

Herrera Jiménez, Rodolfo. *Crítica al modelo ortodoxo de la enseñanza de la ingeniería e ideas para su modificación*. Tecnología en marcha. Vol. 10, no. 1. 1990. p. 3-16.

CRITICA AL MODELO ORTODOXO DE LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA E IDEAS PARA SU MODIFICACION

Rodolfo Herrera Jiménez*

RESUMEN

A partir de la evolución de la ingeniería como concepto y como actividad, el autor ofrece una discusión sobre los elementos que deben caracterizar su enseñanza para propiciar que los futuros ingenieros reciban una formación más equilibrada y más adaptada a las necesidades del ejercicio profesional.

La Ingeniería como actividad profesional, atrae especialmente a las personas orientadas a la acción. Posiblemente por eso es que tanto los "ingenieros" como los "tecnólogos" son tan poco dados a la "teorización" y a la meditación sobre su propia práctica. En la práctica profesional, después de que un diseño ha sido ejecutado o concretado en la realidad, los ingenieros son renuentes a analizar los caminos por los cuales se alcanzó el objetivo propuesto.

Toda esta actitud pragmática se refleja en los centros de enseñanza de la ingeniería, en los que, en general, hay poca meditación sobre la práctica misma que se trata de "enseñar". Los ingenieros tienen una doble tarea, si son profesores, pues deben pensar en su propia práctica tecnológico-ingenieril y a la vez, en la práctica tecnológico-educacional, hecho que no siempre se cumple a cabalidad. Este problema no solo es propio de la ingeniería, sino que se presenta en otras disciplinas, como la Física¹. Es por eso que la literatura sobre la metodología en ingeniería no es abundante, aunque la especulación pública sobre su papel sea muy grande, y hasta optimista. Para comprender las razones por las que esta situación se produce, es

conveniente analizar cuáles son las propiedades académicas de los componentes del sistema educativo, del modelo curricular y de sus relaciones.

Los encargados de la enseñanza de la ingeniería –en el contexto ortodoxo– pueden clasificarse en dos clases académicas²: los "profesores-ingenieros" y los "ingenieros-profesores", entendiéndose por los primeros aquellos que se dedican a la investigación y a la enseñanza de materias "teóricas", con funciones enteramente universitarias y, por los segundos, aquellos profesores que tienen por principal actividad el ejercicio de su profesión de ingeniero, siendo su función universitaria de carácter marginal. Esta división, aunque un tanto arbitraria, pues no siempre se da en forma radical, pienso que es realista y refleja la metodología de enseñanza tradicional en las Escuelas de Ingeniería (Schaub *et al*, 1974).

Los planes de estudio tradicionales siempre se presentan en el orden lineal siguiente: ciencias básicas, ciencias de la ingeniería, materias profesionales y el agregado correspondiente de otros cursos para dar la formación cultural y humanística que no se da a los estudiantes con los cursos propios de la carrera (véase Figura 1). El curriculum se ofrece linealizado y atomizado en cursos, de modo que la principal actividad de una dirección académica será la de mantener una adecuada coordinación y correlación entre los distintos cursos y niveles. Un buen programa de estudio es aquel que se mantiene al día en cuanto al contenido de las materias que se van a ofrecer y mantiene la coherencia. La cualidad que caracteriza a una carrera de buen nivel universitario en Ingeniería sería el contener una buena densidad de cursos de ciencias formales y fácticas. Entre estas últimas, se incluyen sobre todo las "naturales", pues las "sociales" son consideradas por la mayoría de los dirigentes de la educación ortodoxa como pura

* Ex-decano, Facultad de Ingeniería, Universidad de Costa Rica.

