

las dificultades para llevar a la práctica un modelo de enseñanza aprendizaje en ingeniería

*alen díaz, alejandro león, raymundo lópez y juan r. morales**

El área de Termofluidos en la División de CBI de la UAM-Azcapotzalco ha colaborado en la formación de ingenieros con diferentes especialidades. Una de las características más importantes de los egresados, que tienen una excelente aceptación en el mercado laboral, es su habilidad para el trabajo experimental.

En este escrito se discuten las características más relevantes del modelo de enseñanza-aprendizaje en relación con las actividades experimentales en laboratorios que hemos puesto en práctica a lo largo de 16 años. También se informa sobre las exigencias de infraestructura material, personal docente, cuadros técnicos y apoyo administrativo que se requieren.

Finalmente se exponen las contradicciones que dificultan el desarrollo de este modelo en nuestra universidad, así como las crecientes carencias que amenazan con impedir su continuidad.

1. Introducción

La división de Ciencias Básicas e Ingeniería, en la Unidad Azcapotzalco de la Universidad Autónoma Metropolitana tiene entre sus objetivos la formación de ingenieros en nueve planes de estudio a nivel licenciatura, así como la integración de la investigación científica y el desarrollo tecnológico a la actividad docente.

Estos planes tienen una estructura curricular semejante; consistente

en un tronco general de tres trimestres, común a todos ellos, un tronco profesional de seis trimestres propio de cada licenciatura y áreas de concentración que abarcan los tres trimestres finales de cada plan de estudios.

Los objetivos del tronco profesional son proporcionar a los estudiantes los conocimientos tecnológicos necesarios para el ejercicio profesional en la carrera que hayan escogido. Entre las unidades de enseñanza-aprendizaje están comprendidos una cantidad significativa de cursos de laboratorio. En particular, el plan de estudios de Ingeniería mecánica incluye 216 créditos en el tronco profesional, de los cuales el 15.3% (33 créditos) son 11 cursos de laboratorio o taller.

De entre esos cursos destacan los laboratorios de termofluidos I, II y III, cursados sucesivamente y de tres créditos uno. Buena parte de las cualidades distintivas de nuestros egresados de Ingeniería mecánica tienen origen en el trabajo que se hace para acreditar estos tres cursos, que son de importancia fundamental para los objetivos del plan de estudios.

La ciencia y el desarrollo tecnológico generalmente buscan satisfacer las necesidades humanas, y la forma en que evolucionan en cada sociedad está vinculada con la cultura local. Los desarrollos tecnológicos no son de aplicación universal, pues están profundamente condicionados por los aspectos sociales, políticos y económicos de la sociedad que les dio origen.

La aceptación de propuestas tecnológicas extranjeras, como solución instantánea para el desarrollo material y la ganancia económica desorbitada de una empresa, a la larga constituye uno de los mayores atentados contra nuestra continuidad como nación. En las posibles soluciones para lograr el desarrollo tecnológico deben participar de manera conjunta los empresarios —para promover la generación y uso de tecnologías propias— y las universidades para formar ingenieros capacitados.

Los responsables de la formación de ingenieros deben evitar algunos hábitos en la educación superior que promueven la concepción equivocada de que la acción debe estar supeditada a la reflexión; hacer condicionado al *conocer*, desarrollo tecnológico subordinado al conocimiento científico.

En nuestras instituciones educativas se concede mucha importancia a la teoría y los desarrollos científicos, sin reconocer suficientemente que la reflexión en ingeniería se efectúa comúnmente sobre objetos ya materializados.

Puesto que corresponde a las instituciones de educación superior aportar ingenieros capacitados para promover e incluirse en los esfuerzos locales que desarrollan tecnología, debemos discutir cómo pueden formarse estos profesionales con actitudes y aptitudes adecuadas. Nuestra experiencia docente tiende a convencernos que los laboratorios universitarios deben estar fuertemente implicados en esa formación.

2. Las características de nuestro modelo docente

El modelo de enseñanza-aprendizaje que hemos puesto en práctica en el área de termofluidos —en cuanto al trabajo en los laboratorios— está basado en las hipótesis que se describen a continuación:

- a) La enseñanza en ingeniería experimental pretende el desarrollo de habilidades que solamente se adquieren con la participación activa; *no basta reflexionar, se debe hacer.*
- b) Las leyes físicas que describen y predicen algún fenómeno natural se obtienen mediante la observación repetida; el fenómeno, por lo tanto, debe ser repetible.
- c) Para comprender cabalmente un fenómeno se requiere de suficiente evidencia respecto a la forma en que sucede.
- d) La observación y la experimentación son las fuentes primarias a partir de las cuales se formulan hipótesis.

