

La importancia de la implantación de un área disciplinaria en ingeniería de los sistemas industriales

Carlos E. Escobar Toledo*

Introducción

Objetivo

El objetivo de este trabajo es presentar la importancia de un área disciplinaria en Ingeniería de los Sistemas Industriales a nivel de posgrado, la cual estaría dirigida principalmente a egresados de escuelas o facultades de Ingeniería y a los interesados en la implantación de estrategias competitivas en empresas y/u organizaciones.

Si la competencia científica y técnica constituye el fundamento primordial de la acción de un recién egresado de las escuelas de nivel superior, le resulta igualmente necesario adquirir ciertos conceptos y herramientas acerca del funcionamiento de los sistemas industriales y del entorno económico en el cual se desempeña. Principalmente deberá concebir, planear, conducir una unidad de producción, presupuestar y administrar los gastos, llevar a cabo estudios de inversión, desarrollar estrategias de desarrollo tecnológico. Le será requerido también dialogar con los responsables de otras funciones (finanzas, mercadotecnia, recursos humanos, investigación y desarrollo ...). En efecto, los egresados de las escuelas de nivel superior deben confrontar hoy día la dispersión de las funciones: la gestión de recursos, de la calidad, del personal, de los impactos ambientales, ya no son centralizados en un servicio específico por área, sino que se convierten en responsabilidades descentralizadas en la organización de la empresa, ya que su actividad está concebida por proyectos (Ackoff, 1981).

Es entonces claro que las bases teóricas sobrepasan el marco de conocimientos científicos y técnicos, y que se debe visualizar más que una adición de contenidos pura y simple en el *curriculum* académico, la formación como una preparación en el dominio de procesos y sistemas complejos. Es así que la

concepción y la conducción de un sistema técnico requiere no solamente la integración de conocimientos técnicos, sino también del dominio y la coordinación de conocimientos económicos, organizacionales y sociales.

El concepto de sistema y su aplicación a las nuevas formaciones

Definición de sistema

Un sistema es un conjunto de elementos interrelacionados, organizados en función de un objetivo o de una meta e inmersos dentro de un entorno.

Las propiedades de los sistemas son (Le Moigne, 1977)

- Ser coherente: elementos interrelacionados.
- Ser autónomo: abierto sobre el entorno.
- Tener finalidades: nociones de teleología, acronía.
- Ser activo: noción de sincronía.
- Evolucionar: noción de diacronía.

La definición de sistema, tiene interés cuando se le sabe identificar dentro de un conjunto significativo de fenómenos. En efecto, el área disciplinaria en ingeniería de los sistemas industriales contiene explícitamente la noción de sistema, toda vez que representa un conjunto de conocimientos que tienen por objeto practicar una metodología común a toda identidad que responda a la definición de organizar conceptos con la finalidad de servir de marco de referencia para una modelación de la realidad.

La empresa como sistema

La intervención de la noción de entorno, y sobre todo de un entorno complejo e incierto, permite precisar los tipos de sistemas que se pueden encontrar. En el posgrado que se propone nos hemos querido interesar en sistemas abiertos y finalizantes, donde se toman en consideración todas las interacciones, todos los efectos posibles del entorno, modificando su estructura y previendo su entorno, y pudiendo ser a su vez modificados por la acción del sistema (figura 1).

* Departamento de Ingeniería Química.
Facultad de Química, UNAM.

Recibido: 4 de diciembre de 2001; **aceptado:** 3 de junio de 2002.

La pertinencia de la aplicación del concepto de sistema en la empresa se debe a la importancia de los cambios en las condiciones de su actividad. Estos cambios proceden de un doble fenómeno de complejidad: para responder a la complejidad creciente de los entornos, la empresa ha sido llevada a incrementar la complejidad de su estructura, caracterizada por las nuevas lógicas de funcionamiento, cada vez más adaptables, así como nuevos modelos de administración. Es por eso que:

La emergencia de las presiones de naturaleza económica y de competitividad conduce a la empresa a diferenciar su estructura haciendo una clara distinción entre la función de producción, la función financiera, la función comercial y la función tecnológica, buscando siempre asegurar la comunicación entre estas funciones. Se trata de poner en marcha y planear las adaptaciones estructurales y operacionales en función de los parámetros del entorno (Bean, 1995).

La exigencia creciente de adaptabilidad y de movilidad requiere del paso de un nivel de seguimiento, conducción y control de la gestión y la planeación, al de la estrategia, donde se trata de poner en marcha la capacidad de adaptación estructural y de cambio con respecto a un entorno que evoluciona y que es difícilmente previsible.

De este hecho la empresa realiza un equilibrio entre sus finalidades y las respuestas del entorno, y por este medio integra su capacidad para informarse, comunicar y adaptarse a las nuevas condiciones del ejercicio de sus actividades.

El sistema-empresa es a la vez sistema de producción o de transformación, y sistema de adaptación o de mantenimiento, regulación o equilibrio, y sistema de comunicación o de vinculación. Empezar no es entonces sólo organizar para producir, sino disponer de una organización por **proyectos**, que le permita al mismo tiempo **producir, innovar, adaptarse a los cambios tecnológicos, y comunicar**.