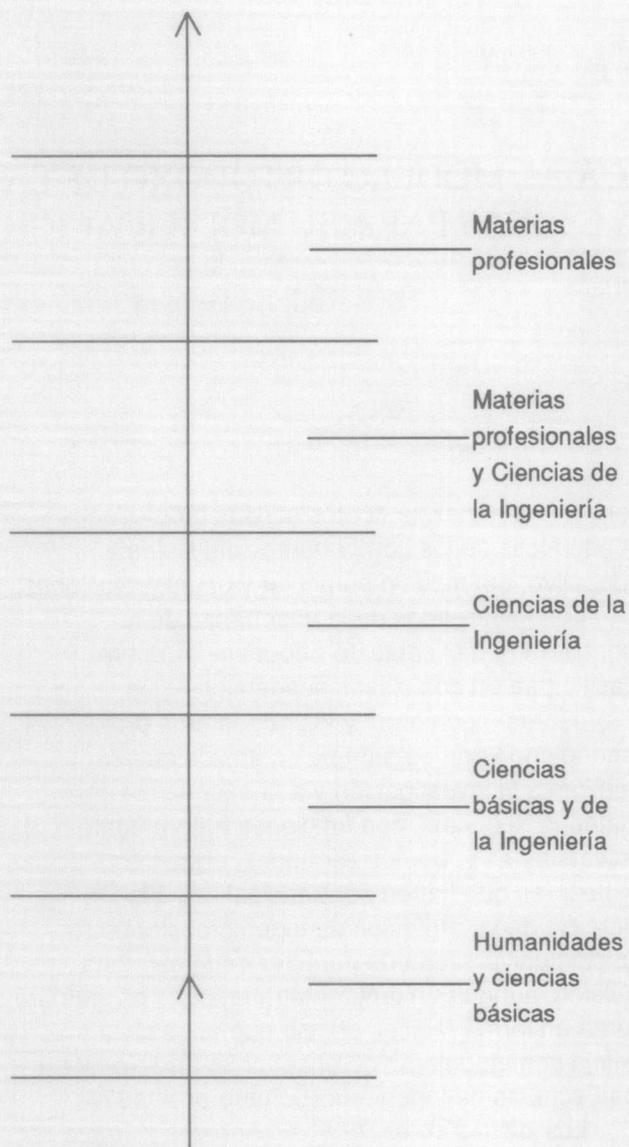


FIGURA 1. Modelo ortodoxo del "Plan de Estudios".

"literatura". En la Universidad de Costa Rica, los planes de estudio contienen un "paquete de humanidades" en los dos primeros semestres de la carrera, un curso optativo de un área diferente a la Ingeniería, un curso sobre "Realidad Nacional" y 300 horas de "trabajo comunal"³.

En realidad, el plan tradicional no trata el problema de enseñar la verdadera práctica de la Ingeniería, sino que mediante el estudio de una sucesión de temas o materias particulares, muchas veces orientadas al análisis, se pretende que el estudiante llene su futura "caja de herramientas conceptuales" que le permiten enfrentarse a los retos

profesionales. Es decir, el asunto es trasladado a *posteriori*. Sin embargo, los mayores defensores del programa ortodoxo han tenido, en la mayor parte de los casos, la pretensión de que su programa gradúe "ingenieros completos" y debido a ello es que se alargan los estudios o se llenan los planes con gran cantidad de materias. El programa ideal –de ciencias a materias profesionales– no permite seleccionar, orientar y formar a los estudiantes en la práctica de la Ingeniería desde el principio de su carrera, pues los cursos iniciales de ciencias se convierten en elementos de selección, lo cual es evidentemente erróneo.

En los países muy desarrollados, como es el caso de los Estados Unidos de América, los planes de estudio son más cortos para un primer grado en Ingeniería (Bachelor), sin dar orientación especial alguna en este nivel, y dejando la especialidad para el nivel de posgrado (Master) en cada campo de la Ingeniería. Sus programas no tienen la pretensión de ser "terminales" o de producir ingenieros completos⁴. Esto se lo dejan a la posterior inserción del graduado en el sistema productivo norteamericano, el cual absorbe fácilmente a los elementos sin experiencia y está en condiciones de constituirlos en especialistas en algún campo, sea por el trabajo productivo o mediante estudios colaterales realizados en las mismas instituciones. Incluso los niveles puramente técnicos de la división del trabajo se llenan de otra forma y no se confunden los planes de estudio de tipo universitario con los de tipo técnico.

En la facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica los programas tienen 10 semestres⁵, con cursos que se repiten todos los semestres y no pretenden hacer ingenieros terminales o completos. En muchos casos hay orientación especial y electiva al final de su carrera (dos últimos semestres), dado que en esta institución, los planes de estudio son de dos semestres más que en Estados Unidos y se da el grado de "licenciado". Algunos programas, sin embargo, ofrecen también el "Bachillerato" en ocho semestres como primera salida.

El tipo de profesores y su comportamiento académico está en función de los elementos principales del plan de estudios antes enumerado. La meditación académica girará sobre cada uno de estos niveles y según la especialidad propia de cada profesor, quien además no se interesará mucho por el lugar que su asignatura ocupe en la totalidad. La lucha de muchos dirigentes se orienta, en primera

instancia, a hacer comprender este lugar, pues este factor es importante o lo sería si se pensara en el plan de estudios como un sistema (aunque lineal) y no como un agregado de cursos. Así, el carácter del plan de estudios es tal que las condiciones para su operacionalidad requieren de una división del trabajo académico como la indicada en la relación con los profesores y de una actitud y aportación en el pensamiento teórico-educativo, casi vacía.

Tampoco se han dado las condiciones para estudiar y actuar ante los cambios y problemas que la revolución técnico-científica está generando en el interior del trabajo productivo, de la educación y de todo el sistema social. Se podría afirmar que es la estructura ortodoxa "endurecida" del modelo tradicional la que crea las condiciones para que los componentes del sistema no "vean" o no "quieran ver" lo evidente: sus planes de estudio no reflejan en su desarrollo teórico y de ejecución a la Ingeniería tal y como ella "se hace" (Kral, 1974).

