

LAS MATEMÁTICAS COMO INGREDIENTE EN LA FORMACIÓN DE NUESTROS INGENIEROS

Gustavo Rocha Beltrán
Facultad de Ingeniería, UNAM.

Introducción

Para efecto de abordar el tema de la formación de nuestros ingenieros, me voy a referir a una analogía, que si bien, les podrá parecer inexacta, chusca e incluso trivial, tal vez ayude a ponernos más o menos en la misma sintonía y nos dé ocasión para reflexionar en cuanto la participación de las matemáticas en ese proceso.

Mi intención es seria y propositiva. La analogía consiste en imaginar que cada uno de los cursos que conforman el programa de una carrera de ingeniería es como un platillo, cuyo contenido debe ser ingerido por el alumno. El menú parece muy rico y variado, conformado por un total del orden de 56 platillos en cada carrera. Conforme al programa de estudios, para cada semestre se han confeccionado cinco, seis y hasta siete platillos; cada platillo tiene su propia sazón, que depende del chef que lo prepara.

Hago la equivalencia de la ingeniería con la carne y de las matemáticas con el arroz. Once cursos de matemáticas en los primeros cinco semestres, once platos de arroz, sin duda alguna, ricos en nutrientes formativos. Parece, sin embargo, que la carga temática de los programas dificulta en extremo profundizar en los temas fundamentales, así como hacer referencia a sus aplicaciones en ingeniería. El platillo, las más de las veces, es arroz blanco hervido, prácticamente sin sabor.

Sin duda, varios profesores, para darle cierto gustillo, le ponen verdurita, tomate, chile poblano, o azúcar y canela, y logran cursos amenos e interesantes. Pero, las más de las veces, es una dieta de vigilia.

Les quiero proponer sólo platillos apetitosos, sabrosos y nutritivos; podemos ofrecer al alumno un “chow fan mixto” o una rica paella, con bastante carnita; platillos que se vean bien, que sepan bien y que sean nutritivos; matemáticas, sí, pero con sabor a ingeniería.

Evitemos ya el atiborrar a los alumnos de alimentos que, por lo exageradamente abundantes, no les hace provecho y sí les atosiga y los empacha; dejemos de forzarlos a ingerir sin saborear.

El aprendizaje de las matemáticas para los ingenieros

Específicamente, el aprendizaje de las matemáticas en los ingenieros, es un proceso mediante el cual el sujeto aprende de tres maneras diferentes, no excluyentes:

1. **Adquiere destrezas y habilidades prácticas:** El lenguaje para modelar la solución de los problemas que habrá de enfrentar, una fluida manipulación de las herramientas matemáticas, y la disciplina mental que estimula el desarrollo de la concentración, el razonamiento, la deducción y el análisis.
2. **Incorpora contenidos informativos.** La acumulación de información, que puede incluir una gran cantidad y diversidad de conocimientos matemáticos, que quedan grabados y ordenados en el cerebro de cada sujeto, de muy diferentes maneras y en diversos niveles de alcance y profundidad.
3. **Aprende descubriendo.** Cuando al comprender la naturaleza de una situación, se abre a esa nueva posibilidad, se asombra de su descubrimiento y procede en consecuencia, evidenciando que ha aprendido.

El influjo de la preparación matemática en un ingeniero puede conducir a una amplia gama de posibilidades; el desequilibrio entre las tres formas del aprendizaje, puede contribuir a producir extremos muy marcados:

- a. El analista, que con un enfoque reduccionista, se aferra siempre a la búsqueda de “la verdad”, pretendiendo asumir el papel de matemático y no el de ingeniero;
- b. El erudito, cuyo enorme cúmulo de conocimientos teóricos, acomodados cuidadosamente en su cerebro, es capaz de “reproducir íntegramente y sin interrupción”, pero no lo es para arribar a soluciones prácticas;
- c. El selectivo, que aprende sólo lo que le hace sentido y lo que requiere para ser aplicado inmediatamente, por lo que termina por convertirse en recetero.

Es necesario garantizar un buen nivel en las tres formas de aprendizaje de las matemáticas y un “adecuado” equilibrio entre ellas, reconociendo que, cada estudiante habrá de recibirlas de manera distinta y en diferente proporción, y que cada ingeniero resultará único y “sui generis”

La enseñanza de las matemáticas en la Facultad de Ingeniería

La misión académica fundamental de la Facultad de Ingeniería es habilitar a nuestros alumnos para que sean capaces de hacer ingeniería, para que transformando los elementos de la naturaleza, puedan elevar el nivel de bienestar del ser humano. Por eso, el principal objetivo teleológico – **el fin** - derivado de esa misión, es que sean capaces de enfrentar y resolver los problemas de esta índole.

La frecuente necesidad de aplicar el conocimiento de las ciencias fisicomatemáticas a la solución de tales problemas, conduce al establecimiento de un objetivo instrumental – **un medio** - : el que los alumnos adquieran un amplio dominio de las ciencias básicas, como elemento esencial en su formación como ingenieros.

En la Facultad de Ingeniería, el principal propósito implícito de la enseñanza de las matemáticas ha sido el de desarrollar en los alumnos una disciplina mental que los haga capaces de enfrentar y resolver problemas, las más de las veces, a través de la utilización de modelos matemáticos. Una enseñanza que ha pretendido ser formativa, estimulando el desarrollo de algunas habilidades del pensamiento, inherentes a esa disciplina mental. Y no contamos con los elementos para evaluar objetivamente si tal propósito y si tal pretensión se logran y en qué medida.

