

# Sistema de Enseñanza Inductivo-Deductiva Individualizada (Planteamiento para la Ingeniería Química)

[Revista del Centro de Estudios Educativos (México), vol. V, núm. 4, 1975, pp. 129-135]

*Monique y Tomás Miklos*  
Consorcio Internacional, Consultores (México).

## 1. ANTECEDENTES

Cada vez se hace sentir en forma más aguda la necesidad de formar profesionistas con capacidad para resolver los problemas de la ingeniería química en México. Hasta ahora los sistemas educacionales existentes no han podido responder en forma satisfactoria a dicha necesidad. Un análisis breve de dichos sistemas nos puede señalar algunos de los elementos responsables de este problema.

Nuestro propósito no es hacer un análisis exhaustivo de los problemas de la enseñanza de la ingeniería química, sino exponer algunos de los puntos esenciales que nos han llevado a formular nuevas alternativas para dicha enseñanza.

## 2. PLAN DE ESTUDIOS

Hasta la fecha, la mayoría de los planes de estudio representan estructuras rígidas, conjuntos de disciplinas con poca interrelación, y tienden a proporcionar al estudiante una serie de conocimientos que rara vez tendrá oportunidad de integrar. Como resultado de la carencia de una estructura que permita al estudiante organizar e integrar los conocimientos, la enseñanza se orienta más hacia el aprendizaje de información que al de procesos. A medida que aumenta la cantidad de conocimientos nuevos en el mundo científico, específicamente en el de la ingeniería química, se añaden nuevas materias al plan de estudios, sobrecargándolo y aumentando cada vez más su desorganización.

Muchas veces, la aplicación de los conocimientos teóricos impartidos al estudiante viene en una fase muy tardía de la carrera, lo cual aumenta en forma dramática la probabilidad del olvido de toda la información. Es bien sabido en el campo educacional que un conocimiento que no es integrado a una acción tiende a olvidarse.

Por otra parte, en dichos planes el estudiante tiene pocas oportunidades de conocer el campo real del ejercicio profesional, así como la realidad socioeconómica del país. Esto trae como consecuencia grave su desubicación al ingresar a la fuerza de trabajo, así como la necesidad de un tiempo largo de readiestramiento por parte de la institución o empresa que lo emplea. Esta situación es el resultado de la desvinculación que existe aún entre los elementos: escuela-sociedad-industria.

### 3. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

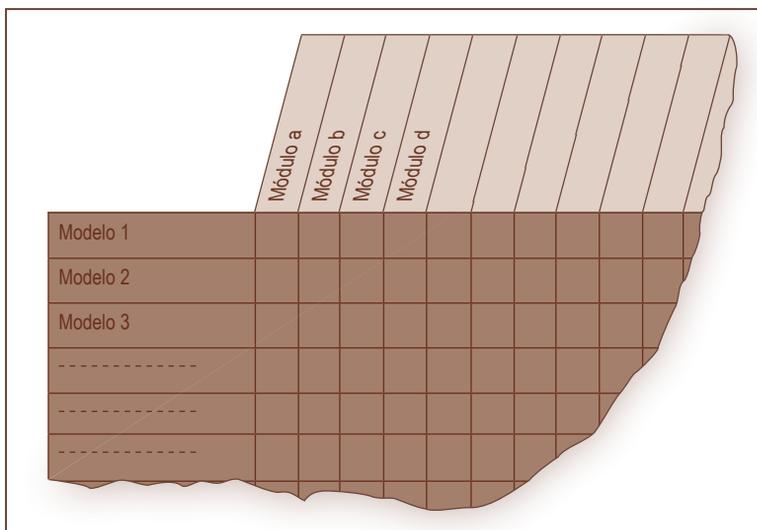
Gran parte de las actividades que realiza el estudiante son eminentemente de tipo pasivo, puesto que la mayoría de la información la adquiere a través del sistema tradicional de conferencias. En este sistema, se encuentra en una posición de total dependencia en relación al maestro, la que casi siempre lo obliga a repetir la información que le es transmitida. No es raro entonces que debido a tal reforzamiento sostenido por tantos años de escolaridad, gran parte de los profesionistas, al salir de la universidad, manifiesten poca iniciativa y creatividad en su trabajo.