La afirmación anterior se puede corroborar en materias de todas las disciplinas. Sin embargo, pondré únicamente un ejemplo del campo de las estructuras de Ingeniería Civil. Si se lee cualquier texto de Estática –tema antiguo en el que hay muchos "buenos libros" para el estudiante– todos los ejemplos son simples aplicaciones de las ecuaciones del equilibrio (lo cual es necesario cumplir para poder dominar la materia teórica) a sistemas estructurales dados (por ejemplo, una cercha) y además en el estado de acciones exteriores dadas (Targ, 1963). En ningún caso se hace la pregunta que todo ingeniero o sistema de ingeniería hace en los casos reales en la práctica, como por ejemplo, ¿con qué estructura puedo llenar la función de cubrir un área determinada? ¿Cómo diseñar una estructura adecuada para llevar cierto tipo de cargas y cómo considerar a éstas? Se podrá argumentar que el curso es de análisis estático, el cual se hace aplicando la teoría de la estática, y hasta ahí. Los profesores no se interesarán realmente por responder, pues estrictamente no es su asunto de dónde y en qué lugar del plan de estudios se enseña eso, lo cual considero es un estudio del plan atomizado. La mayor parte de las veces el profesor está de acuerdo con lo anterior, pero nunca tendrá el tiempo para realizar un estudio que permita un cambio metodológico. Esto que comentamos se extiende a otros niveles, produciendo daños conceptuales en la interpretación y aplicación del

diseño mismo. Posiblemente el atraso en considerar adecuadamente la dialéctica del análisis-síntesis (diseño) y en estudiar el fenómeno del diseño estructural como un problema global, que incluye la totalidad de los factores, se debe a la proyección conceptual del método analítico-deductivista del curriculum.

En realidad, los planes de estudio en Ingeniería han sufrido dos grandes etapas, con algunas tendencias que muy brevemente indicaré. En las primeras etapas de la enseñanza de la Ingeniería, ésta se basaba en la práctica técnica o aún artesanal, donde habitualmente los métodos consistían en una lista de recetas del conocimiento ordinario o de la intuición del hombre práctico. Estos niveles corresponden hoy a la educación o formación de técnicos o tecnólogos, necesarios para integrar la pirámide tecnológica de la división del trabajo en los sistemas económicos concretos de toda sociedad. Sin embargo, esa etapa se vio alterada por los cambios técnico-científicos producidos en el siglo pasado, incrementándose la inclusión de materias y procedimientos cada vez más racionales en los planes de estudio.

Por ejemplo, en el campo de las estructuras, pasaron muchos años, desde Galileo (1633) hasta Cauchy (1822), para que el estudio racional de éstas fuera constituido. Afirma C. Truesdell (1975: 175):

El día 30 de setiembre de 1822 anunció Cauchy el "principio de esfuerzos", el cual a partir de aquel momento, ha sido el fundamento de la mecánica racional de medios continuos.

Durante la primera mitad del siglo XIX, los "elasticistas" franceses establecieron las bases prácticas para el diseño, sustentados en el desarrollo producido por la fundación de la Escuela Politécnica en 1794, por Napoleón I. El trabajo, en su mayoría abstracto y matemático, no fue entendido o aceptado por los ingenieros prácticos sino hasta 1850 (fundación de la Escuela de Puentes y Calzadas en París en 1847). Especialmente fue difícil la aceptación en Inglaterra y en América, donde los hombres prácticos eran considerados superiores a los "meros teóricos" (Gordon, 1979: 61).

Esto condujo a la segunda etapa en la que muchas Universidades incluirán Escuelas o Facultades de Ingeniería en su seno y en las que se tendrán en sus programas, además de los cursos

prácticos, otros con un alto contenido teórico y matemático. Así se da por ejemplo con los programas de las grandes escuelas francesas, italianas, españolas, alemanas o rusas de la primera mitad del siglo XX. Existía, sin embargo, cierta artificialidad, en tales programas, pues por ejemplo, incluían gran cantidad de geometría analítica, análisis matemático, geometría descriptiva y mecánica racional, todas "materias científicas" y por otra parte, los cursos en Ingeniería y la manera de resolver los problemas prácticos se hacía con base en "leyes empíricas", conocimiento ordinario y una buena dosis del llamado "sentido común"⁶.

En efecto, la brecha existente por muchos años entre las posibilidades teóricas del cálculo y la imposibilidad práctica para realizarlo o contrastarlo (por ejemplo mecánica racional e hidráulica) se refleja de esa manera. Hoy día, debido al desarrollo de la computación electrónica y las tecnologías experimentales, la situación ha cambiado, si se quiere en forma rápida y violenta.

El carácter de las dos etapas o fases en los planes de estudio académicos o en la concepción de la ingeniería misma, influenció a la opinión externa a las disciplinas. La Ingeniería en su primera fase se concebía o interpretaba como lo "duro" o lo "práctico", lo "empírico". La Ingeniería no convenía a una Universidad, cuyo objetivo fundamental era el conocimiento científico, la cultura y las humanidades. Esta opinión, en cierto sentido, se mantuvo en el proceso en el que la Ingeniería como actividad de enseñanza de las Universidades se fundaba más y más en las matemáticas y la física. H. A. Simon (1973) hace relevantes observaciones sobre el tema.