Parece que lo que hemos hecho realmente, es darle al alumno una gran cantidad de contenidos informativos; y el alumno los “aprende”, aunque en términos muy inmediatistas, para aprobar cada examen; se puede asegurar, que la asimilación real promedio, a mediano y largo plazos, es baja, y la dispersión es significativa.

Las asignaturas de matemáticas tienen temarios similares a los de las escuelas de ingeniería más reconocidas del mundo; no obstante, para cubrirlos cabalmente por el método tradicional “cátedra pizarrón”, el profesor se ve obligado a tratar algunos temas apresuradamente, sin detenerse a aclarar y puntualizar. El alumno encuentra dificultad para identificar los temas fundamentales y distinguir lo esencial de cada tema, pues se pierde entre el cúmulo de información que el profesor le transmite.

Por ésta y por otras razones, en los cursos de matemáticas se da poco énfasis a las aplicaciones y a la utilidad práctica. Vectores, matrices, límites, derivadas, integrales, raíces, ecuaciones diferenciales, series, etc., se manipulan con destreza, pero fuera de contexto, en calidad de entes abstractos, sin referencia a problemas reales.

La mayoría de los profesores adoptan el papel tradicional de eruditos poseedores y transmisores de toda la información hacia el alumno, de modo que hay escasas posibilidades de que el alumno aprenda descubriendo.

El paradigma vigente desde hace ya mucho tiempo en la Facultad de Ingeniería valora raciocinio, erudición, capacidad de análisis y soluciones únicas. Privilegia la lógica deductiva sobre la imaginación, el conocimiento sobre el ingenio, el método científico sobre el enfoque sistémico, la respuesta correcta sobre la creatividad.

Requerimos de un cambio de paradigma. Por ejemplo, es impráctico que el alumno aprenda ocho o más métodos analíticos o numéricos para resolver un sistema de ecuaciones lineales simultáneas, cuando una calculadora científica de bolsillo puede hacerlo, con toda precisión, exactitud y velocidad, sin importar el método que tenga implementado.

Igualmente irrelevante es obligar al estudiante a mecanizar todos esos métodos, para salvar el examen correspondiente, en vez de inducirlo a distinguir las diferencias conceptuales de cada uno y a descubrir otras posibilidades.

Es muy importante, en cambio, que el alumno aprenda a formular el problema, que sepa cómo modelarlo matemáticamente y que aprenda a interpretar correctamente los resultados de la solución. Que sea capaz de darse cuenta si tales resultados pueden corresponder o no a la realidad vivida.

Es importante también que los conceptos matemáticos fundamentales –que no todos los conceptos matemáticos lo son- queden impregnados en las células de los estudiantes hasta el punto de que puedan distinguirlos como si se tratara de colores.

¿Cuáles son los temas de matemáticas necesarios y suficientes para garantizar una sólida formación de nuestros ingenieros? Por sólida formación me refiero a la capacidad para el modelado matemático de problemas reales y a las destrezas en la manipulación matemática, que se les quedan almacenadas en la memoria e impregnadas en las células de por vida, para ser usadas siempre, cuando se requiera. Por sólida formación también me refiero a la disciplina mental adquirida y al desarrollo en las habilidades de razonamiento, concentración, deducción, abstracción y análisis.

¿Cuáles son los temas de matemáticas que constituyen el fundamento informativo para comprender y aprender a plenitud los temas de todas las demás asignaturas de ciencias básicas, de ciencias de la ingeniería y de ingeniería aplicada?

¿Cuáles son las aplicaciones más simples de los temas de matemáticas, en cada una de las carreras de ingeniería, tales que habiliten al estudiante en el modelado matemático, que lo estimulen a continuar estudiando ingeniería, que propicien el aprendizaje por descubrimiento, reconociendo éste como el más significativo, que

induzcan al futuro ingeniero al hábito de comprender el soporte matemático de cada estudio que emprenda?

La atención a estas necesidades, al diseñar los cursos de matemáticas de los futuros programas de estudio, permitirá que nuestros egresados lleven un sello de calidad superior, por su preparación matemática.

Aún reconociendo, que cada ingeniero resultará único y “sui generis”, desde nuestra perspectiva educativa, habrá que lograr cierta homogeneidad, que caracterice a todos nuestros egresados de ingeniería y les dé identidad.

En este sentido, el baluarte académico de la Facultad ha sido, desde siempre, el rigor en las ciencias básicas; ése ha sido el sello de distinción de los ingenieros universitarios, a través de los tiempos. Recordemos que, la única ocasión en que se diferenció la formación básica de los primeros cuatro semestres, en función de la carrera, los resultados fueron muy pobres.

Un mapa curricular en la Facultad de Ingeniería.

Actualmente, para discutir algo relacionado con ciencias básicas, se puede tomar como ejemplo cualquiera de las carreras. Elegí la de ingeniería civil, por ser ésta mi profesión.

Las matemáticas representan casi la quinta parte de la carrera, sin considerar los propedéuticos; y casi la cuarta parte, considerándolos. El bloque completo de ciencias básicas, que incluye matemáticas, física y química, cubre casi la tercera parte del total de asignaturas y del total de créditos. Retomando las analogías mencionadas en los primeros párrafos, física y química serían equivalentes a trigo y maíz, respectivamente. Más de cuatro semestres de vigilia total, donde son válidos los tacos de arroz y las tortas de tamal, pero sin una sola hebrita de carne.