El área disciplinaria en Sistemas Industriales debe basarse en los fundamentos de la Teoría de Sistemas, pero no podría existir aisladamente sin el recurso de campos disciplinarios adyacentes. Una comparación entre el enfoque analítico y sistémico se presenta en la tabla 1 (Escobar, 1996).

Esta área se apoya en los conocimientos, métodos y herramientas especializados en las ciencias exactas, ciencias económicas y de administración, así como ciencias sociales, que aplica y pone en marcha para modelar, especificar y evaluar tales sistemas, y predecir su evolución (Flood, 1992).

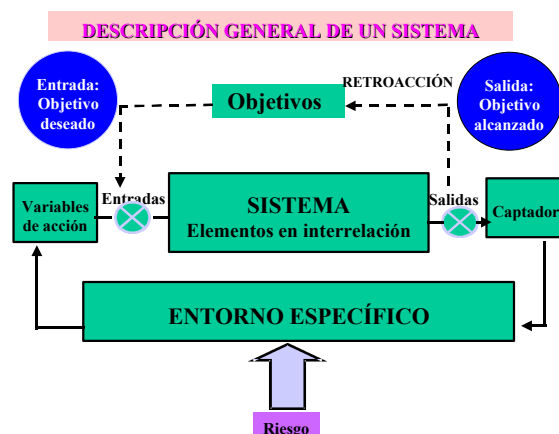


Figura 1. Descripción genérica de un sistema.

Asimismo, esta disciplina, contempla un enfoque transversal para mejorar la competitividad de la empresa, principalmente en la noción del **ciclo de vida de un producto, de un proceso o de una tecnología**, que no son específicos de campos sectoriales, ni de dominios científicos o técnicos particulares (Oliga, 1992).

Ingeniería de sistemas industriales

Cuando el sistema controla la influencia que ejerce sobre su entorno, se adapta y determina el flujo que produce así como la acción que ejerce sobre aquél, todo ello mediante el mecanismo de retroalimentación, se está en presencia de Sistemas Industriales (SI), disciplina referente a la concepción, la realización, la instalación, la explotación y el mejoramiento de los sistemas integrados y, por tanto, complejos, poniendo en juego hombres, materiales, equipos, energía, procesos e información. Se apoya en conocimientos, métodos y herramientas especializadas en matemáticas, física, química, ciencias de la ingeniería

Tabla 1. Características del enfoque analítico y del enfoque sistémico.

Enfoque analítico	Enfoque sistémico
División de un todo para facilitar el análisis.	División e integración, análisis y síntesis.
Estudio de las partes.	Estudio de las partes o de sus interrelaciones.
Tendencia microscópica, atención puesta en los detalles	Tendencia macroscópica; el aspecto global precede al examen de los detalles.
Aplicación, si las partes son relativamente independientes. Riesgo de suboptimación	Aplicación si las partes son interdependientes. Posibilidades de optimación del conjunto.

ría, ciencias económicas y de gestión, ciencias sociales, etcétera, que aplica y pone en marcha para modelizar, especificar y evaluar tales sistemas, y así predecir su evolución, teniendo en cuenta un entorno siempre incierto (figura 2).

En ésta, los recursos humanos, materiales, tecnológicos y financieros se transfieren a los clientes (que constituyen la demanda de bienes y servicios) a través de empresas con mercados en competencia, utilizando procesos de fabricación y proveedores de materias primas y servicios que en realidad agregan valor a los recursos que satisfarán las necesidades de los consumidores (los clientes).

Comportamiento, estructura, función y evolución de los sistemas y su relación con el posgrado en Sistemas Industriales

A continuación se presentan ciertas características de los sistemas, tales como comportamiento, estructura, función y evolución, relacionándolos con la formación que se propone.

- El **comportamiento** constituye el conjunto de reacciones posibles a las influencias exteriores de un sistema dinámico o de un elemento del sistema mismo. La definición de comportamiento está dada por el conjunto de valores posibles que las dimensiones de las salidas del sistema pueden tomar interdependientemente, con los valores posibles de las dimensiones de las entradas y de los estados internos posibles.
- El concepto de **estructura** explica a la vez el

funcionamiento de la evolución del sistema. Se trata, entonces, de la especificidad de una propiedad de “totalidad” del sistema, que se manifiesta como el conjunto de los elementos que lo componen, al mismo tiempo que el conjunto de las relaciones existentes, por una parte entre estos elementos, y por otra, entre el sistema y su entorno (Porter, 1987).

- La **función** es la capacidad de un sistema para poner en marcha un cierto modo de acción, un comportamiento determinado: esta capacidad se determina, a su vez, por la estructura del sistema y por los acoplamientos entre sus elementos. La función del sistema se distingue así de la de la finalidad, que traduce el hecho de que un sistema sigue una **trayectoria óptima** para alcanzar una meta que corresponde a su necesidad de mantener su existencia o un cierto equilibrio entre necesidades y recursos.
- La **evolución** proveniente de la transformación necesaria de todo sistema, tanto como consecuencia de las interacciones con el entorno como del hecho de las reestructuraciones internas, está implícita por el ejercicio de sus funciones.