La respetabilidad académica se lograba si el plan de estudios contenía cursos de ciencias básicas y de ciencias de la Ingeniería, y esto es lo que efectivamente da la diferencia entre el Ingeniero-técnico y el Ingeniero-académico.

La segunda fase produjo, sin embargo, la idea de Facultades integradas en Universidades o separadas con su propio mundo profesional, e incluso algunas administradas bajo la influencia de los profesionales externos. Es decir, centradas en sus "profesiones", alrededor de un campo especial que demanda un estudio intensivo y largo para que los métodos, habilidades y técnicas sean aprendidos.

Por otra parte, ciertas Facultades buscaron dentro de las Universidades su status académico, constituyendo en general, como se ha comentado

anteriormente, planes de estudio y programas con un alto contenido de ciencias naturales, ciencias de la ingeniería, matemáticas, disminuyendo el contenido técnico, práctico o profesional. Esto, paralelamente a la presión para incluir el contenido de las humanidades y las artes, etc., unido a la idea de disminuir el número de años de estudio, ha conducido a una formación menos profesional que la que se requería para una práctica productiva inmediata y en la cual el contenido del aprendizaje del diseño es débil. Después de todo, el diseño era una ciencia incipiente, como dice Simon (1973: 88).

En otros tiempos, muchas, por no decir la mayoría de las cosas que sabíamos acerca del diseño y acerca de las ciencias artificiales eran, intelectualmente, sencillas, intuitivas, nada formales y facilonas. Un profesor o un alumno de universidad, ¿por qué debería rebajarse hasta el punto de ocuparse de máquinas de proyectar o de estrategias de planeamiento de mercados pudiendo dedicarse a la física de los cuerpos sólidos? La respuesta es muy sencilla: prefiere lo último.

La enseñanza tradicional, desde el punto de vista conceptual, se ha visto afectada por varios factores: por una parte, el incremento de los saberes científico-tecnológicos que se requieren en cada disciplina hace que los programas estén excesivamente cargados de materias sobre teorías tecnológicas sustantivas, sobre todo si dichos saberes son "enseñados" en la forma tradicional y sin un estudio epistemológico de cada uno de ellos. El ordenador moderno, los nuevos sistemas de información y la limpieza de material redundante, posiblemente logren disminuir notoriamente esta área básica, la cual ha constituido, junto con la Matemática, el elemento que le da el carácter académico a un curriculum de Ingeniería. Sin embargo, todo esto se hace a costa de una menor atención a los ejes fundamentales del diseño y, por tanto, de la posible práctica de los estudiantes en los procesos reales de la ejecución y decisión.

El surgimiento en la tecnología de campos tales como la Cibernética, la Informática, etc., ha originado otros conceptos y áreas de estudio como son la Ingeniería de Sistemas, el Análisis de Sistemas, la Investigación de Operaciones, la Teoría de las Decisiones, etc., que agregado al desarrollo de las

Ciencias Sociales y de la Administración como Tecnología con sus ciencias propias ha hecho que se “descubra” la existencia de teorías y métodos sobre “operaciones humanas”. Resulta así que los procesos de diseño y de construcción, elaboración o fabricación, o en resumen, de creación del artefacto nuevo, se han “racionalizado” profundamente. Por otra parte, el Ingeniero al organizar, sistematizar o racionalizar sus propias actividades para alcanzar objetivos bien definidos (duros) percibe claramente la posibilidad de “ingenierizar” todas las actividades humanas. Un ejemplo relevante es el desarrollo de campos tales como la “investigación de operaciones” orientadas a “sistemas duros” (Churchman, 1957; Hoss, 1976).

Los ingenieros, en efecto, han desarrollado el enfoque sistémico, pues en la constitución o diseño de artefactos, éstos solo pueden ser pensados y comprendidos en su carácter de componentes interrelacionados, cumpliendo requisitos legales (tanto físicos como organizacionales), en interacción mutua, con cierta integridad y cumpliendo funciones y relaciones con el ambiente⁷.

Es obvio que el ingeniero a través de su historia ha encarado problemas de esta clase, ya que desde los constructores de las pirámides, hasta los ingenieros de la NASA, han enfrentado, entre sus principales problemas, los del diseño de los sistemas de actividades humanas más adecuados para realizar con éxito los trabajos.

Antiguamente, los referentes de la Ingeniería se daban en el nivel de los fisio-sistemas, quimio-sistemas, etc. (Bunge, 1980: 206); sin embargo, hoy no solo tiene estos referentes, sino que también trata con problemas en todos los niveles: el microsistema, el mesosistema y el macrosistema físico, químico o biológico. Pero aún más importante es la relación con el socio-sistema, especialmente con los elementos de éste que son productos de la Ingeniería misma: los tecnosistemas, entendiéndose por éstos a algunos sistemas concretos cuya composición contiene, además de personas, artefactos especiales, como por ejemplo, computadoras (Bunge, 1977).