Puesto que las hipótesis de nuestro modelo de enseñanza-aprendizaje son la parte más propensa a recibir críticas, a continuación se ofrece una explicación de cada una de ellas:

Acerca de la primera hipótesis, se sabe que en la mayoría de las ocasiones las "prácticas de laboratorio" son tan sólo una extensión de cursos teóricos a los que están asociadas. Esta situación se origina en varias causas, desde la carencia de los materiales y equipos necesarios, la disponibilidad de tiempo, la complejidad del área del conocimiento, hasta actitudes hostiles por parte de los docentes y de los alumnos hacia el trabajo experimental.

Se debe insistir en la importancia de la *acción* como el procedimiento fundamental en la enseñanza experimental. Si se carece de la infraestructura suficiente para desarrollar cursos de laboratorio, el autoequipamiento constituye una alternativa muy valiosa o, en todo caso, adecuar los trabajos de laboratorio al uso in-

genioso de los materiales con que se cuenta.

El comportamiento habitual de favorecer las clases *teóricas* por encima del trabajo experimental, sólo contribuye a fortalecer en el educando la idea de que la reflexión o el conocimiento pueden remplazar a la acción. Lo más grave aún, es contribuir a concebir el trabajo experimental como una actividad de bajo nivel e incluso despreciable. El resultado es *profesional de escritorio*, incapaz de valorar la dificultad de ejecución de sus propuestas e insensible a las consecuencias sobre los usuarios.

En cuanto a la segunda hipótesis, el principio fundamental de la enseñanza experimental subyace en el hecho de que un fenómeno que ocurre en forma repetida puede ser predecible. La fuente principal de información para un ingeniero es la observación de los fenómenos físicos. Cuando se carece de esa observación crítica, sin control de la abstracción y de la reflexión, se producen consejas populares que en algunos casos llegan a tradiciones y se convierten en leyes.

De un simple proceso reflexivo, que no fue el fruto de la observación crítica de un fenómeno, es improbable que se puedan deducir leyes válidas. La lógica aristotélica es un ejemplo de lo que puede obtenerse cuando la reflexión no va antecedida de la observación de los hechos.

Sobre la tercera hipótesis diremos que, las más de las veces, los fenómenos físicos no son intuitivos y su comprensión requiere de la observación crítica y profunda. El problema con los alumnos radica en cómo lograr este hábito de observación, cuando ellos no tienen el interés en verificar los conceptos teóricos que manejan ni el espíritu de duda que motivaría la búsqueda de su comprensión.

Con mucha frecuencia, nuestros educandos se limitan a seguir un patrón estereotipado de conducta, que le ofrezcan la seguridad de aprobar la asignatura sin conseguir otro beneficio. En otras palabras, el alumno debe tener el gusto por dudar y el

interés por verificar, para propiciar su búsqueda del entendimiento y la comprensión.

Finalmente, con respecto a la cuarta hipótesis, un buen ejemplo para sustentarla aparece en el comportamiento frecuente del estudiante que trata de elegir un tema de tesis o proyecto terminal. Su primera reacción es la búsqueda de información, para de ahí derivar un problema a resolver. Al proponer que se induzca en los alumnos el convencimiento de que las fuentes primarias de información son la observación y la experimentación, se intenta fomentar entre ellos la reflexión crítica; no sólo sobre situaciones a su alcance, sino también respecto a problemas cuya solución es relevante en su hábitat.

Al poner en práctica el modelo, se ha podido observar varios hechos regulares que se presentan durante el trabajo docente:

- a) Cualquier estudiante típico posee muy poca, cuando no nula, información técnica y aun menor información tecnológica.
- b) Los estudiantes generalmente están convencidos de la validez de los *principios de conservación*.
- c) Nuestros alumnos suponen que para *hacer* es necesario, como prerrequisito, *conocer*.
- d) Muchos de estos alumnos tienen dificultades para relacionar la información que poseen con lo que se les pide llevar a cabo.

El énfasis que hemos puesto en la enseñanza experimental, como un componente fundamental en la formación de ingenieros, pretende dotarlos de varias habilidades operativas que se reflejan en su actuar profesional. Las metas de nuestro modelo docente se pueden listar del siguiente modo:

- a) Perder el miedo para realizar un experimento y entender que la experimentación será una fuente primaria de referencia para su vida profesional.

- b) Relacionarse con el medio de trabajo que corresponda a su profesión. Conocer, en cuanto a los componentes o elementos necesarios para un experimento o cierta tarea concreta, el qué, cómo y dónde se fabrican o se adquieren.
- c) Comunicar los resultados que se obtuvieron en un experimento en forma fidedigna, confiable y legible.
- d) Valorar adecuadamente el trabajo desarrollado y establecer las restricciones y condiciones de validez para los resultados obtenidos.
- e) Cobrar interés por el trabajo experimental y desarrollar una actitud crítica, tanto de lo que se hace como lo que se ha hecho.