A continuación presentaremos una posible alternativa al sistema tradicional.

### 4. SEIDI GENERAL

El SEIDI (Sistema de Enseñanza Inductivo-Deductiva Individualizada) propuesto presenta una estructura básica formada por una matriz integrada de modelos y módulos. Los modelos representan procesos típicos totales, que consisten en secuencias importantes y representativas que incluyen el análisis de necesidades, la obtención asegurada de los satisfactores adecuados, así como el análisis de los subproductos y beneficios adicionales. Los módulos corresponden a las etapas comunes a los procesos, a los cuales utilizan como estructuras para la integración de los elementos científicos y de las técnicas básicas. Esto queda debidamente ilustrado en la gráfica 1 y ejemplificado bajo el apartado denominado SEIDI ESPECÍFICO, que se presenta más adelante.

**GRÁFICA 1**  
**SEIDI estructura básica general**



Con propósitos principalmente motivacionales, se considera conveniente dar al alumnado libertad en la selección de modelos. Ahora bien, con el objeto de asegurar la eficacia del proceso de enseñanza-aprendizaje, los modelos deben seleccionarse en forma tal que correspondan a modelos generales preestablecidos,

los cuales no son otra cosa que una agrupación ordenada de procesos. Asimismo, será indispensable que entre un grupo de alumnos se cubran todos y cada uno de los modelos generales citados.

En forma similar, pero con propósitos básicamente didácticos, se propone el agrupamiento de los módulos en módulos generales, cuya inclusión será requerida para cada uno de los modelos. Esto se ilustra en la gráfica 2.

**GRÁFICA 2**  
**SEIDI estructura básica superior**

		Módulo general A			Módulo general B			
		Módulo a	Módulo b	Módulo c	Módulo a'	Módulo b'	Módulo c'	
Modelo general I	Modelo 1							
	Modelo 2							
	Modelo 3							
	-----							
Modelo general II	Modelo 100							
	Modelo 101							
	Modelo 102							
	-----							
	-----							
	-----							
	-----							

Bajo este sistema, el proceso de enseñanza-aprendizaje se desarrolla aplicando en forma deductiva las técnicas generales a cada modelo específico durante el avance de cada alumno a través de su modelo. En cambio, se desarrolla en forma inductiva al efectuar comparaciones y formular generalizaciones a partir de las soluciones obtenidas para los varios procesos (modelos) dentro de cada módulo, comparaciones que son dirigidas y supervisadas en forma tutelar por expertos.

Finalmente, así como la selección de un proceso personal para cada alumno obliga a la enseñanza individualizada, las comparaciones comentadas fomentan la labor de grupo y el espíritu analítico.

## 5. SEIDI ESPECÍFICO

La formulación definitiva del sistema específico para la ingeniería química requiere, antes que nada, del planteamiento de objetivos concretos para esta disciplina. Con el propósito de no derivar este planteamiento hacia otras áreas, consideraremos aceptada la hipótesis de que “el ingeniero químico debe ser la persona capaz de aplicar los conocimientos científicos al estudio y resolución práctica de problemas de la industria de procesos... procesos en que la materia sufre algún cambio básico que no sea simplemente de forma, cambio que puede ser físico o químico” (Entrevista IMIQ con el I. Q. Alberto Urbina, 1973).

Con base en este objetivo y en la clasificación tecnológica diseñada por el I. Q. José Giral B., se plantean los modelos y módulos generales siguientes para concretar la estructura básica superior del sistema propuesto:

### Modelos generales

Agroquímicos	Mercado de productos
Colorantes y pigmentos	Mercado de materias primas
Ingredientes farmacéuticos	Transformación química
Sales inorgánicas	Transformación, física
Petroquímica	Mezclado
Polímeros	Transferencia de calor
Fertilizantes	Transporte de materiales
Minería y Metalurgia	Separación molecular
Ácidos inorgánicos	Separación mecánica
Electroquímica	Almacenamiento
Jabones y detergentes	Transporte de energía
	Infraestructura

### Módulos generales

La industria química general	Economía y finanzas
La industria química en el país	Análisis financieros y de pre-inversión
	Aspectos administrativos.