Para comprender más adecuadamente las características antes mencionadas, en la tabla 2 se proporciona un ejemplo de la génesis de la disciplina con respecto a las presiones de naturaleza económica sobre la organización.

De acuerdo con dicho ejemplo, la formación propuesta en Ingeniería de los Sistemas Industriales (ISI) la coloca en una posición privilegiada en términos de metodología y de otras disciplinas de las que se auxilia, haciendo uso de los enfoques transversales con respecto a dominios funcionales. Asimismo, se considera que es importante impulsar la capacidad de las organizaciones para adaptarse a la complejidad intervinculando los problemas. Con ello, la Ingeniería de los Sistemas Industriales se vincula, entre otras disciplinas, con:

- La **tecnología**, para actuar sobre la naturaleza, los hombres y la sociedad, y sobre las formas de producción y de consumo. Para la empresa, el objetivo esencial es conseguir que la tecnología proporcione a la sociedad el mayor valor posible, es decir la mejor cadena de valor. Para concebir y fabricar un producto o servicio, la empresa-sistema recurre a ciencias específicas: química, termodinámica, mecánica, informáti-



Figura 2. Descripción genérica de un sistema-empresa en términos del posgrado de Sistemas Industriales.

Tabla 2. Génesis del posgrado en Ingeniería de los Sistemas Industriales con relación a las presiones de naturaleza económica sobre la organización de una empresa.

Naturaleza de la presión	Respuesta	Ejemplo de las disciplinas predominantes	Característica
No hay producto.	Investigación y desarrollo + tecnología = producto + racionalización técnica.	Química e Ingeniería Química.	Comportamiento (creación de ideas).
Insuficiencia cuantitativa de productos.	Procesos de fabricación + racionalización económica.	Ingeniería de Procesos.	Estructura y función.
Competencia, búsqueda de ventajas: —Disminución de costos. —Servicio al cliente. —Tendencia hacia la reactividad.	Sistema de producción + interacción creciente de los entornos.	Ingeniería Industrial; Ingeniería y Administración de Proyectos.	Función.
Aumento de la presión competitiva; Búsqueda de ventajas competitivas: —Calidad global. —Reactividad organizada. —Nuevas tecnologías.	Sistemas industriales integrados.	Sistemas Industriales.	Evolución.

ca, procesos, gerencia de proyectos, gestión, economía, etcétera, pero todas se relacionan entre sí para confrontar la misma realidad: la de la **complejidad**.

- Las **ingenierías**, principalmente la de procesos, utilizando conceptos y métodos específicamente adaptados a la naturaleza del producto o del servicio, a fin de optimar el **valor** de la producción.
- La **ingeniería industrial**, que de manera específica se preocupa de analizar, optimar y controlar el ciclo de vida del producto, tecnología o servicio de una empresa-sistema. No obstante, este ciclo de vida confronta siempre a un entorno incierto y muchas veces impredecible.

En la figura 3 se presenta esquemática la intersección de varias disciplinas que coadyuvan al objetivo de la ISI. Por ello, la síntesis de la ISI es, entonces, **interpretar, para anticipar y actuar**.

Ejes de interés del área disciplinaria en sistemas industriales

Los ejes de interés de esta área disciplinaria, son los siguientes (Umeda, 1982):

- Ciencias de la Ingeniería Química.
- Ciencias para la innovación y la administración de la tecnología.
- Ciencias para la administración de la empresa, principalmente análisis y prospectiva estratégica.
- Ciencias de la Información para la toma de decisiones, la inteligencia (vigilancia) científica y tecnológica.

- Sistemas de Calidad y de Normatividad.
- Investigación de Operaciones. Métodos matemáticos para la toma de decisiones: teoría de decisiones y métodos multicriterio.

En la figura 4 se presenta la interrelación de los tres primeros ejes.

Concepción del área disciplinaria en sistemas industriales

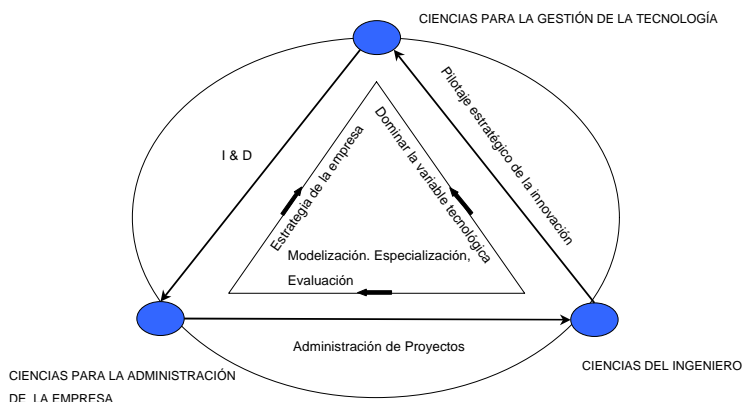
Por su concepción de sistema integrado, esta área disciplinaria se enfocará a dominar la complejidad, recurriendo a:

- **Ciencias de Ingeniería**, que permiten al ingeniero crear o modificar los sistemas complejos,



Figura 3. Vinculación de la Ingeniería de los Sistemas Industriales con otras disciplinas.