Luego el bloque de ciencias de la ingeniería, en las que se aplican las ciencias básicas para estructurar las teorías de la Ingeniería, está conformado por 14 cursos, que representan el 25% del total de asignaturas y poco más del 26% del total de créditos. Platillos de carne, las más de las veces con cama o guarnición de arroz.

El tercer bloque es el de ingeniería aplicada, con 14 asignaturas, la cuarta parte del total de asignaturas y del total de créditos, donde se hace referencia a las ciencias de la ingeniería y se desarrollan metodologías dirigidas a resolver problemas; son 14 platillos que llevan carne y donde frecuentemente el arroz brilla por su ausencia.

Un bloque de otras cinco asignaturas diversas: Análisis Gráfico, Computadoras y Programación, Geología, Economía y Planeación, también fundamentales, en este

caso para el ingeniero civil, que representan el 9% del total de materias y el 8% del total de créditos.

Finalmente, el conjunto de seis asignaturas de ciencias sociales y humanidades, que tienen la intención de proporcionar al alumno los elementos para ubicar la actividad del ingeniero en la sociedad, corresponde al 11% y 8% de las asignaturas y de los créditos, respectivamente. Son algo así como los postres; descontextualizadas de lo todo lo demás, impartidas como disciplinas independientes, vistas por los alumnos como materias fáciles, de “relleno”, llamadas por ellos mismos como “chocolates”

Diseño estructural de nuestros ingenieros.

Para saber con toda seguridad cuáles son las matemáticas que requieren nuestros ingenieros, es indispensable saber primero cómo serán nuestros futuros ingenieros; es decir, cómo es que vamos a diseñar estructuralmente a nuestros ingenieros del siglo XXI.

Las matemáticas son sólo una parte del acervo del ingeniero, pero se trata de un acervo básico, fundamental en nuestra Facultad, donde se ofrecen quince cursos diferentes de matemáticas, incluyendo propedéuticos. Con un enfoque sistémico, podremos saber qué sucede con el sistema si hay un cambio en matemáticas y qué conviene que suceda en matemáticas para que el funcionamiento del sistema sea óptimo. Y el sistema es la Facultad de Ingeniería, como un todo, formada por sus Divisiones, sus Secretarías, sus doce carreras, sus grados académicos, sus asignaturas, sus profesores, sus alumnos, etc.

¿Qué clase de ingenieros nos demanda el País, en términos de conocimientos, orientación profesional, habilidades, aptitudes, actitudes, creencias y valores?

¿Qué clase de alumnos nos entrega el sistema de bachillerato, en términos de conocimientos, orientación vocacional, habilidades, aptitudes, actitudes, creencias y valores?

¿Qué requerimos hacer para transformar la materia prima disponible en un producto terminado que satisfaga a nuestra sociedad cliente? ó, en el peor de los casos, ¿Qué es lo más que podemos hacer con la materia prima que recibimos?

Requerimos evaluar, con objetividad, qué tan factible es formar, en cinco años, ingenieros como los requeridos, a partir de la materia prima de la que disponemos. Y necesitamos hacerlo con plena conciencia de que los alumnos de primer ingreso llegan a la Facultad como llegan, no con la ilusión de como nosotros creemos y decimos que deberían llegar.

Requerimos investigar qué sucede en otras partes, en las grandes universidades del mundo, no para importar indiscriminadamente sus planes, programas, asignaturas y metodologías, sino para darnos cuenta, cuáles son las diferencias

de fondo y, qué de lo que ellos hacen, puede ser adoptado y adaptado a nuestras condiciones.

Un análisis somero de la licenciatura en ingeniería civil en cinco prestigias universidades: MIT, Stanford, Berkeley, Cambridge e Imperial College, conduce a algunas posibles líneas de investigación:

- ◆ El ingreso está condicionado a las calificaciones promedio obtenidas en el bachillerato, así como a la aprobación de un riguroso examen de admisión.
- ◆ El nivel de matemáticas que se exige como parte del perfil de ingreso es mayor en las escuelas de Inglaterra que en las de E.E.U.U.
- ◆ En las cinco universidades, el plan de estudios es de cuatro años: por semestres en MIT y Berkeley, por trimestres en Stanford y Cambridge, y por año en Imperial Collage.
- ◆ El número de semanas aula es de 96 en Stanford y Cambridge, 120 en MIT y Berkeley y 156 en Imperial Collage, contra 160 en la UNAM.
- ◆ Llamen la atención algunos nombres de asignaturas, que reflejan claramente la contextualización y la orientación hacia las aplicaciones en ingeniería:
 - “Uncertainty in Enginnering”
 - “Introduction to Computers and Engineering Problem Solving”
 - “Freshman Seminar”
 - “Introduction to Civil and Environmental Engineering”
 - “Introduction to Computer Programming for Scientists and Engineers”
 - “Introduction to Probability and Statistics for Engineers”
 - “Graphic Communication in Engineering”
 - “Engineering Knowledge”
 - “Engineering in Context” (dos cursos)
 - “Creative Design” (dos cursos)
- ◆ También son notorios algunos tipos de asignaturas y su ubicación en los programas de estudios:
 - 7 u 8 cursos de Humanidades
 - 2 cursos de redacción
 - 3 cursos de idiomas
 - 1 optativa de Ingeniería en segundo semestre (MIT)
 - 9 cursos de ciencias de la ingeniería en el primer año (Cambridge)
 - 8 cursos de ciencias de la ingeniería en el segundo año (Cambridge)
 - Sólo 6 cursos de ciencias de la ingeniería en tercer año (Cambridge)
 - 6 cursos de ciencias de la ingeniería en el primer año (Imperial College)
 - 3 cursos de ciencias de la ingeniería en el segundo (Imperial College)

- Sólo 2 cursos de ciencias de la ingeniería en el tercer año (Imperial C.)