Hay otro cambio en relación con el pasado, que consiste en que la Ingeniería, al crear sistemas conceptuales, como por ejemplo el de “sistemas de actividades humanas”, comienza a influenciar con su metodología a la “ciencia social” y a las correspondientes “tecnologías sociales”, las que no

están separadas de la acción transformadora directa de la Ingeniería. La Ingeniería incluye tanto la metodología de sistemas duros como la de los “suaves”. Importantes aportaciones en relación con la interacción entre la teoría y la práctica de la metodología para resolver problemas no estructurados del mundo real de las actividades humanas se dan en Checkland (1981).

El enfoque de los problemas ha aumentado en complejidad, naciendo muchas áreas nuevas de la transformación y del saber tecnológico que obligan necesariamente a abrir nuevas carreras de Ingeniería, nuevas especialidades y a producir la tendencia a aumentar los contenidos curriculares universitarios.

Es evidente entonces que hoy día se han agudizado los problemas para los dirigentes académicos en cuanto al “diseño” de sus sistemas curriculares. En realidad, se requiere de una Tecnología de la Educación en Ingeniería que dé las condiciones para constituir planes y programas organizados de tal manera que reflejen adecuadamente la práctica tecnológica: la empírica, la concreta y la cultural (teórica o conceptual). En este sentido apuntan las recomendaciones del Décimo Congreso Panamericano de la Enseñanza de la Ingeniería (Puerto Rico, 1982), que dicen:

Que las facultades de ingeniería institucionalicen el proceso de diseño curricular, convirtiéndolo en un proceso racional, sistemático y de verdadero diseño de ingeniería, permitiendo de esta forma cambios curriculares acordes con los requerimientos de la tecnología educativa y de los avances del conocimiento⁸.

Además, será necesario que de un análisis epistemológico de los “elementos locales” del conocimiento necesario para una determinada Ingeniería, se realicen también estudios sobre la práctica misma de ésta, de sus propiedades, de su estructura, de su lugar como subsistema de los sistemas sociales concretos y de los sistemas conceptuales de la cultura.

El incremento del volumen de conocimiento científico y cultural en general ha inducido, como se anotó anteriormente, el aumento de los contenidos curriculares de las carreras de Ingeniería, produciendo la exigencia para aumentar los años de

estudio o, en su lugar, compresionar exageradamente la cantidad de materias y temas. Al no producirse un análisis epistemológico, se deja lo obsoleto y se yuxtapone con lo nuevo, embrollando aún más el modelo homogéneo y duro de la línea ortodoxa.

Dadas las condiciones de los profesores de ingeniería, existen pocos de ellos que se interesen o dediquen a la meta-ingeniería o al pensamiento teórico sobre la práctica misma; en general, el desarrollo epistemológico de un curriculum se realiza espontáneamente y casi siempre integrando zonas del saber⁹.

Los esquemas de los planes de estudios tradicionales y repetidos no tienen, como se ha dicho, análisis serios y más profundos. Todo esto obliga al incremento de la meditación y la búsqueda de modelos nuevos de enseñanza, a la adquisición de metodologías diferentes, las cuales se pueden sustentar en las poderosas técnicas modernas para transmitir la información. Es conveniente apoyarse en los nuevos saberes y técnicas para el aprendizaje que permitan un análisis epistemológico de los programas. También es indispensable unir a esto el conocimiento de la ciencia filosófica, (Herrera, 1987), de la teoría general de sistemas y de otros elementos teoréticos que amplíen y sustenten los posibles cambios del futuro.

Una determinación profunda de la práctica ingenieril y de los posibles y necesarios campos que el país requeriría, son elementos básicos para todo planteamiento de un modelo de educación. Esto muchas veces se da por conocido y, por tanto, como dato subyacente a cualquier análisis. Entonces, lo que interesará es únicamente determinar el 'perfil de un ingeniero' que llene y cumpla con las necesidades de la sociedad respectiva, muchas veces adecuándose a lo dado y por tanto a la situación tecnológico-industrial existente. La ignorancia de tal análisis conduce a errores y confusiones reflejados en los planes de estudio y en la situación misma de la capacidad técnico-científica de los componentes sociales.

En el caso concreto del plan tradicional, la confusión o identificación de la Ciencia con la Tecnología está expresada por la tendencia a incrementar los cursos de ciencias, en los cuales la explicación, la deducción y el análisis son lo fundamental, dejando de lado y tocando solo superficialmente los problemas del diseño, de la síntesis, en resumen, sin tratar del todo con las

ciencias de lo artificial, la innovación y el diseño (Herrera, 1987).