INGENIERÍA DE SISTEMAS INDUSTRIALES
(Basada en los fundamentos de la Teoría de Sistemas)



OBJETIVO DE LA ISI: INTERPRETAR PARA ANTICIPAR Y ACTUAR

Figura 4. Ingeniería de los Sistemas Industriales.

dominando convenientemente la variable tecnológica para integrarla de manera óptima a los ambientes científico, económico, social y ecológico.

- **Ciencias para la gestión de tecnología**, que permiten centrar la variable tecnológica, sobre tres dimensiones:

- Una dimensión secuencial de la fase de innovación, que va de la expresión de la estrategia de la empresa, a la realización concreta de un producto o servicio nuevo, tomando en consideración las fases de gestión del proyecto (desarrollo, industrialización, lanzamiento comercial, etcétera).
- Una dimensión sistémica, que concierne a los flujos de información y de comunicación, así como los procesos de decisión en la empresa.
- Una dimensión estratégica que busca la identificación de las relaciones y de las estrategias de los actores, lo que requiere de su identificación y detección, de objetivos, de recursos, de restricciones, de incertidumbres dominadas y de formas distintas de poder y liderazgo. En lo que respecta a la alerta tecnológica, las auditorías y las capitalizaciones del saber hacer y de la información deben llevar a un programa dinámico de Investigación y Desarrollo Tecnológico (IDT) (figura 5).

- **Ciencias para la administración de la empresa, basadas en la modelización sistémica.** Tienen como objetivo detectar todo fenómeno complejo a modelizar, por una parte el sistema de

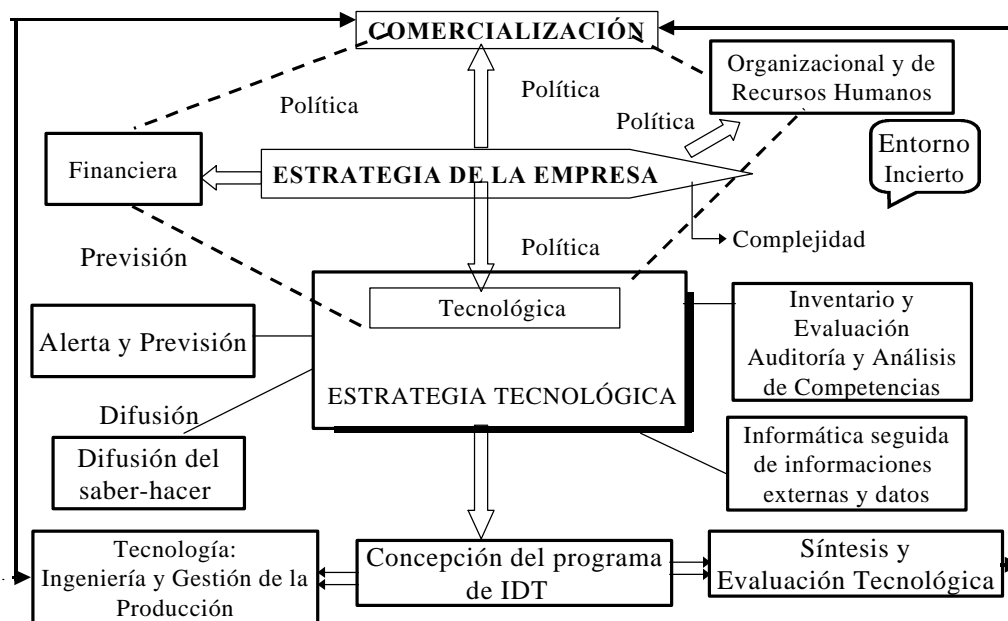


Figura 5. El sistema-empresa: relación entre la estrategia de la empresa y la estrategia tecnológica.

información y las memorizaciones de la información de la empresa, y por otra parte, el sistema de decisión que comprende la formulación de objetivos, la elaboración de decisiones y la coordinación interna de la empresa.

El desarrollo de una **organización por proyectos** puede considerarse como un sistema con una relación circular de los tres subsistemas donde se lleva a cabo una triangulación: el primero está formado por una etapa hacia atrás en el ciclo de vida: la generación de una idea, la cual tendrá necesidad de la IDT. El segundo subsistema está constituido por la Ingeniería de Proyectos, para dirigir los proyectos desde el punto de vista operacional. Finalmente, el tercer subsistema está formado por los conceptos relacionados con la Ingeniería Industrial y con los principios fundamentales de la administración para mejorar el comportamiento del conjunto en la empresa.

Morfología de la ingeniería de sistemas industriales

La Teoría de Sistemas ha contribuido de manera importante a proporcionar la base teórica de la ISI, existiendo tres dimensiones que se describen a continuación.