- ◆ El número total de horas por bloque en la licenciatura de Ingeniería civil:

| Universidad/bloque | Matemáticas | C. Básicas | Ingeniería | Ing. civil | Humanidades | Otras |
|--------------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|-------|
| Berkeley | 420 | 420 | 465 | 555 | 390 | 150 |
| Stanford | 160 | 120 | 208 | 304 | 168 | 120 |
| MIT | 225 | 330 | 450 | 450 | 360 | 75 |
| Cambridge | 74 | 32 | 463 | 382 | 16 | 16 |
| Imperial College | 227 | 24 | 623 | 543 | 110 | 155 |
| UNAM | 680 | 392 | 1000 | 1128 | 288 | 104 |

- ◆ La proporción de matemáticas respecto al total, en asignaturas, horas y créditos

| UNIVERSIDAD | ASIGNATURAS | | | HORAS | | | CRÉDITOS | | |
|------------------|-------------|-------|------|-------|-------|------|----------|-------|------|
| | MAT | TOTAL | % | MAT | TOTAL | % | MAT | TOTAL | % |
| M.I.T. | 4 | 37 | 10.8 | 225 | 1890 | 11.9 | 48 | 405 | 11.9 |
| Stanford | 5 | 48 | 10.4 | 128 | 1350 | 9.5 | 24 | 180 | 13.3 |
| Berkeley | 5 | 37 | 13.5 | 420 | 2400 | 17.5 | 19 | 120 | 15.8 |
| Cambridge | 4 | 52 | 7.7 | 74 | 983 | 7.5 | na | na | na |
| Imperial College | 3 | 37 | 8.1 | 227 | 1682 | 13.5 | na | na | na |
| U.N.A.M. | 11 | 56 | 19.6 | 680 | 3592 | 18.9 | 85 | 449 | 18.9 |

La misión de la Facultad de Ingeniería, conforme al Plan de desarrollo 2002 – 2003, establece: “*Formar integralmente recursos humanos en los niveles de licenciatura, especialidad y posgrado,*

- ◆ *que sean competitivos en el ámbito nacional e internacional como ingenieros de la más alta calidad;*
- ◆ *con habilidades y actitudes que les permitan el mejor desempeño en el ejercicio profesional, la investigación y la docencia;*
- ◆ *con capacidad para aprender durante toda la vida y mantenerse actualizados en los conocimientos de vanguardia;*
- ◆ *con una formación humanista que sustente sus actos y sus compromisos con la Universidad y con México, para que coadyuven al mejoramiento social, económico, político y cultural de la nación”*

Adicionalmente, en pláticas de café entre profesores, hablamos de formar ingenieros:

- ◆ que sepan resolver problemas;
- ◆ que tengan una visión integral de los problemas que enfrentan;
- ◆ que se atrevan a inventar, aplicando la ciencia y la técnica;
- ◆ que sean capaces de buscar también soluciones intuitivas;
- ◆ que funjan como promotores del cambio y que sean capaces de asimilar y adecuar rápidamente e incluso innovar tecnologías emergentes;
- ◆ que mantengan una dialéctica permanente entre lo teórico y lo práctico, entre lo verdadero y lo útil, entre lo exacto y lo oportuno;
- ◆ que sean respetuosos de los sistemas ecológicos y que tengan una profunda conciencia social;
- ◆ que busquen el sano equilibrio entre el costo de los proyectos y la funcionalidad, la confiabilidad y la seguridad que deben ofrecer a los usuarios;
- ◆ que sean capaces de gestionar y administrar empresas de ingeniería y que puedan convertirse en empresarios de la ingeniería.

Y la industria empleadora exige ingenieros que tengan conocimientos sólidos, con aptitudes técnicas específicas; sin embargo, también es muy importante:

- a. que sean capaces de resolver problemas;
- b. que posean intuición;
- c. que tengan ingenio y creatividad;
- d. que tengan capacidad de síntesis;
- e. que tengan alta autoestima, basada en su condición de seres humanos, en la confianza en si mismos y en sus propios conocimientos;
- f. que posean valores, conciencia social y sentido ecológico;
- g. que sepan hablar inglés;
- h. que sepan atrevan a hablar en público;
- i. que sepan sintetizar y redactar informes con buena sintaxis y ortografía;
- j. que sepan solicitar empleo;
- k. que no se crean sabelotodo y que estén dispuestos a seguir aprendiendo en el puesto;
- l. que sepan adaptarse y desarrollarse dentro de la organización;
- m. que sepan trabajar en equipo y tengan efectividad grupal e interpersonal,;
- n. que tengan más actitudes de colaboración que de competencia;
- o. que tengan deseo de contribuir y potencial para el liderazgo;
- p. que tengan desarrollada su inteligencia emocional, para saber escuchar, comunicarse oralmente y relacionarse más fácilmente;
- q. que tengan dominio personal y habilidad para negociar desacuerdos

- r. que den respuestas creativas ante obstáculos y reveses;
- s. que tengan motivación para trabajar en pos de un objetivo;
- t. que tengan deseo de desarrollar la carrera y enorgullecerse de lo alcanzado.