Cabe hacer notar que los modelos generales representan ramas típicas de la industria química, dentro de las cuales pueden clasificarse los procesos o modelos que los estudiantes seleccionen. Los módulos generales son los elementos fundamentales de los procesos típicos totales, los cuales engloban en un nivel superior de abstracción a los módulos específicos con los que el alumno trabajará y entre los cuales se pueden mencionar las tradicionales operaciones unitarias de la ingeniería química. Además, dentro de cada módulo, y de acuerdo con las necesidades planteadas por los modelos, se analizarán sus elementos matemáticos, químicos, físico-químicos, de diseño, etc.

Así pues, la matriz propuesta representa el núcleo de la carrera de ingeniería química. Con base en ella, habrá modelos, módulos y/o estudiantes que requieran mayor o menor profundidad o retroceso para el estudio de determinados aspectos teóricos o básicos. Por ejemplo, muchos alumnos requerirán profundizar en el estudio de la química básica preuniversitaria y/o de cálculo diferencial e integral, mientras que otros lo juzgarán innecesario.

Finalmente, el elemento práctico es esencial e imprescindible en el sistema propuesto. El alumno deberá “vivir” los procesos en su contexto real: estudiar físicamente el mercado, deducir un proceso químico, diseñar y operar una planta y sus equipos e instalaciones, analizar su factibilidad, diseñar sus elementos administrativos, etcétera.

Para ello se propone que los alumnos laboren físicamente gran parte de su tiempo dentro de las industrias seleccionadas, bajo la tutela de maestros industriales, debidamente capacitados, coordinados y controlados. Esto pudiera convertirse en un sistema efectivo de cooperación industria-escuela con beneficios tanto para los estudiantes como para las industrias y maestros.

## 6. SEIDI EJEMPLIFICADO

Con el propósito de aclarar la estructura y funcionamiento del sistema propuesto, a continuación se presenta una ilustración ejemplificada del proceso normal involucrado en un módulo dado. Para ejemplificar, se presenta un resumen de lo que pudiera ser el caso de la acetona.

Modelo general: Petroquímica. Modelo específico: Acetona.

### Contenido

Las actividades iniciales podrían ser comunes a todos los modelos e incluso previas a su selección por parte de los alumnos. Entre sus objetivos podría incluirse la comprensión realista de la industria química, en general, de la específica del país y del papel de la ingeniería química dentro de éstas; podrían incluirse, asimismo, objetivos de capacitación en el método científico y en las técnicas de investigación bibliográfica y directa. Una vez que los alumnos hubieran seleccionado los modelos, las actividades siguientes se referirían a las investigaciones, análisis y evaluaciones de los procesos y los mercados de productos y materias primas. Así pues, se detectarían y evaluarían los procesos industriales existentes para la fabricación de acetona (*v. gr.*, de acetileno, de prepano y propeno, de alcohol isopropílico, de propileno, de eumeno, proceso de fermentación, etc.); se investigarían los mercados de consumo de acetona (análisis estadísticos por ramas industriales y por industrias; análisis geográficos de la competencia, de grados, de precios, de hábitos de compra, etc.); se investigarían las materias primas para el o los procesos seleccionados (*v. gr.*, del alcohol isopropílico), proveedores, disponibilidad, precios, características y control de calidad, etc.; finalmente, se calcularían las proyecciones, pronósticos y conclusiones pertinentes. Para el desarrollo adecuado de estas actividades, sería necesario profundizar en la química de la reacción, en los costos generales del proceso y transporte, en los métodos de análisis y control de calidad, etcétera.