Estas dimensiones se refieren a la secuencial (secuencia de actividades) y a la sistémica (etapas para resolución de un problema) que sirven de cuadro teórico para articular los conocimientos (las disciplinas). La combinación de las primeras dimensiones tiene por objeto el diseño de una matriz de actividades que muestra la metodología de la ISI, la que se vuelve en realidad una dimensión estratégica. Esta última sirve para definir y organizar el campo de actividad, independientemente de las disciplinas existentes por sí mismas.

De acuerdo con el sistema por proyectos que se propone, el área disciplinaria en Sistemas Industriales debe tomar en cuenta un sistema jerárquico de decisiones desde el cual se controla (figura 6):

- Un subsistema de conducción.
- Un subsistema de información.
- Un subsistema operacional.

En una organización, la práctica actual es modelar a la empresa por **proyecto**, considerándolo como la célula de la organización de donde provendrá la necesidad de tomar decisiones; en este caso, el tomador de decisiones actuará preguntándose ya no cuál

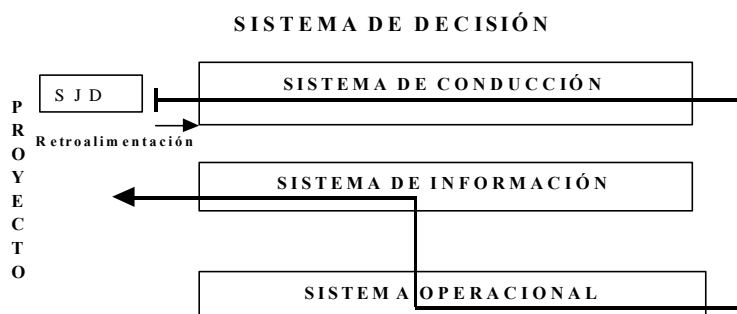


Figura 6. Sistema jerárquico de decisiones.

es el problema, sino cuál es el proyecto, no contentándose con proyectos reductivos ni buscando las aplicaciones conocidas, sino haciendo explícitas las finalidades implícitas acordes con su planeación estratégica.

Los sistemas de decisión de la empresa moderna presentados en la figura 6, consisten de un sistema jerárquico de decisiones (SJD), de un sistema de conducción, de un sistema de información y todos éstos, interconectados para lograr una retroalimentación al proyecto de la empresa.

- El sistema operacional tiene como función la transformación de insumos y de productos. Este sistema comprende los recursos y un conjunto de operaciones de transformación requeridas para realizar, a partir de los insumos y los recursos, el producto terminado. A fin de que este sistema pueda funcionar eficazmente, debe hacerse un seguimiento y debe ser controlado.
- El sistema de conducción comprende un conjunto de actividades de planeación, coordinación, previsión, seguimiento, controles iterativos y aseguramiento de la calidad. La responsabilidad de cada una de estas actividades de conducción es compartida y formalizada en el sistema jerárquico de decisión (SJD).
- El sistema de formación se considera como el sistema nervioso del sistema propuesto, ya que reúne entre sí a las partes de un sistema, así como este sistema a otros más. Es gracias al sistema de información que se puede poner en práctica el enfoque sistémico.

Como el sistema-empresa, esta área disciplinaria se compone de cinco subsistemas principales. Genera "proyectos", que se convierten en la parte más detallada de su estructura jerárquica.

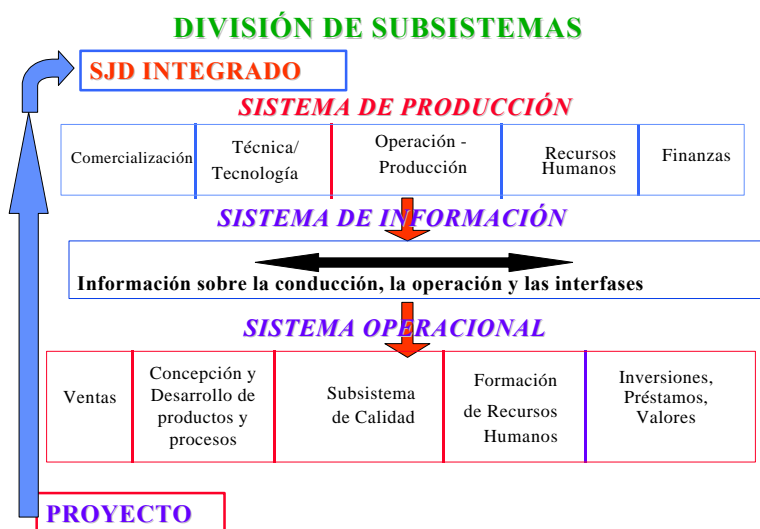


Figura 7. División por subsistemas

- El subsistema Mercadotecnia, que define lo que debe ser producido, en qué cantidad, por cuáles periodos de tiempo y para cuáles mercados, tiene enseguida la responsabilidad de distribuir y vender los productos a precios que aseguren la rentabilidad de la empresa.
- El subsistema Técnica/Tecnología (I&D, Ingeniería y Gestión de Proyectos, Ingeniería de Procesos), se ocupa de concebir y manufacturar los productos a través de los procesos necesarios para realizarlos.
- El subsistema Operación-Producción adquiere insumos y productos, y los transforma en otros productos que pueden ser a su vez insumos de otros procesos.
- El subsistema Finanzas es el responsable de la adquisición de los capitales necesarios para la inversión, la producción y la venta de los productos.
- El subsistema Recursos Humanos es responsable de la contratación y la formación de estos recursos, requeridos para producir y vender los productos.