Si nos detenemos a revisar a conciencia esta lista de requerimientos y somos honestos con nosotros mismos, tendremos que reconocer que no estamos escuchando al cliente, y que seguimos “formando ingenieros” que solo tienen “amplias bases” y aptitudes específicas, porque así creemos que debe ser.

En los programas de estudio se aprecia un gran desequilibrio entre conocimientos, habilidades y capacidades humanas. El mucho conocimiento nos conduce a evadir intencional o casualmente el objetivo de formarlos integralmente como ingenieros.

No hay manera de formar ingenieros si nuestros estudiantes solo acumulan información y desarrollan algunas habilidades y no aprenden a desarrollar otras, igualmente importantes.

Es una aberración pensar en ingenieros carentes de ingenio, pero esa habilidad no se cultiva en la Facultad; el prospecto tiene que desarrollarla por su cuenta o resignarse a ser un ingeniero “discapacitado”.

Es necesario que aprendan a utilizar el hemisferio derecho del cerebro y, con ello, desarrollar la imaginación, la intuición, la síntesis, la creatividad y la inventiva. Cuando otros profesionales señalan que los ingenieros somos cuadrados, se refieren a que sólo somos capaces de razonar, analizar y deducir, porque sólo usamos el hemisferio izquierdo.

No podemos desaprovechar las capacidades humanas y las aptitudes innatas del estudiante durante su formación como ingenieros. Los alumnos requieren conocerse y aceptarse a si mismos, antes de poder relacionarse con los demás. Necesitan aprender a escuchar, como condición indispensable para aprender por siempre.

Se dice que, si hubiese que clasificar a los ingenieros, éstos cabrían más en el campo de las humanidades que en el de las ciencias, porque hacer ingeniería implica comprensión de la historia, visión de futuro, ética profesional y personal, conocimiento del entorno y responsabilidad social.

¡Vaya reto el que tenemos! Resulta que nuestros ingenieros ¿habrán de ser todo eso? ¿Realmente podremos hacerlo? ¿Realmente queremos hacerlo? ¿Somos capaces de diseñar y construir ingenieros de esa estatura? Hacerlo implicaría estar otra vez a la vanguardia.

No basta con revisar los programas de estudio por encimita, y reformularlos quitando cursos aquí y poniéndolos allá, cambiando temas de una asignatura a la otra, o imponiendo un coto de poder sobre el otro. Menos hidráulica y más

geotecnia, más construcción y menos matemáticas, es un enfoque superficial y miope. Si de veras queremos trascender en la formación de nuestros ingenieros, requerimos de un salto cuántico, requerimos hacer el diseño estructural de nuestros ingenieros, actuando nosotros como ingenieros, con un enfoque sistémico, interdisciplinario.

Presumimos que nuestra facultad es la mejor escuela de ingeniería del país y de toda América Latina, pero ya no podremos sostenerlo por mucho tiempo, si no actuamos ahora. Al compararnos con los mejores del mundo, tenemos que aceptar que estamos muy lejos y la desilusión es muy grande. Son otros programas, otros contenidos, otras metodologías, otras eficiencias terminales, otra visión del mundo.

El destino ya nos alcanzó y necesitamos preparar ingenieros del siglo XXI, con todo lo que ello implique.

Discrepancias en el proceso de enseñanza aprendizaje de las matemáticas

La continua aparición de nuevos textos de matemáticas, evidencia que los autores están insatisfechos con los textos existentes; y es que cada autor escribe un libro con el material que considera debe contener cada curso, con un sello personal en el orden de presentación de los temas.

Casi todos los autores de textos de matemáticas son también profesores. Y pareciera que aunque no todos los profesores de matemáticas son autores de textos, querrían serlo, porque cada uno tiene una visión diferente de lo que debería incluirse en cada curso, del orden de presentación de los temas y de cómo deberían enseñarse. Lo grave aquí, es que cada uno cree tener la razón y defiende su punto de vista apasionadamente, de manera paradójicamente irracional. Y esto es así en todos los confines del planeta.

Sin embargo, no es coincidencia que en las cinco universidades extranjeras analizadas, los departamentos de matemáticas tengan asignado un libro de texto para cada curso, que se reemplaza con cierta regularidad, cuando el colegio de profesores identifica un nuevo texto que supera al anterior.

En tales universidades, los programas de estudio de cada curso están en continua revisión y adecuación, por parte de los académicos que los imparten, hasta el punto de que, a través de Internet, se pueden identificar los cambios realizados de un semestre a otro.

Así, el estudiante sabe, con el temario detallado, cuál será la cobertura del curso; y con el libro de texto, cuáles los capítulos y secciones que deberá estudiar y dominar, los alcances teóricos, tecnológicos y de aplicación que deberá cubrir, y el tipo de ejercicios que deberá ser capaz de resolver.