A veces se comenta que una discusión sobre la diferencia entre Ciencia y Tecnología no es importante, dado que hoy día los plazos entre la explicación científica y la innovación tecnológica-industrial son pequeños; sin embargo, el efecto del acortamiento del tiempo no elimina la diferenciación epistemológica. Toda ciencia que explica (como cuerpo de conocimiento y como actividad) tiene por objetivo mediato la transformación, pero para la tecnología el objetivo es inmediato. Los sistemas de la actividad científica hoy están anclados en los sistemas tecnológicos de la transformación, para los cuales el conocimiento racional y objetivo de los fenómenos que reflejan el movimiento de la materia son el sustento de las reglas de la decisión y del diseño, convirtiéndose la Ciencia (es decir, la actividad científica concreta y los sistemas conceptuales que produce) en una fuerza productiva importante. Lo que sí es importante para la Ingeniería es el desarrollo de las ciencias del diseño de lo artificial, de los procesos de la planificación y de la previsión tecnológica. Según Simon (1973: 11):

... la ingeniería, la medicina, los negocios, la arquitectura y la pintura no se ocupan de lo necesario sino de lo contingente –no de cómo son las cosas sino de cómo podrían ser–. En resumen: del diseño o proyecto. La posibilidad de crear una ciencia o unas ciencias del diseño es exactamente equivalente a la de crear una ciencia de lo artificial. Las dos posibilidades subsisten o se desmoronan al mismo tiempo.

La mayoría de los profesores de planta de una Facultad de Ingeniería se dedican a las ciencias de la Ingeniería; es decir, al área de las ciencias aplicadas –ciencias particulares de las teorías generales, modelos simplificados– cuyos referentes son objetos tecnológicos creados por la Ingeniería o sistemas sustantivos específicos, pero muy pocos se dedican a la "ciencia del diseño".

La Ingeniería es una práctica social¹⁰ que se da integrada en sistemas concretos que tienen por objetivo la transformación, control y reorganización de sistemas y cosas, creando sistemas artificiales o tecnosistemas. Esta práctica cultural es la que da las ideas para las acciones y decisiones constituyendo

procesos de diseño y administración sustentados en sistemas conceptuales que representan el conocimiento tecnológico, en general coetáneo y basado en el conocimiento científico existente. Existe un conocimiento tecnológico que tiene su propia especificidad y en cuyo estudio es necesario profundizar. Este saber va más allá de la práctica profesional, pues es parte de la práctica social global: la creación de lo nuevo mediante los elementos y componentes de lo conocido. Es conveniente profundizar en los métodos de descripción de los sistemas artificiales complejos; en el análisis y síntesis de la totalidad, su conjunto, secuencia, retroconexión y control; los métodos de modelación y diseño de sistemas y las teorías que garanticen la elección de alternativas, lo óptimo y la toma de decisiones; el cálculo de criterios sistémico-naturales de diferente orden, estabilidad, adaptación y mutabilidad, como también diferentes criterios sistémico-sociales como son la utilidad, el rendimiento económico, etc.

Un modelo diferente del sistema curricular debe considerar las características básicas de la Ingeniería como una actividad que se realiza en el interior de los sistemas concretos de la transformación: los sistemas concretos tecnológicos del diseño, la ejecución y el control (Herrera, 1987). Estos sistemas están contenidos o son subsistemas de los sistemas concretos de la sociedad. Por otra parte, la Ingeniería como sistema conceptual, es un subsistema del sistema conceptual de la cultura¹¹. Por tanto, está en interrelación y dependencia, en alguna medida, con las ciencias formales, fácticas (naturales y sociales), las humanidades, las ideologías, la filosofía y las artes. También el sistema conceptual de la Tecnología en Ingeniería está constituido por teorías tecnológicas sustantivas, operativas, datos y sistemas de reglas (Bunge, 1969: 684; Herrera, 1985). Todas estas características de la práctica tecnológica, apenas esbozadas aquí, deberían reflejarse en el sistema curricular para la enseñanza de la Ingeniería (Herrera, 1982).

Aquí se propone la idea de desarrollar la enseñanza mediante "ejes" a lo largo de la carrera, los cuales representan las actividades básicas del sistema curricular. Estos se denominan ejes sustantivo, operativo, de diseño, formal y cultural no-tecnológico, los cuales se describen a continuación. En las Figuras 2 y 3 se muestran algunos esquemas que ayudan a aclarar estas ideas.

El **eje sustantivo** contendrá todas las materias que tengan por objeto dar conocimientos científicos y científico-tecnológicos sobre cosas o sistemas concretos. Es decir, en los que se desarrollan todas las teorías tecnológicas sustantivas, cuyos referentes varían, según el tipo de Ingeniería. Incluye también conocimiento sobre ciencias económico-sociales, ciencias físicas, químicas y biológicas; es decir, sobre las ciencias fácticas y sus referentes básicos: el fisio-sistema, el quimio-sistema, el bio-sistema y el socio-sistema.