3. Exigencias para llevar a cabo el modelo

El modelo de enseñanza-aprendizaje se orienta hacia la integración de la docencia y la investigación. En particular, la orientación específica de las ingenierías es hacia la manufactura de bienes de capital en la industria, la prestación de servicios y la generación y adaptación de tecnología. El trabajo experimental en laboratorios, complementa y desarrolla en el alumno la habilidad para construir objetos, manipularlos y usarlos productivamente.

Se persigue facultar a los estudiantes con suficientes habilidades para que aborden, con independencia y creatividad, las soluciones a problemas que se presentan en un entorno inmediato. Este actuar profesional no puede estar exento de una fuerte conciencia social y de una activa voluntad de cambio, para operar las transformaciones socioeconómicas que nuestro país requiere.

Para lograr programas académicos consistentes —que otorguen al educando la confianza suficiente para resolver problemas, así como una mayor disposición y habilidades para actuar como un agente de cambio— se requiere la disponibilidad de recursos, materiales y humanos y de in-

fraestructura administrativa en los departamentos académicos.

Los recursos humanos y materiales necesarios para desarrollar nuestro modelo de enseñanza aprendizaje en los laboratorios, deben ser los adecuados en relación con diferentes requisitos. Los recursos humanos deben incorporar nuevos elementos, además de la constante superación del personal académico existente. Este último punto es prioritario, puesto que buena parte de los profesores son profesionales que no cuentan con la formación académica idónea ni con una formación pedagógica.

En cuanto a la contratación de nuevo personal y para retener el que ya labora en la institución, es necesario ofrecer retribuciones salariales competitivas con la oferta exterior. También se requiere de un programa permanente para la formación de profesores, que procure la actualización de conocimientos, mejore la preparación pedagógica e incremente el aprovechamiento de la actividad docente.

Es igualmente necesario contar con un grupo de técnicos capaces y versátiles, que brinden apoyo a los profesores en las numerosas actividades que requieren de su pericia. Los requisitos de buena retribución salarial y de constante capacitación son iguales a los del personal académico.

El apoyo económico y logístico por parte de la administración departamental es de importancia fundamental, pues sin los recursos materiales —suficientes en cantidad y entregados a tiempo— no se podría desarrollar esfuerzo docente alguno.

También se requiere de una extrema sensibilidad por parte del jefe del departamento, en cuanto a la decisión de dotar a los laboratorios del equipo necesario, como una política prioritaria; la designación de los docentes más capacitados para hacerse cargo de la enseñanza experimental, también depende del buen actuar de este órgano unipersonal.

Finalmente, la institución en su conjunto debe fomentar el reconocimiento y la justa valoración de los trabajos experimentales, que en nuestra cultura se han mantenido relegados a los niveles de trabajo secundarios y poco importantes. Los jefes de departamento deben iniciar con el ejemplo esta voluntad de cambio.

4. Las contradicciones en la institución

Aun cuando en el discurso enunciado por los profesores, los órganos personales e incluso los alumnos no se cuestiona la importancia de la educación experimental en los laboratorios, en realidad se incurren en muchas contradicciones que menoscaban la posibilidad de formar nuevos ingenieros, según el modelo que se ha expuesto en los párrafos anteriores.

Para comenzar, desde el diseño de los programas de estudio de varias licenciaturas de ingeniería en nuestra división se produjo un marcado desbalance entre las horas de trabajo teórico y las de actividades experimentales en laboratorios o talleres, con gran desventaja para estas últimas.

Existen programas de estudio, como el de Ingeniería mecánica, que sí cuentan con un porcentaje de créditos más favorable hacia el trabajo experimental. Aun en estos casos se tienen dificultades diversas, que pueden clasificarse del siguiente modo:

4.1 Disponibilidad de personal docente y técnicos auxiliares

La falta de disponibilidad de profesores bien calificados en el trabajo académico —normalmente un problema crónico en lo que toca a ingenieros— es más agudo cuando se busca habilidad en la enseñanza experimental en laboratorios. Porcentualmente cada vez se cuenta con menos personal académico bien capacitado en este campo.

El personal técnico es un recurso igualmente importante, con las mis-

mas dificultades para obtener lo que los profesores para ingeniería. No obstante que el Departamento de Energía sí cuenta con un cuadro de técnicos capaces y productivos, no parece posible hacerlo crecer en número. Además, los otros departamentos tienen grandes carencias en este aspecto, por falta de capacidad en sus cuadros técnicos, por una mala administración que los desaprovecha o por incumplimiento laboral del personal.