Las actividades realizables a continuación se referirían a los elementos técnicos específicos de ingeniería química. Éstas incluirían principalmente las tradicionales operaciones unitarias de la ingeniería química (naturalmente en su contexto modular amplio) y llegarían hasta el diseño detallado de los equipos requeridos y la planta misma. Por ello, cubrirían asimismo aspectos generales de otras ramas de la ingeniería (civil, mecánica, eléctrica, industrial, de costos, etc.). Para el desarrollo adecuado de estas actividades, sería necesario profundizar en varios elementos teóricos importantes, *v. gr.*, cinética química, físico-química, termodinámica, matemáticas superiores, catálisis, etc. Se podrían incluir también las investigaciones y prácticas relevantes correspondientes; por ejemplo, para el caso de la acetona, sería indispensable calcular y diseñar, entre otras cosas, un reactor catalítico, para lo cual se haría indispensable comprender y usar todos y cada uno de los elementos teóricos citados.

Las actividades que siguen caerían dentro de las áreas de economía y finanzas, las cuales involucran técnicas tan disímolas como contabilidad elemental sistemas de costos, financiamiento de empresas, análisis sociológico, análisis micro y macroeconómico, análisis de preinversión y de sensibilidad, optimización de recursos, etcétera.

Las actividades posteriores se referirían a los variados elementos y técnicas administrativas de previsión, planeación, organización, integración, dirección y control de empresas, instituciones, proyectos y planes. Podrían incluirse la formulación de manuales, la planeación y control de producción, e inventarios, la optimización de recursos, las técnicas de supervisión, la administración financiera, etcétera.

Finalmente, la elaboración del documento terminal del modelo (proceso o proyecto) seleccionado permitiría capacitar al alumno para preparar y presentar

documentos y/o proyectos importantes. En este capítulo podrían incluirse desde aspectos estratégicos hasta gramaticales, de redacción y estéticos. Esta elaboración daría a los alumnos una oportunidad extraordinaria de presentar los elementos innovadores y creativos desarrollados durante todo el proceso descrito.

## 7. IMPLICACIONES

El sistema propuesto implica algunos cambios respecto a varios elementos del sistema educacional:

- a) *Planeación de la enseñanza.* Es evidente que la selección de los modelos constituye, sobre todo en este sistema, uno de los pasos más delicados y trascendentes en la planeación educacional, puesto que cada estudiante trabajaría en un modelo único y específico. Dicha selección debería obedecer a criterios bien definidos. En nuestro concepto, se deberán seleccionar modelos:
  - De frecuente aplicación en el ejercicio profesional del país.
  - De amplia vigencia temporal, es decir, se deberá dar preferencia a modelos que tienen menos probabilidad de volverse rápidamente, obsoletos.
  - De gran generalidad; efectivamente, cuanto más general es un modelo, mayor posibilidad de aplicación puede llegar a tener.
  - En la selección de modelos generales, deberán participar tanto los maestros responsables de la planeación educacional, como las personas integradas a la industria e instituciones relacionadas con la ingeniería química que posean amplia experiencia en los procesos y necesidades de la ingeniería, química del país.
- b) *Lugar de enseñanza.* El lugar de enseñanza se desplazaría en gran parte hacia el campo real de trabajo, es decir, hacia las industrias e instituciones relacionadas con la ingeniería química.
- c) *Personal docente.* Se requeriría un nuevo tipo de docente. Al pasar a un sistema de enseñanza más individualizada, el profesor, más que un transmisor de información, sería un guía o tutor. El cuerpo docente debería incluir tanto profesores de la escuela como instructores de las industrias e instituciones de diferentes niveles técnicos. A éstos habría que darles una preparación docente.
- d) *Plan de estudios.* Con el objeto de permitir que cada estudiante progrese a su propio ritmo, la organización del conjunto de actividades desarrolladas por los estudiantes debería ser mucho más flexible que la de los planes tradicionales de estudios, debido al hecho de que no todos los estudiantes llevarían exactamente las mismas actividades ni necesariamente al mismo tiempo.
- e) *Metodología de la enseñanza.* Se deberían prever numerosas actividades de discusión de grupo y trabajo de equipo entre los alumnos, a fin de que éstos pudieran confrontar las diferencias o los puntos comunes entre los modelos y los procesos, y en esta forma establecer las inducciones y deducciones pertinentes.