El **eje operativo** contendrá las materias que desarrollen el conocimiento de las teorías operativas, que tienen por referentes a las acciones humanas, a procesos concretos de la relación hombre-hombre y hombre-sistema concreto o cosa. Este eje contiene entonces los conocimientos sobre "administración"¹² de los procesos concretos de la Ingeniería, los cuales no existen prácticamente en muchos planes de estudio.

El **eje de diseño** contendrá todos los métodos y procesos por los cuales los sistemas tecnológicos concretos de la Ingeniería realizan o crean a los sistemas artificiales. Aquí se desarrolla la ciencia del diseño y su aplicación práctica, siendo entonces el

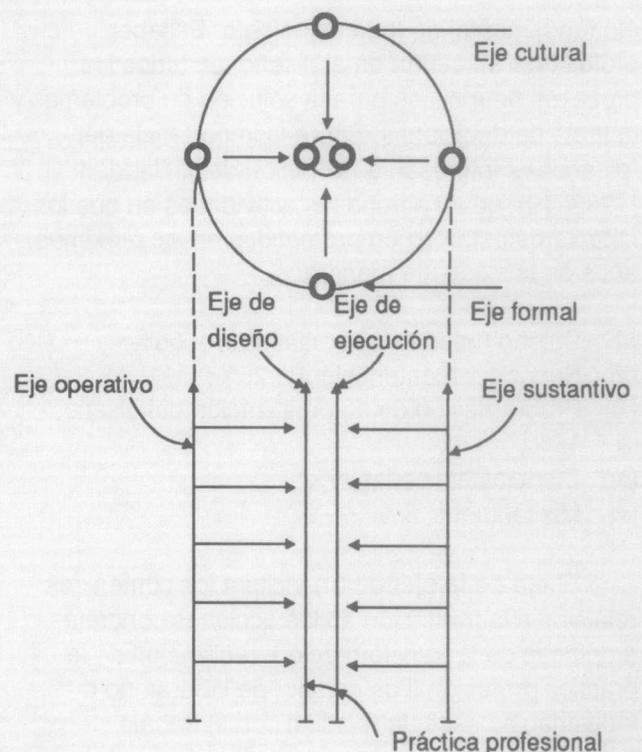
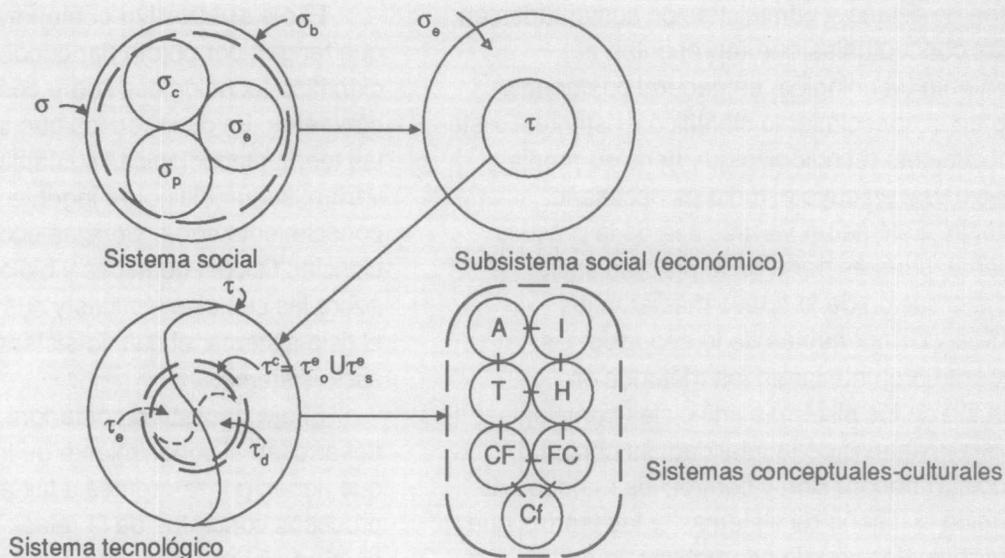


FIGURA 2. Modelo del "Plan de Estudios" no ortodoxo.



- | | | | |
|--------------|-------------------------------------|----------------|---|
| σ : | Sistema social | τ^e/t^e : | Sistema conceptual sustantivo/operativo |
| σ_b : | Sistema biológico | T: | Tecnología |
| σ_e : | Sistema económico | CF: | Ciencia fáctica |
| σ_c : | Sistema cultural | Cf: | Ciencia formal |
| σ_p : | Sistema político | H: | Humanidades |
| τ : | Sistema tecnológico | I: | Ideología |
| τ_e : | Sistema tecnológico de ejecución | FC: | Filosofía científica |
| τ_d : | Sistema tecnológico de diseño | A: | Artes |
| τ^e : | Sistema conceptual de la tecnología | | |

FIGURA 3. Contexto sistémico: sistemas concretos y conceptuales.

eje fundamental de toda tecnología. El saber profesional se centra en el diseño, en todos los procesos heurísticos para la solución de problemas y la toma de decisiones. Sobre la importancia del "diseño" es interesante la opinión de J. Haddad (1983: 19), quien agrupa las actividades en que los ingenieros estarán comprometidos en los próximos años de la siguiente manera:

- (i) Diseño (usando automatización), 55%;
- (ii) Servicio y mantenimiento, 25%;
- (iii) Programación de automatización del diseño, 10%;
- (iv) Ciencias aplicadas, 5%;
- (v) Misceláneos, 5%.

