

La Nueva Ingeniería

Carlos Cortés Amador

Profesor Facultad de Ingeniería.

Director Departamento Ingeniería de Sistemas.
Universidad Nacional de Colombia.

INTRODUCCION

En el presente artículo, inicialmente se recalcan algunos de los campos de aplicación general de la Ingeniería de Sistemas. También se enfatiza acerca de la actual era de la ingeniería, que ha conducido a nuevas matrices disciplinarias.

Sin duda, la biología, como ciencia, y sus diferentes aplicaciones, han dado lugar a la "onda biotecnológica", que plantea nuevas alternativas y consideraciones teóricas a la Ingeniería. Por esta razón se hace referencia breve a dicha temática en este artículo, como parte de una evaluación de una experiencia investigativa en el Instituto de Biotecnología.

Finalmente se presentan algunas conclusiones provisionales que esperamos sean un aporte para la discusión sobre los temas tratados en este ensayo.

LA INGENIERIA DE SISTEMAS EN GENERAL

Se ha oído, en más de una oportunidad, que la Ingeniería de Sistemas se ha desarrollado sólo en los países de la región latinoamericana y que no la hay en ningún otro lugar del mundo. Sin

embargo no sólo existe a nivel de pregrado y posgrado en Norteamérica, sino en otros países industrializados en donde están sus mejores representantes.

Si aquella afirmación fuera cierta, en lugar de causar preocupación, debería haber satisfacción, pues si en este momento hay una disciplina de altísimas exigencias es precisamente la Ingeniería de Sistemas.

El por qué: para iniciar se puede afirmar que el enfoque general de sistemas, como parte esencial de dicha ingeniería, surgió en el centro de Europa. Exactamente se desarrolló en Berlín, con una fuerte influencia del Círculo de Viena, cuyo principal objetivo era llegar a una Ciencia unificada. Desenmarañar las influencias cercanas y remotas de la Teoría de Sistemas del biólogo L. Von Bertalanffy no es tarea fácil. Simplemente dígame que esta teoría recoge, de alguna manera, el sueño de filósofos como Leibnitz pero también estuvo influenciada por los grandes sistemas de pensamiento -como parte de la "atmósfera de los tiempos".

Su aproximación filosófica es totalizadora y su

método inicial tiene fuertes coincidencias con el método propuesto por Descartes. Define claramente que la descripción y las relaciones entre las entidades del sistema deben ser planteadas en términos matemáticos. Igualmente enfatiza la importancia de los procesos de control y del permanente fluir del universo.

Para continuar el razonamiento, los conceptos de información y control son el fundamento de aquella. De un lado, la teoría matemática de la información (Shannon-Weaver) y del otro, la cibernética. La primera como una teoría que define matemáticamente el concepto de información con el propósito fundamental de diseñar los elementos de la comunicación, dentro de lo cual se puede incluir la cibernética. Estos dos extraordinarios trabajos fueron publicados en Norteamérica y sus influencias en el desarrollo computacional aún no han sido totalmente asimiladas en el medio académico de la Ingeniería de Sistemas de nuestros países.

Para proseguir y como un tercer punto, se recuerda que tanto las matemáticas teóricas como las aplicadas recibieron un poderoso impulso en la primera mitad de la centuria que está por terminar (programación lineal, modelos estocásticos, teoría de juegos, etc).

En cuarto lugar, como una extensión del punto anterior, se considera la influencia que han tenido las matemáticas y la lógica en la conceptualización y desarrollos de lenguajes y programación de los computadores, en la algoritmia, en la ingeniería de software y las bases de datos, la ingeniería del conocimiento, la robótica y las actuales investigaciones en redes neuronales. En síntesis, su influencia se basa en los recientes avances de los microprocesadores, la física y las matemáticas, en donde se han encontrado las mejores y mayores fertilizaciones mutuas.

En quinto lugar, la simbiosis entre física, matemáticas, lógica y sistemas ha abierto un espacio de aplicaciones sociales cuya enumeración es prácticamente infinita. Por mención, apenas algunos ejemplos que son evidentes en países como Colombia, y que pueden servir de la Ingeniería de Sistemas:

- Los problemas ambientales que permiten planteamientos sistémicos y elaboración de modelos a gran escala, con procesos de simulación por computador.

- El desarrollo desordenado de las ciudades requiere del planeamiento urbano con la ayuda de la Investigación Operacional.

- El posible nuevo reordenamiento regional necesita de la elaboración de esquemas y planes bajo una concepción sistémica de índole nacional.