Al existir un sistema más individualizado, la obtención de información descansaría menos en la conferencia y más en la lectura de materiales escritos o en la ayuda de materiales didácticos.

Es obvio que tal cambio de estructura implicaría grandes esfuerzos de planeación, coordinación, organización, integración, dirección y control. Sin embargo, el sistema representa tales ventajas que paga con creces dichos esfuerzos.

## 8. PRERREQUISITOS DE IMPLANTACIÓN

Tal como se indicó con anterioridad, la implantación del sistema propuesto involucra cambios importantes en muchos elementos del sistema educacional. Sería recomen-

dable realizar previamente una serie de estudios e investigaciones para determinar la factibilidad del sistema. Sería también conveniente iniciarlo en forma de un plan piloto, con el objeto de observarlo de cerca y pulir los detalles no previstos inicialmente. En todo caso, proponemos las siguientes grandes etapas para lograrlo:

- a) Estudio de los procesos importantes más comunes de la ingeniería química en el país. Esto ayudará a determinar las características cualitativas y cuantitativas de los profesionistas que el país necesita formar. Con dicha información se podrán establecer los objetivos educacionales y seleccionar adecuadamente los modelos y los módulos más apropiados.
- b) Investigación de las actitudes tanto de los técnicos y directivos de las empresas e industrias químicas como de las instituciones educativas frente a los cambios planteados.
- c) Determinación de la disponibilidad de recursos (humanos, materiales y financieros) e instalaciones para el desarrollo de actividades en los sitios de trabajo.
- d) Estudio de factibilidad técnico-económica del sistema propuesto y de las estrategias adecuadas de implantación.
- e) Planeación educacional formal, la cual incluye la formulación de objetivos de aprendizaje, el diseño del sistema de evaluación, la programación y capacitación del personal docente requerido, la elaboración de materiales didácticos, la definición de políticas generales y de admisión, la planeación de instalaciones y equipos, etcétera.

## 9. VENTAJAS DEL SEIDI

Algunas de las ventajas más importantes del sistema propuesto serían, expuestas brevemente:

- 1) Para el estudiante, a) Es quien más se beneficia del sistema, b) El hecho de que el aprendizaje sea más individualizado le da, en cierta forma, más oportunidades de lograr los objetivos educacionales, reduciendo por lo tanto la deserción y los fracasos escolares, c) Al escoger su modelo de trabajo, estará mucho más motivado hacia el aprendizaje, d) Su integración temprana al trabajo lo estimula y lo hace más productivo, proporcionándole también mayor seguridad, e) Su actitud frente al aprendizaje cambia radicalmente, puesto que ya no es un simple objeto pasivo del proceso, sino que se transforma en el agente mismo de su propia enseñanza, f) Le da la oportunidad de adquirir responsabilidad, creatividad, iniciativa y sentido de servicio, g) Está más preparado en los procesos de solución de problemas, h) Adquiere experiencia en el campo profesional, así como el hábito de trabajar en equipo.
- 2) Para la industria. La industria, al recibir personal mejor capacitado profesionalmente y al participar en el proceso de planeación y desarrollo educacional, resulta altamente beneficiada.
- 3) Para los maestros. Al dar al maestro la oportunidad de participar en la planeación de la enseñanza y de actuar en un nivel más personal con el alumno, se le está encomendando al fin un papel mucho más digno que el que ha desempeñado hasta la fecha.
- 4) Para la sociedad. La sociedad se beneficia al obtener individuos más conscientes de su función social, más conocedores de las necesidades y más preparados profesionalmente.

Finalmente, mas no por ello de menor importancia, este sistema proporciona la oportunidad de integración de los elementos sociedad-escuela-industria, objetivo tantas veces buscado y tan pocas veces alcanzado hasta ahora.