En la Facultad de Ingeniería, con cierta regularidad y seguramente mediando muchas y acaloradas discusiones, se realizan ajustes a los temas de cada curso, que se constituyen en un acuerdo avalado por el Consejo Técnico y que se expresa en los contenidos de los temarios oficiales; también hay un acuerdo tácito en cuanto al orden de exposición de los temas, inducido por la aplicación obligatoria de exámenes departamentales.

En lo fundamental también hay acuerdo: que los alumnos desarrollen significativamente las habilidades inherentes a las matemáticas, que adquieran destrezas en su manipulación y que comprendan claramente los conceptos. No hay realmente discrepancias de fondo; es en la forma de lograrlo donde hay desacuerdos e, incluso, posiciones extremas:

- ◆ Alumno. El tradicional, que pasivamente espera aprender de lo que el profesor le enseñe; o el responsable de su propio aprendizaje, que estudia e investiga por su cuenta, que cumple con los requisitos establecidos, que sabe lo que tiene que hacer y lo hace rápida y fácilmente, sin depender del profesor y que es capaz de prolongados esfuerzos hasta conseguir aprender.
- ◆ Profesor. El tradicional, que desarrolla en el pizarrón todos los rubros incluidos en el temario; o el facilitador del proceso de aprendizaje, que resuelve las dudas que los alumnos tienen después de haber estudiado el material programado para cada clase, que puntualiza en los rubros más importantes, enfocándose en la comprensión conceptual, y que orienta en la búsqueda de diversas fuentes para reforzar el aprendizaje.
- ◆ Cobertura. Un temario con mucho contenido, o uno que omita rubros tradicionales menos conceptuales.
- ◆ Rigor. Todos los teoremas y definiciones formalmente establecidas, o sólo algunas definiciones formales, manteniendo el rigor en la demostración de los principales teoremas, y arguyendo intuitivamente la plausibilidad de los otros.
- ◆ Enfoques: Preeminencia del enfoque analítico algebraico, o presentación de temas enfatizando simultáneamente con tres o los cuatro enfoques: algebraico, geométrico, numérico y verbal.
- ◆ Métodos numéricos. Como curso por separado, con varios tipos de problemas y con muchas opciones para resolver numéricamente cada tipo de problema, o distribuir las soluciones numéricas en los temas correspondientes, junto a las soluciones analíticas.
- ◆ Material de estudio. Varias referencias bibliográficas o un solo libro de texto.
- ◆ Tecnología. Oposición total al uso de calculadoras, computadoras e Internet, o profusa utilización de los mismos: visualización de conceptos a través de

material didáctico disponible en Internet, calculadoras graficadoras y software matemático para computadora.

- ◆ Aplicaciones. Mantenerse en la línea árida de las matemáticas, con algunas aplicaciones geométricas, o incursionar en los problemas reales a los que enfrenta el ingeniero, inmediatamente después de comprender el concepto aplicable, o cursos de modelado matemático en contexto, dedicado exclusivamente a aplicaciones y proyectos extensos que den a los alumnos sensación de realización

Creo que no será muy fácil lograr coincidencias, en tanto no tengamos una visión compartida de la clase de ingenieros que debemos formar, interpretando lo mejor posible lo que la sociedad nos está demandando.

A partir de 1985, con el movimiento conocido como la “Reforma del Cálculo”, a nivel mundial se ha desatado una discusión permanente en relación con la forma más efectiva de enseñar- aprender matemáticas. La propuesta a la que me sumo es “enfoque en la comprensión conceptual de la matemática” y “matemáticas con sabor a ingeniería”, ambas posturas factibles y convenientes, conforme a la siguiente argumentación:

Si comparamos, por ejemplo, los contenidos del curso o de los cursos de “Cálculo Diferencial e Integral de una variable”, en la cinco universidades extranjeras y el de la Facultad de Ingeniería, salvo por pequeñísimos detalles, podría decirse que son prácticamente idénticos. Esto hace pensar que, al menos en esta asignatura, no hay nada que cambiar en cuanto a contenidos; están bien así, avalados por cinco escuelas de vanguardia.

Pero al comparar las horas-aula, con el profesor en el estrado, frente al pizarrón, vemos diferencias abismales. Mientras en la Facultad de Ingeniería son dos cursos semestrales de 16 semanas, con cuatro horas y media de clase por semana, que da un total de 144 horas-aula, en el “MIT”, por ejemplo, es un solo curso semestral de 15 semanas, con tres horas de clase por semana, que da un total de 32 horas-aula. En Stanford son dos cursos trimestrales de 8 semanas, con tres horas de clase por semana, que da un total de 48 horas-aula.

¿Cómo son posibles estas diferencias? ¿Cómo le hacen los profesores de Stanford y del MIT para cubrir el temario de cálculo en 3 o 4.5 veces menos tiempo que los profesores de la UNAM? Es muy simple: hacen que el alumno se responsabilice de su propio aprendizaje y ellos dedican el tiempo de clase a puntualizar sobre los aspectos más importantes, a ejemplificar con problemas reales, propios de la ingeniería, a aclarar las dudas de los muchachos, que ya estudiaron la clase; y no se ponen a desarrollar en el pizarrón cada uno de los rubros contenidos en el temario, como lo hacemos aquí en la Facultad.

No tengo duda de que podemos hacer que el alumno se haga cargo de su propio aprendizaje. No digo que esto pueda hacerse de la noche a la mañana, porque es

mucha la inercia, el hábito y la costumbre, tal vez más del profesor, que del alumno; pero podemos ir incidiendo en los alumnos que tenemos ahora y capacitando al nuevo personal docente, para que cada profesor se convierta en un efectivo facilitador del proceso de aprendizaje de los alumnos, que finalmente es nuestro objetivo sustantivo.