- Ante los nuevos planteamientos "aperturistas", se solicita la contribución de la Ingeniería de Sistemas en la elaboración de modelos macroeconómicos-sociales, que contemplen nuestras reales alternativas presentes, con posibilidades futuras (prospectiva).

- Ante las nuevas realidades mundiales, las instituciones estatales y las empresas privadas deben analizar y escoger opciones nuevas de organización, desarrollo e investigación, teniendo en cuenta un enfoque sistémico en donde los recursos informáticos son uno de sus elementos más importantes. Nuevamente en este punto son válidos los planteamientos prospectivos.

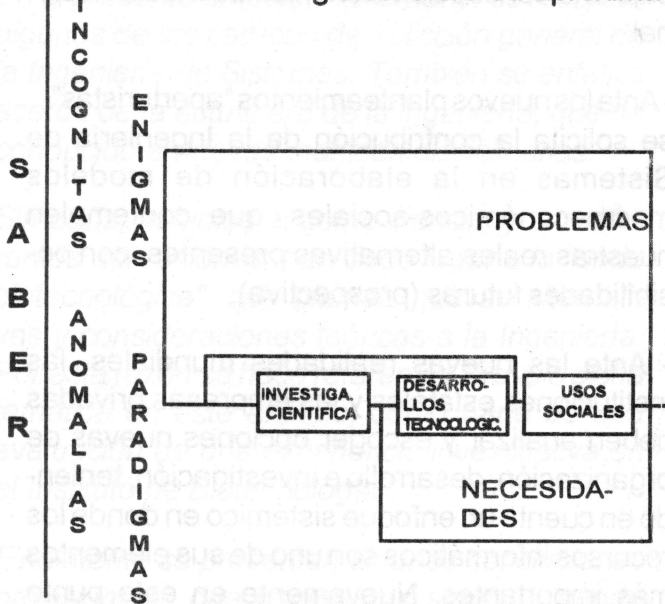
LA NUEVA ERA DE LA INGENIERIA

Hasta finales del siglo pasado y bien entrado éste, la preocupación principal de la ingeniería era la utilización de materiales con fines de construcción y producción en distintos niveles industriales y empresariales. Las dos guerras

mundiales, la sofisticación creciente de los ciclos de producción industrial, el crecimiento de las organizaciones lucrativas (firmas), las revoluciones sociales del presente siglo, fueron, entre otros, factores que han cambiado la perspectiva de la ingeniería en el mundo. Adicionalmente la crisis de la ciencia, el surgimiento de la Revolución científico-técnica, convulsionan las bases tradicionales de la Ingeniería.

Surgen nuevas áreas del conocimiento, como la informática, la bioingeniería, las telecomunicaciones, el control, los nuevos materiales, la química fina, la biotecnología, dando lugar a nuevos conceptos y profesiones de la Ingeniería, según el siguiente esquema:

La Ingeniería, hoy en día, aún se desarrolla sobre materiales tangibles. Pero su aproxima-



ción se ha enriquecido, pues trabaja, por ejemplo, sobre las estructuras microscópicas (metalurgia), sobre la cinética de las reacciones químicas con fines industriales (Ingeniería Química), sobre distintas áreas científicas con fines empresariales (robótica, sistemas expertos), sobre las células con fines de producción (bioenergía, biomasa), etc.

Igualmente el radio de acción de la Ingeniería ha ampliado el estudio de ciertas organizaciones sociales, como por ejemplo, la distribución de la fábrica, el estudio del trabajo, la gestión moderna de la empresa, etc. También ha llegado hasta la misma sociedad en cuanto que le compete la planeación, la comunicación digital, la informatización, la robotización de esa sociedad.

Todas estas son razones que llevan a afirmar que la Ingeniería, como la ciencia, está entrando en una nueva era.

LA INGENIERIA DE SISTEMAS HOY EN DIA

En otra oportunidad se presentó un análisis completo del tema. Por ahora se plantea un primer análisis, muy tentativo, según los siguientes puntos:

- 1) El país sigue ampliando su red telemática. Esto dará impulso a las redes de computadores, basadas en minis, supermicros y micros (y en algunos casos maxis).
- 2) Las empresas "grandes" que operan en el país, tienden a seguir un enfoque sistémico, con base en soluciones generales y herramientas de más reciente generación.
- 3) Las empresas pequeñas tienen en las distintas versiones de los PC, una de sus más importantes herramientas para soluciones poco costosas, pero siempre coyunturales, -que no requieren de la más "avanzada concepción de Ingeniería".
- 4) Los distintos sistemas "multimediales e hipermediales" se convierten en la principal tendencia tecnológica con enormes posibilidades en diferentes áreas y disciplinas (ésto reafirma la importancia que tiene actualmente el tratamiento de imagen asistido o ayudado por computador).

