumnos más sobresalientes se ven motivados para aprender muy rápidamente por medio de este enfoque y que, por lo tanto, no se hace necesario reducir el currículum habitual.

Por ahora no es posible ser más específico, por cuanto en la actualidad nos encontramos a mitad del camino de un programa de cinco años, en el cual la planificación detallada de todos los cursos aún no se ha completado.

No obstante, podemos señalar dos aspectos adicionales: en primer lugar, esperamos ampliar la experiencia de los estudiantes ubicándolos en un ambiente multinacional, no sólo mediante el intercambio (durante los años de su formación de pregrado) en universidades de otros países, sino que también dándoles la oportunidad de trabajar en el extranjero. Esto ya se está realizando, aunque por ahora en una escala modesta. En segundo lugar, debemos atender a un contingente de estudiantes con habilidades más amplias, en parte debido al hecho que los niveles de enseñanza en matemática y de las ciencias en nuestros colegios pueden seguir decayendo, y en parte para atraer a los estudiantes más brillantes, que —por una razón u otra— no han recibido una educación formal en ingeniería. Algunos de ellos ya habrán tenido experiencia práctica y requerirán el ingreso a la universidad a tiempo parcial o completo. En consecuencia, hemos comenzado a trabajar más estrechamente con algunas escuelas secundarias seleccionadas a objeto de lograr un mejor ajuste de los procesos educacionales entre dichos establecimientos y las universidades. Es de primordial importancia corregir la situación actual, en la cual estudiantes de entre 11 y 13 años de edad que ya demuestran imaginación y creatividad durante el desarrollo de un proyecto, experimentan una disminución de estas habilidades al momento de egresar del colegio a los 18 años. También es de crucial importancia que estos alumnos conserven un buen nivel en matemáticas y ciencias formales. Debemos resolver la contradicción que sugiere que los alumnos jóvenes antes citados han desarrollado un método de auto-aprendizaje —que debemos descubrir— que tal vez no sea lo suficientemente exigente y, por ende, lo suficientemente interesante para los mejores alumnos. Y precisamente de éstos alumnos dependemos para formar la “élite” de ingenieros que el país necesita.

Tal vez sea necesario programar para estos jóvenes, cuyo destino sería la ingeniería, una educación secundaria distinta a la que deberían recibir aquellos que en su futuro podrían desempeñarse como técnicos, pero cuyo desempeño en un sistema educacional, tipo universitario, es malo debido a la falta de motivaciones y entrenamiento para una labor teórica. La igualdad de acceso a la educación universitaria en el campo de la ingeniería, para un contingente más amplio de alumnos que egresan del colegio, tiene sus desventajas.

Es muy gratificante visitar algunos de los mejores colegios independientes que cuentan con un equipamiento muy adecuado en computación, en electrónica, así como en diversas tecnologías con bases científicas, que sobrepasan con mucho a los usos pasados; aquellos que se basaban exclusivamente en trabajos que se realizaban en madera o con metales. Muchos de los proyectos diseñados para los estudiantes universitarios pueden ser resueltos perfectamente por niños de la enseñanza secundaria, siempre y cuando sus profesores sean buenos hombres de ciencia e ingenieros. Nosotros estamos reforzando nuestros lazos con aquellos colegios más destacados, con el propósito de alcanzar un consenso respecto a cómo motivar y apoyar a los estudiantes para que ellos aprendan a ser futuros ingenieros.

Todos estos cambios deberían producir mejores ingenieros, deseosos y capaces de proseguir sus estudios durante toda la vida y de ser lo suficientemente flexibles como para dominar un espectro cada vez más amplio de ciencias y tecnologías, así como también para esmerarse en la realización de cosas provechosas para la humanidad y de la vida en nuestro planeta. Estos propósitos demandarán flexibilidad y comprensión de parte de los ingenieros académicos, así como de los profesores de enseñanza secundaria.