No debemos olvidar en ningún momento, que el actor principal en el proceso educativo es el alumno y no el maestro; conviene que ya dejemos de tratar a los alumnos como adolescentes –que algunos todavía lo son-, y les demos un trato de personas responsables en proceso de crecimiento, porque así los ayudamos a madurar afectiva e intelectualmente.

Es cierto que aquí, los alumnos de primer ingreso llegan muy mal preparados, especialmente en matemáticas; pero con respecto a las cinco universidades analizadas, donde los planes de estudio son de cuatro años, si consideramos el semestre adicional de cursos propedéuticos, tenemos un año y medio de holgura para elevar el nivel académico de los prospectos, tal como lo podría requerir la universidad más exigente del mundo; los muchachos que no tengan la capacidad para estudiar una carrera de ingeniería, serían discriminados por un proceso de selección natural.

En sintonía con esto, se hace necesario que los alumnos de nuevo ingreso que no aprueben más que suficientemente el examen diagnóstico, cursen y aprueben los cursos propedéuticos, con los mismos niveles de exigencia que los considerados para los cursos curriculares. Aunque para ello sea necesario que dejen de llamarse propedéuticos, que haya que considerarlos como curriculares o que haya que otorgarles crédito académico. De otra manera, permaneceremos en el mismo círculo vicioso, en el que hay un enorme desperdicio de recursos y se hace incongruente exigir seriedad a estudiantes y maestros.

Respecto a las asignaturas curriculares, con los temarios actuales y la necesidad de cubrirlos totalmente en clase, los nuevos profesores imparten las asignaturas con cobertura total de contenidos, aunque someramente, en tanto que los maestros más experimentados y con muchos conocimientos, procuran ver todos los temas a profundidad. Y los alumnos pagan las consecuencias, porque las más de las veces, la evaluación de su aprovechamiento se hace mediante exámenes departamentales, con ejercicios que pueden corresponder a cualquier parte del temario y cada uno con un grado de dificultad, acorde a un nivel de profundidad que va de medio a alto.

Necesitamos garantizar que nuestros alumnos comprendan y aprendan los conceptos matemáticos fundamentales, no con propósitos inmediatistas de salvar un examen, que no tiene ninguna trascendencia para nadie, sino en términos de un aprendizaje significativo de mediano y largo plazos. Para ello es menester identificar lo verdaderamente fundamental, estableciendo con ello una cobertura necesaria y suficiente, y acordando colegiadamente el nivel de profundidad

necesario y suficiente con el que se impartirá y evaluará cada tema. Estoy proponiendo privilegiar calidad sobre cantidad.

Para ello, también es necesario dar al estudiante la responsabilidad de su propio aprendizaje y al profesor la de guía, asesor, orientador y exigente evaluador de la participación del alumno en clase, de su cumplimiento de tareas y de los resultados de exámenes dirigidos a evaluar lo verdaderamente fundamental.

En materia de tecnología, me declaro partidario del uso intensivo de material didáctico en Internet, porque lo conozco a fondo y sé que es muy estimulante para el aprendizaje de los estudiantes, por su atractivo visual, su accesibilidad, su nivel de síntesis y las posibilidades que podrán ofrecerse en el futuro.

A la calculadora graficadora, la percibo como un instrumento de actualidad, extraordinariamente útil, indispensable para el ingeniero del siglo XXI; similar a lo que fue para mí, como estudiante, la regla de cálculo, pero con un potencial infinitamente superior.

En materia de software de matemáticas para computadora, he utilizado los paquetes más conocidos: el Maple, el Mathcad, el Matlab y el Mathematica, diferentes todos en su forma de presentación, pero dirigidos al mismo objetivo de resolver problemas matemáticos. Procuero incidir en mis alumnos para que aprendan a utilizar alguno de ellos.

Mi experiencia me dice que los jóvenes responden bien a estos estímulos, y mucho más cuando empiezan a saborear las mieles de la ingeniería.

Como vimos antes, algunos nombres de asignaturas llaman particularmente la atención; por ejemplo “Incertidumbre en Ingeniería” del MIT, o “Introducción a la Probabilidad y Estadística para Ingenieros” de Berkeley, son cursos muy similares a los nuestros de “Probabilidad” y “Estadística”. Lo significativo en aquellos es el énfasis en las aplicaciones de ingeniería y el desdén por los temas de poca o nula aplicabilidad práctica, como es el concepto de probabilidad clásica. Si nuestros ingenieros van a enfrentar durante toda su vida profesional, problemas con características aleatorias, de índole frecuencial, de nada les sirve enfocarse y perder el tiempo en urnas, dados y barajas.

Adicionalmente a mi recomendación de que en cada asignatura de matemáticas se aborden problemas de ingeniería, propongo la creación de uno o dos cursos de modelado matemático, dirigidos específicamente a resolver problemas reales a los que enfrentará un ingeniero, utilizando todo el arsenal matemático de que dispone el estudiante cuando termina sus estudios de ciencias básicas. Estos cursos, tipo taller-seminario, implicarían la participación de profesores de ciencias básicas, de ciencias de la ingeniería y de ingeniería aplicada, que además de ofrecer al alumno una clara vinculación entre las matemáticas y la ingeniería –y que tanta falta les hace–, redundaría significativamente en beneficio de los tres grupos de profesores, tanto desde la perspectiva docente, como de la profesional.