5) Las ciencias del conocimiento en sus aplicaciones de Ingeniería de Sistemas expertos o prototipos inteligentes, se están convirtiendo en parte fundamental de la matriz disciplinaria de la Ingeniería de Sistemas.

6) La interrelación entre distintas disciplinas y desarrollos tecnológicos se ha plasmado en lo que podríamos llamar la Informática Industrial (CAD/CAM, CIMS y los ya conocidos robots).

En resumen, con base en los avances propios de los microprocesadores, la Informática ha ampliado el radio de acción y aplicación de los pequeños computadores (PC), que están pasando a ser "estaciones multimediales y de trabajo". Hasta ahora, la investigación operacional había sido utilizada por grandes firmas pero la masificación del computador permite predecir una mayor difusión de dicha tecnología. Desde el punto de vista de la Ingeniería, lo más interesante es la creciente utilización del Enfoque de Sistemas.

LA NUEVA MATRIZ DISCIPLINARIA DE LA INGENIERIA

(El caso Colombiano)

Como ha ocurrido en los países europeos y norteamericanos en momentos sucesivos, la matriz disciplinaria de la Ingeniería ha sido enriquecida según una primera cadena, a partir de la Ingeniería Militar, como a continuación se enuncia:

CIVIL - MECANICA - ELECTRICA

A partir de esa cadena, comenzó un enriquecimiento de la matriz disciplinaria de Ingeniería en este país, según cuatro caminos diferentes pero interrelacionados:

1) La apropiación de todos los desarrollos de la ingeniería al área de la Agricultura (Ingeniería

Agrícola, Ingeniería de Alimentos, etc.).

2) El enriquecimiento mediante la captación de la Química a la matriz ingeniera (i.e. Ingeniería Química).

3) Al interior de la Ingeniería, el fortalecimiento del componente electrónico mueve a la profundización en el tratamiento de señales y controles (dando lugar acá, en Colombia, a la Ingeniería Electrónica).

4) La más reciente elaboración que conjuga el enfoque de sistemas ya mencionado con el tratamiento automatizado de la información, esto es la componente informática (i.e. Ingeniería de Sistemas).

Sin embargo, queda por mencionar un nuevo elemento que ha entrado definitivamente a ser parte de la matriz disciplinaria de la Ingeniería; se refiere a la Biología. Esta disciplina se constituye en la nueva onda tecnológica (la onda del próximo futuro) que ha deparado una nueva nomenclatura, a saber Bioingeniería, Bioinformática, Ingeniería Enzimática, Ingeniería Genética, etc. Igualmente han aparecido vocablos cuya difusión creciente lleva a pensar que se está dando su masificación generalizada.

LA GENETICA: ¿NUEVA INGENIERIA?

Como se da dicho en otros artículos, la genética ha alcanzado plena vigencia como un campo de la ciencia pues está consolidando su paradigma fundamental.

Por otro lado, parece ser que la genética se está convirtiendo en un nuevo campo de la ingeniería, pues los principios genéticos dirigidos por su paradigma central comienzan a aplicarse a gran escala. Es decir, la posibilidad de transferir genes de un organismo a otro es un hecho científico que comienza a desarrollarse con aplicabilidad

en medicina, veterinaria, agricultura, industria o medio ambiente (ver esquema 1).

El hecho científico (o paradigma central), es el hallazgo de la estructura en doble hélice de la sustancia que contiene el mensaje genético (ADN), que lo transmite al ARN, para que luego de una traducción, conforme las moléculas complejas, esenciales al organismo vivo superior. En este proceso intervienen las siguientes entidades genéticas:

1) ADN y ARN: Acido Desoxirribonucleico y Acido Ribonucleico, respectivamente.

2) Enzimas o catalizadores biológicos.

3) Plásmidos o estructuras "enigmáticas", que a menudo pasan de una célula a otra, llevando características específicas de un lado a otro.

4) Bacterias que contienen plásmidos recombinantes; en términos genéticos, aquellas que lo contienen se llaman clones, pues son capaces de producir copias de sí mismas.

Los anteriores son los elementos fundamentales de la genética, que actualmente comienzan a ser trabajados no sólo a nivel de laboratorio, sino a escala de planta piloto, preindustrial e industrial, según cuatro operaciones principales:

a) Obtención del gen específico a partir del cual el microorganismo debe generar el producto que interesa a nivel industrial.

b) Introducción del gen en los microorganismos, por medio de técnicas de clonación, con base en los plásmidos y las enzimas.

c) Inducción del microorganismo para que inicie a escala industrial la producción de la sustancia respectiva.

d) Recolección y almacenamiento del producto.