La comunicación entre actividades es indispensable, ya que los actores que las realizan son diferentes, y requieren intercambiar los modelos; es importante, entonces, a fin de asegurar la calidad de la concepción, establecer los lazos formales entre los diferentes útiles de modelización.

El conjunto de subsistemas se puede observar detalladamente en la figura 7.

Estructura básica de los sistemas industriales

Teoría de Sistemas, basada en cuatro preceptos

Para entender la estructura de la Ingeniería de Sistemas, presentamos a continuación los cuatro preceptos en los que ésta se basa, los cuales son los preceptos fundamentales de la Teoría General de Sistemas.

Pertinencia: Convenir que todo objeto se define con relación a las intenciones implícitas o explícitas del observador. Nunca prohibirse ni poner en duda esta definición; si las intenciones se modifican, la intención que se tenía del objeto se modifica.

Globalismo: Considerar siempre al objeto como una parte inmersa y activa en el seno de un gran todo. Percibirlo primero globalmente en su relación funcional con su entorno sin preocuparse de otra medida que de establecer una imagen fiel de su estructura interna, cuya existencia y unidad no serán jamás tenidas por adquiridas.

Teleología: Interpretar el objeto no por él mismo sino por su comportamiento, sin buscar explicarlo *a priori* por alguna ley implicada en su estructura. Más bien, comprender este comportamiento y los recursos que éste moviliza con relación a los ‘proyectos’ que el observador atribuye al objeto.

Agregatividad: Convenir que toda representación es simplificadora. Buscar agregados que sean tenidos como pertinentes y excluir la búsqueda exhaustiva de los elementos a considerar.

Por lo que el sistema se define como se ilustra en la figura 8.

a) Objeto de la Teoría de Sistemas

La Teoría de Sistemas resulta de la evolución del pensamiento científico y constituye una integración de las diferentes teorías científicas existentes.

Toma su valor en el dominio de la complejidad. Trata de ser efectiva en el campo de los proyectos, en las decisiones, en las realizaciones técnicas poniendo énfasis en la percepción, la aprehensión, la comprensión y la explicación de procesos complejos.

Esta teoría tiene también por objeto construir modelos, imágenes aproximadas de la realidad, sólo que en este caso, si el modelo da cuenta perfectamente del conjunto del fenómeno en todos sus aspectos y principalmente en lo que se refiere a su evolución, se dice que hay “isomorfismo”; si existe alguna degradación de lo real, de lo observado, lo que probablemente es el caso general, se dice que hay “homomorfismo”. En una visión sistémica, éste último no representa forzosamente un defecto, puede ser inclu-

**CONJUNTO DE OBJETOS ORGANIZADOS EN FUNCIÓN DE UNA
META E INMERSO EN UN ENTORNO**

- ser coherente
- ser autónomo
- tener finalidades: teleología, acronía
- ser activo: sincronía
- ser evolutivo: diacronía

“...existe por lo tanto una relación circular entre los tres aspectos que son la base de los sistemas: las estructuras cambian un instante cuando éstas funcionan, pero cuando este cambio es tan grande que es necesariamente irreversible, un proceso histórico se desarrolla, dando lugar a una nueva estructura”

**UN SISTEMA NO LIMITADO POR OBJETIVOS ES
INDEFINIBLE**

Figura 8.

sive una cualidad. Así, la degradación de la realidad, debe encararse voluntariamente dentro del objetivo de permitir una inteligencia del fenómeno.

La planeación estratégica y la necesidad de evaluar proyectos

a) La planeación estratégica

Ackoff (1981) menciona que “la planeación estratégica se refiere a la utilización del conocimiento y capacidad del ser humano para diseñar el futuro deseado, indispensable cuando se pretende involucrar a un conjunto de decisiones que corresponden a las características de una misión, y a la interrelación de ésta con los objetivos y metas de la propia organización y determina hacia dónde la organización debe dirigirse para que todos los esfuerzos puedan apuntarse hacia esa misma dirección”. La planeación estratégica es la función más importante de aquellos que están designados como los responsables de tomar las decisiones clave.

El propósito básico de la planeación estratégica se centra en la formulación y desarrollo de la mejor estrategia que conduzca al logro de las metas de la organización (crecimiento en la rentabilidad y ganancias, penetración en el mercado, productividad, satisfacción del cliente y el empleado, imagen, etcé-

tera) y de sus programas de acción que las soporten. El proceso clásico de la planeación estratégica obedece a una metodología simple y lógica:

La *visión* se refiere a la categoría de intenciones generales que describen las aspiraciones para el futuro sin especificar los medios para alcanzar los fines deseados.

La *misión* identifica los conceptos básicos de la organización y lo que la distingue de otras. Provee un punto focal para identificar los propósitos de la organización, la razón de su existencia. La misión debe desarrollar una filosofía común en la que toda la gente dentro de la organización pueda identificarse.