Buena parte de los profesores asignados a los cursos de laboratorio y taller carecen de un marco conceptual sólido, en relación al trabajo experimental. Con frecuencia, no hacen más que repetir rutinas frustrantes para los alumnos, en las que reponen los modelos inoperantes que ellos mismos padecieron en su momento como alumnos. También sucede que los profesores más competentes llegan a eludir estos cursos, por la considerable carga de trabajo que significa impartirlos en forma adecuada y por el poco reconocimiento que la institución da a estos esfuerzos.

4.2 De las competencias de los jefes de departamento

La asignación de la carga docente por los jefes de departamento subestima la importancia y complejidad de los cursos de laboratorio, aunque ellos afirman oficialmente lo contrario. No es infrecuente que asignen a los profesores más inexpertos, con menos antecedentes académicos, de contratación temporal o de tiempo parcial, a las tareas de trabajo experimental, porque en realidad priva la idea de que son cursos de menor importancia.

Se ha convertido en costumbre aceptada que los profesores responsables de un curso de laboratorio deleguen en un ayudante —alumno de licenciatura a medio camino en sus estudios— la responsabilidad de estar frente al grupo durante las sesiones experimentales. Se sabe de jefes de departamento que toleran abiertamente esta irregularidad, ignorando

el perjuicio en la formación académica de los alumnos de que los educandos trabajan sin la asesoría y vigilancia necesarias.

En momentos cuando no han existido suficientes recursos —materiales y humanos— lo tradicional ha sido garantizar antes que todo los cursos teóricos, sin que esta decisión obedezca a criterios racionales y explícitos.

4.3 De la falta de recursos materiales

La tardanza o posible ineficacia en la adquisición de materiales, reactivos y repuestos por parte de las dependencias institucionales correspondientes, afectan mucho la ejecución de los cursos experimentales. Se ha llegado al extremo obtuso de negar este tipo de recursos como procedimiento de control político.

Cada vez es más difícil también equipar a los laboratorios con los equipos tecnológicos más actuales. Junto con las limitaciones para adquirir equipos nuevos se tiene la falta de programas adecuados para el mantenimiento y reposición por obsolescencia o desgaste.

El autoequipamiento ha disminuido la gravedad de la falta de equipo, ofreciendo un campo fértil para la producción ingeniosa de prototipos, si se logra conjuntar el trabajo de profesores, técnicos y alumnos. Pero el autoequipamiento necesita un cuadro técnico de primera línea, profesores experimentados y habilidosos y un flujo seguro de recursos materiales. No todos los departamentos reúnen esta infraestructura.

5. Conclusiones y observaciones

El énfasis que se ha dado en nuestra área a la formación de ingenieros capacitados en el trabajo experimental ha dado buenos resultados, a juzgar por la aceptación que nuestros egresados tienen en el mercado laboral. También debe destacarse el éxito que se ha tenido en cuanto al autoe-

quipamiento de laboratorios y la construcción de prototipos novedosos, pues en este campo se han recibido distinciones en varios certámenes, tanto nacionales como internacionales.

Aun cuando este modelo de enseñanza aprendizaje continúa siendo uno de los rasgos distintivos de nuestra área, su realización descansa en un conjunto de profesores que con el tiempo ha crecido muy poco. Algunos colegas de reciente ingreso a la universidad comienzan a formarse en esta modalidad de trabajo; no por un programa departamental de formación de profesores, sino a causa del esfuerzo personal de los interesados.

Los cuadros técnicos tampoco han crecido mucho, aunque se corre con la suerte de contar con personal muy capaz y dispuesto a la colaboración productiva. Esta ventaja no es frecuente en otras áreas, que padecen las consecuencias del incumplimiento laboral.

Los recursos materiales, aunque no abundantes, se han mantenido permanentemente disponibles, quizá por la exigencia implacable de los profesores que participan en el autoequipamiento.

El modelo docente ha logrado permanecer y producir resultados a lo largo de 16 años, pero en la actualidad se trabaja con recursos más reducidos en cantidad en todos los aspectos. Sin embargo, los resultados que se obtienen han mantenido la calidad, e incluso la han superado en ocasiones, de lo que se produjo en otros años de mayor abundancia de recursos.

El principal riesgo que se corre, y pone en duda la continuación y refinamiento del modelo, se relaciona con la ausencia de una política divisional que impulse este esfuerzo y otros semejantes. El trabajo docente de alta calidad se ha convertido, para nosotros en un asunto de terquedad más que de oportunidad.

* Profesor de la UAM-A.