Luego del anterior resumen, a manera de ilustración, se presenta un ejemplo de cómo la Informática ayuda a describir las configuraciones tridimensionales de los aminoácidos y las enzimas. El punto de partida es la técnica de rayos X mediante la cual, utilizando las leyes de la Física Cuántica, se infiere de qué modo están ordenadas determinadas moléculas. Analizada esta estructura, mediante un trabajo interdisciplinario de investigación, se decide cómo se debería afectar determinada enzima. En este trabajo intervienen Físicos, Bioquímicos e Informáticos. Se utilizan computadores, modelos matemáticos y programas que permiten proyectar en un monitor la representación tridimensional de la estructura de una enzima y calcular de qué modo pequeños cambios en su estructura afectarán sus propiedades. Algo parecido se está haciendo en Biología molecular. Este es un simple ejemplo de cómo la ingeniería está participando en estudios interdisciplinarios a nivel mundial.

BIOINGENIERIA: UN EJEMPLO MAS DE LA NUEVA INGENIERIA

Es una rama de la ingeniería muy reciente, de cuya investigación interdisciplinaria surgen dispositivos que se clasifican en dos tipos: a) Organos artificiales o máquinas que reproducen la función biológica de determinados órganos. b) Biosustentadores que mantienen las exigencias de la vida. Ejemplos de los primeros pueden ser el pulmón de acero o la máquina de diálisis renal. Los segundos son muy útiles en ambientes artificiales y ambientes hostiles (aviones a reacción, viajes interplanetarios).

Evidentemente para el caso de un país como Colombia, la bioingeniería deberá desarrollar principalmente dispositivos adecuados a las

necesidades económicas y tecnológicas, por ejemplo adaptación y mantenimiento de aparatos médicos, aparatos de medida de variables presentes en el comportamiento orgánico, aparatos de rehabilitación, prótesis, etc.

En el país ya se han dado algunos desarrollos que podrían ampliarse para presentar alternativas de solución a los urgentes problemas de salud (por ejemplo en la Facultad de Ingeniería).

CONCLUSIONES

1. La actual revolución científica está influyendo poderosamente en las distintas matrices disciplinarias, particularmente en el caso de la Ingeniería. Como ejemplo se menciona la incidencia que tiene la Física Cuántica en la interpretación de la Química Orgánica como disciplina básica de los procesos químicos a nivel industrial (lo que incluye la Biotecnología).

2. El impulso de las organizaciones particulares (empresas) y los proyectos que implican desarrollos de ingeniería han incidido en su matriz disciplinaria. **Puede afirmarse que la gestión moderna, y la de proyectos y de las organizaciones, constituyen un importante campo de acción de la ingeniería.** Igualmente se extiende esta afirmación al caso de la planeación, la prospectiva, la calidad total, el enfoque de Sistemas, etc.

3. Además de las consideraciones sobre recursos físicos, financieros y humanos, una reforma curricular en las ingenierías debe analizar cuidadosamente los distintos aspectos que se deducen de los dos puntos anteriores.

4. Se enfatiza la importancia de las variables socioeconómicas y políticas en el análisis interdisciplinario sobre la ciencia y la tecnología. Para el efecto, podría considerarse, por ejemplo, la vinculación del Centro de Estudios Políticos a los análisis sobre la tecnología. Estudios similares a los enunciados ya se han dado en los países "avanzados" (MIT, UMIST, SUSSEX, etc) y en otros países latinoamericanos (UNAM, universidades brasileras, etc).

5. Es necesario abrir un espacio de reflexión sobre los temas descritos en este ensayo; para poder tomar las decisiones acerca de las acciones académicas que deberán realizarse para formar al ingeniero de la primera década del próximo milenio como continuación del camino de reforma emprendido por la Facultad de Ingeniería, dentro de la Universidad, (el cual parece está apenas en sus comienzos), en el manejo de nuevos "medios de enseñanza", en el cambio de actitud, en la financiación para invertir en recursos físicos, y humanos entre otros aspectos.

6. En la Facultad se han hecho unos primeros intentos de reflexión sobre la nueva era de la ingeniería en sus distintos departamentos. Vale la pena mencionar los trabajos sobre equipo médico en Ingeniería eléctrica, mecánica y sistemas. Estos primeros intentos tienen un gran significado: es imprescindible explorar, analizar e impulsar estas áreas de trabajo en la Facultad de Ingeniería mediante foros, nuevas asignaturas (obligatorias y electivas), nuevos cursos de educación continuada, nuevas propuestas de investigación y desarrollo.