Las *metas* son aquellos fines que se esperan alcanzar dentro del periodo de tiempo que se representa por el horizonte de planeación. Una definición operacional es una explicación de algún concepto que es lo suficientemente concreto como para permitir realizar una acción específica.

Los *objetivos* son las definiciones operacionales de las metas, describen en términos precisos lo que debe de ser realizado para alcanzar las metas. Los objetivos poseen las siguientes características: deben ser cuantificables e incorporar la dimensión del tiempo y deben de reducir los conflictos y malos entendidos en los miembros de la organización.

Ciencias para la gestión de la tecnología

La complejidad del sistema tecnológico es característico del contexto industrial actual de las empresas y de las organizaciones. Más allá de la aceleración continua del progreso tecnológico, las interdependencias crecientes entre técnicas y procesos definen la especificidad de los cambios y rupturas tecnológicas presentes que afectan tanto la evolución de los procesos y por lo tanto de los procedimientos de fabricación, como el desarrollo de los productos y de los mercados a los cuales serán destinados. Es similar a lo que ocurre con las informaciones externas estratégicas: alerta tecnológica y análisis de la conducción estratégica, así como las informaciones internas patrimoniales: gestión y capitalización del saber, del saber hacer, y de las competencias (auditoría tecnológica). Pero para que todo esto funcione, es necesario tener en cuenta la adquisición y la gestión de la información: modelación y simulación, sistemas de ayuda a la decisión, etcétera.

Ciencias para la administración de la empresa

El crecimiento de la dimensión estratégica de la empresa tiene el interés de una articulación secuencial por fases, con la gestión de la tecnología, y con los servicios de mercadotecnia de ésta. Esto representa la necesidad de estudiar los diferentes aspectos de los sistemas de información y de toma de decisiones al interior de la empresa, sabiendo que una estrategia se dirige hacia la adaptación de uno o varios entornos, una vez tomada la decisión que conciernen a los objetivos y los medios para alcanzarlos. La reactividad por adaptación o por anticipación justifica el análisis y la gestión de los riesgos.

Perfil de un ingeniero en Sistemas Industriales

Debido a que el concepto de *Sistemas Industriales* se caracteriza por conocimientos en continua evolución y propensa a un crecimiento que no cesa, los egresados del posgrado en Sistemas Industriales:

- adquirirán el conocimiento profundo y actualizado en el campo de conocimientos que hayan cursado;
- dominarán la habilidad de los métodos y técnicas fundamentales, teóricos y prácticos, de su campo disciplinario;
- serán capaces de apoyar el desarrollo de estudios y proyectos de investigación en sistemas industriales;
- manejarán de manera crítica la información científica y técnica de fuentes de actualidad en sistemas industriales;
- estarán capacitados para desempeñarse como

profesionales de alta calidad, en virtud de su solidez conceptual y sus habilidades, colaborando en una organización para actuar transversalmente en los diferentes aspectos en que dicha organización se conceptualiza en sus interacciones internas y con su entorno;

- adquirirán el concepto de transdisciplinariedad, de integración de recursos, de evolución del saber hacer y contarán con el binomio tecnología-administración.

Por lo anterior, un egresado del posgrado en Sistemas Industriales habrá adquirido los elementos suficientes para actuar en términos de:

- una gran adaptabilidad en materia del saber cómo y del saber hacer;
- una gran facultad para actuar como un especialista en conocer las interfases y, por lo tanto, de integrador;
- una gran capacidad de coordinación y de trabajo en equipo;
- una gran capacidad de comunicación;
- una excelente capacidad de iniciativa y de creatividad;
- una fuerte iniciativa de capacidad de trabajo en tareas múltiples;
- una gran capacidad de tomar decisiones o de inducir las en un futuro incierto;
- un buen juicio para analizar los riesgos asociados al proyecto que éste dirige.

Conclusiones*La transversalidad, pluridisciplinariedad y polivalencia de las profesiones*

En realidad, lo que alimenta la idea misma de universidad en todo el mundo es la de la pluridisciplinariedad que, a través de interrelaciones entre los diferentes campos del conocimiento, se pueden interesar de la misma manera en las ciencias humanas que en las ciencias básicas, las ciencias del ingeniero, las ciencias económicas y de gestión, las ciencias políticas y sociales y tantas otras, en un mismo lugar de encuentro y de reunión.

Esto último permite, por una parte, organizar la transversalidad y, por otra, crear interfases en las fronteras, de los campos disciplinarios. Parece claro que es en estas fronteras que el progreso avanza de la manera más significativa. Hay varios ejemplos sobre los campos disciplinarios que en las interfases de sus conocimientos han crecido considerablemente. Tal es el caso, por ejemplo, de la biotecnología y de la Ingeniería de Sistemas Industriales.

Aparte de este interés en la transversalidad, el hecho de hacer interactuar a diferentes disciplinas, no solamente en un claustro único, sino también con estrechas interrelaciones entre ellas, tiene un interés sociológico muy importante. En efecto, nuestras formaciones universitarias proporcionan a menudo, una coloración social o política particular, que luego se refleja en la actividad profesional.