Es necesario que nos demos cuenta de la necesidad de acercar a los profesores de ciencias básicas y de ciencias de la ingeniería, a efecto de que se retroalimenten y apoyen mutuamente; los unos, enfatizando con los alumnos los puntos fundamentales señalados por los otros; y los otros, apoyándose en los unos para retomar los desarrollos matemáticos que hayan quedado en el olvido. Es menester, que los muy “matemáticos” se acerquen más a la realidad de la ingeniería y los muy “prácticos” se den permiso de recordar las matemáticas.

Las matemáticas son un ingrediente en la formación de nuestros ingenieros, pero no son, de ninguna manera, el ingrediente más importante.

La revisión y reformulación de planes y programas de estudio

Requerimos entrarle a fondo a la revisión de planes y programas de estudio, donde se privilegie la visión, la misión y los objetivos sustantivos de la formación de ingenieros, sobre los cotos de poder de las divisiones y sobre los viejos paradigmas y concepciones, que habrá que desmitificar a base de hacer conciencia, actualizando al personal docente, incentivándolo, motivándolo y, en caso extremo, removiéndolo.

Al respecto, habremos de reconocer que se han hecho importantes esfuerzos tendientes a mejorar planes y programas de estudio; la buena voluntad se hace evidente por todos lados y normalmente existen varias propuestas simultáneas y paralelas, aunque infortunadamente, cada una con sus propias estrategias y objetivos, con una visión parcial de las cosas. Aparentemente, las instancias que las formulan desconocen las demás y, hasta ahora, que se sepa, ninguna propuesta se ha puesto a la luz, para discusión abierta. Las distintas posiciones parecen tener sesudas argumentaciones, y están en espera de la confrontación final en la que cada una tiene por objetivo el tener la razón e imponer puntos de vista.

Necesitamos escuchar a la sociedad, y dar preeminencia a lo que nos solicita, por encima de lo que cada uno de nosotros cree que debería de ser. Requerimos del enfoque sistémico para diseñar el proceso de formación de nuestros ingenieros; ése es el cambio de paradigma que tendremos que implementar, un nuevo paradigma en el que estemos involucrados todos, porque sólo juntos y en equipo podremos superar este reto.

Al revisar y reformular los programas de estudio de todas y cada una de las carreras, tengamos muy presente el objetivo de formar ingenieros, que incluye, desde luego, dotar a los prospectos del lenguaje simbólico para el modelado, capacitarlos en la manipulación matemática y desarrollar en ellos las habilidades de análisis, razonamiento, deducción y concentración, inherentes al estudio de las matemáticas (derivadas de ingerir arroz).

Pero no olvidemos, por favor, que la formación de los ingenieros incluye el desarrollo de otras habilidades, también esenciales: inducción, síntesis, ingenio, imaginación, intuición, evaluación y creatividad, todas ellas inmersas en otro tipo de aprendizajes que están ahora notoriamente ausentes.

Se requiere intensificar la vida académica de la Facultad, promover el trabajo efectivo de los cuerpos colegiados existentes y la creación de otros, para resolver cuestiones específicas.

El resultado de la reformulación de planes y programas de estudio, conducirá a darles identidad a nuestros egresados de ingeniería:

- Un entrenamiento efectivo para enfrentar y resolver problemas, basado en conocimientos esenciales profundos y en habilidades y destrezas desarrolladas plenamente;
- Una visión global emanada de un enfoque sistémico, capaz de aprovechar al máximo los limitados recursos de que disponemos y las oportunidades que el entorno nos ofrece.
- Una conciencia humano-social derivada del conocimiento de sí mismos y de su autoestima, así como del conocimiento de las necesidades y recursos del País y de su posición respecto al mundo;

Cabría analizar a fondo la posibilidad planteada desde hace varios años, de cambiar el paradigma de los tres bloques horizontales: ciencias básicas, ciencias de la ingeniería e ingeniería aplicada, por uno más atrevido, equilibrado e interesante para el alumno, donde la ciencia básica se dosifique durante los tres primeros años y se de cabida a las ciencias de la ingeniería desde el primer semestre, como sucede en las universidades inglesas, a efecto de que el alumno disfrute su estudios de licenciatura, desde el principio.

La conformación de los planes y programas de estudio de cada una de las carreras, que sea el resultado de la participación de todos los actores:

- a. la industria, como cliente, que además de la solidez en los aspectos estrictamente técnicos, insiste en la formación “suave” de los ingenieros, como una necesidad imperiosa;
- b. los ingenieros que recién acaban de terminar estudios de posgrado, especialmente en universidades prestigiadas del extranjero, que están a la vanguardia del conocimiento y saben de los requerimientos esenciales de las ciencias básicas y de las ciencias de la ingeniería para la formación “dura” de los ingenieros;

- c. los ingenieros de experiencia, que ejercen su profesión, que con un enfoque práctico, pueden distinguir las características y habilidades que habría que desarrollar en los nuevos ingenieros; y
- d. los profesores de asignatura y de tiempo completo, con el doble desafío de suavizar nuestras propias preconcepciones de lo que cada uno cree que debería de ser, y de incorporar los puntos de vista de los otros tres grupos y de los propios colegas disidentes.