Es por ello que un equilibrio universitario debe integrar las diferentes componentes de la sociedad y no puede representar una ínsula de pensamientos homogéneos en el interior de un mundo cuya forma de pensar es heterogénea y es por necesidad compleja por definición, ya que combina las diferentes corrientes del pensamiento universal y no es discriminante. Es, por el contrario, abierta, diacrónica, sincrónica y finalizante.

Por último, el interés de la pluridisciplinariedad en sistemas industriales es también permitir mezclar los enfoques teóricos con los de las especialidades de campos fundamentales. La mezcla de culturas, de opiniones y de enfoques teóricos y prácticos proporciona la riqueza de la universidad y hace que ésta se integre a la sociedad que la rodea, sin los perímetros establecidos por el nombre de cada una de nuestras disciplinas por separado, lo que daría como resultado la polivalencia de nuestros egresados, con el objetivo de responder a las necesidades socioeconómicas e industriales de nuestro país y a la realidad internacional que nos envuelve.

No debe perderse de vista que uno de los objetivos más importantes de una universidad, continúa siendo la formación profesional de nuestros jóvenes, integrando la enseñanza con la investigación; las dos, de calidad susceptible de irrigar la preparación transversal, pluridisciplinaria y polivalente. Pero la investigación tiene necesidad de expandirse con la condición de crear tecnologías articuladas con las necesidades de nuestra industria, sin perder los cimientos de carácter básico que le proporcionan las ciencias «puras y duras».

Diversificar nuestra enseñanza y nuestra investigación para que éstas se vuelvan más pluridisciplinarias y polivalentes; conservar la idea de la transversalidad conlleva al posgrado que se propone; es decir, a un campo disciplinario capaz de aplicar el pensamiento sistémico; capaz de pensarse en su complejidad interna y en sus dependencias externas, y de construir un panorama global del entorno socioeconómico e industrial para proponer, entonces, líneas de acción coherentes.

Es por ello que el área disciplinaria en Ingeniería de los Sistemas Industriales debe estar concebida justamente en la transversalidad y la polivalencia y, por lo tanto, en la pluridisciplinariedad. ■

Agradecimientos

El autor agradece al estudiante de la maestría en Ingeniería y Administración de Proyectos, Baruch López García, por sus críticas y aportaciones al presente trabajo.

Bibliografía

- Ackoff, R.L. *Creating the Corporate Future*, Wiley, New York, 1981.
- Bean, S. Alden. Why some R&D Organizations are more productive than others. *Research Technology, Management*. January-February, 1995.
- Bertalanffy, L. von. *General System Theory, foundation, development, applications*. G. Brazillier, New York, 1968.
- Checkland, P.B. & Scholes, J. *Soft Systems Methodology in Action*. J. Wiley Chichester, New York, 1990.
- Churchman, C.W. *The Design of Inquiring Systems. Basic Concepts of Systems and Organization*. Basic Books, New York, 1971.
- Churchman, C.W. *The system approach*. Dell Publishing Co, New York, 1968.
- Daellenbach, Hans G. *Systems and Decision Making: A Management Science Approach*. J. Wiley, New York, 1990.
- Escobar, T. Carlos. *Le génie des Systèmes Industriels: Objectifs Pédagogiques*. Documento de Trabajo. Institut National Polytechnique de Toulouse, 1996.
- Flood, R.L. & M.C. Jackson, (eds.) *Critical Systems Thinking. Directed Readings*. Wiley, Chichester, New York, 1991.
- Flood, R.L. Carson E.R. *Dealing with Complexity: An Introduction to the Theory and Application of Systems Science*. Plenum. New York, 1992.
- Flood, R.L. & M.C. Jackson, *Creative Problem Solving: Total Systems Intervention*. J. Wiley, New York, 1997.
- Le Moigne, J.L. *La modélisation des systèmes complexes*. Dunod, Paris, 1980.
- Le Moigne, J.L. *La théorie du Système Général: théorie de la modelisation*. Presses Universitaires de France. Paris, 1977.
- Morell, J.A. Integrating technological change into planning: the case for an interdisciplinary prospective. *Elsevier Sc. Ltd. Socio-Econ. Plan. Sc.*, 29. 219-226, 1995.
- Oliga, J.C. Power, *Ideology and Control: A Critical Systems Perspective*. Plenum, New York, 1992.
- Porter, M. *Ventaja competitiva*. C.E.C.S.A., México, 1987.
- Rothwell, R. Issues in user-producer relations in the innovation process. *Int. J. of Technology Management*, 9, 5/6/7, 1994.
- Rudd, Dale F. & Charles Watson. *Strategy of Process Engineering*. J. Wiley. New York, 1988.
- Umeda, Tomio. Systems approach and computer applications in Process Engineering. *Lat.am. j.chem.eng.appl.chem.* 12, 77-88, 1982.
- Wilson, B. *Systems: Concepts, Methodologies and Applications*. J. Wiley Chichester, New York, 1984.
- Willenbrock, F.K. Engineering education in USA, a developing system. *Academia Mexicana de Ingeniería, A. C.* II, 255-266, 1995.