El **eje de la ejecución** incluirá los contenidos relativos a la formación en las acciones concretas, empíricas de la transformación: realización de la práctica profesional de campo, de laboratorio o industrial; es decir, la relación con el trabajo productivo. Obviamente, debe considerarse la heterogeneidad existente producida por el tipo de actividad real profesional.

El **eje formal** tendrá todos aquellos campos relacionados con la Matemática, Lógica, Semántica, Cómputo e Informática y Teoría General de Sistemas, necesarios para la práctica del diseño y la ejecución.

El **eje cultural no tecnológico** incluye los campos de la formación humanística y político-ideológica que complementa el análisis y las decisiones en las actividades desarrolladas en los ejes del diseño y de la ejecución.

Los ejes del diseño y de la ejecución son los fundamentales en la formación de un ingeniero de cualquier rama o especialidad, y por tanto, es en función de éstos que debe estructurarse todo currículum académico para la enseñanza. Además de organizar con esta idea la enseñanza se constituye un aprendizaje mediante la "solución de problemas" reales o su simulación en el nivel requerido. El tratamiento de éstos depende de la complejidad que permita la respectiva formación de los estudiantes, la cual estará en función de su capacitación en los otros ejes. Se establece así una relación permanente y variable entre el problema de diseño y la materia o tema del eje básico.

Para “diseñar” el eje de diseño es necesario considerar dos elementos principales: la metodología misma del diseño, considerado éste como el proceso global y conceptual mediante el cual se crea el modelo conceptual (concretado en planos o en diagramas, por ejemplo) que representa el posible sistema artificial por construir o fabricar y el referente de la transformación, el cual caracteriza el tipo de Ingeniería. Solo estos dos aspectos aquí señalados obligan a estudios más profundos y básicos que fundamenten adecuadamente cualquier plan específico, tanto en el eje del diseño como en el eje del modelo respectivo.

Los ejes de apoyo, sustantivo, operativo, formal y cultural-no-tecnológico, realizan la “transferencia cultural” que necesitan los procesos diseñados en los ejes básicos. Lo importante es no tener que esperar casi toda la carrera para que un estudiante comience a trabajar con problemas profesionales, los cuales por falta de tiempo serán tocados muy superficialmente, en la mayoría de los casos. El estudiante se integrará a procesos semejantes a los de la práctica, logrando una formación que podría denominarse sistémica, en contraposición a la atómica.

Es posible hacer común una gran cantidad de áreas y temas, no solo las matemáticas y las ciencias básicas. En los ejes básicos se debe enseñar a trabajar con sistemas concretos, tal y como la práctica de la Ingeniería lo hace, vinculando las especialidades, resolviendo los problemas, considerando las partes (el análisis) y la totalidad (síntesis). En todo proyecto hay problemas globales y locales o particulares y el diseño que es necesario organizar.

Los ejes culturales que aquí denomino “no-tecnológicos” se deben integrar al proceso de modo que funcionen en la transmisión de información, sin aparecer como “agregados” culturales (Herrera, 1987). Si se trata de problemas de Ingeniería, en especial aquellos vinculados muy directamente a la modificación social, deben estudiarse considerando los parámetros socio-económico-políticos, de modo que se comprenda y discuta su validez social y las posiciones ideológicas. Hay que evidenciar lo erróneo de la visión lineal, según la cual el progreso de las fuerzas productivas es lo primario y supuestamente autónomo, y en la que se consideran la ciencia y la técnica como neutras, olvidándose que ellas mismas son producto social.

Es conveniente referirse a la relación investigación-docencia, la cual se plantea insistentemente en las Universidades¹³. En Ingeniería, para realizar investigación o resolver problemas complejos teórico-experimentales, se requiere un cierto nivel de conocimiento y preparación, por lo que para la mayoría de los estudiantes de nivel de pregrado esto es inalcanzable; posiblemente, en otros niveles de desarrollo es más factible realizar ese tipo de actividad. Lo que sí debe ser posible es enseñar –como en cierta forma es común en Ingeniería– mediante problemas a lo largo de la carrera; pero recordando que el nivel puramente científico –en el que algunos ingenieros, especialmente “ingenieros-profesores” realizan investigación y que conduce a sistemas conceptuales explicativos de nivel tecnológico (teorías sustantivas u operativas)– no es el problema básico en la formación inicial de un Ingeniero, ni tampoco el interés directo o inmediato de la práctica profesional. En los Estados Unidos, los estudios superiores conducentes a un Ph.D. tienen este objetivo (Catálogo de Northwestern, 1985; Stelson, 1974). Lo que es importante es establecer claramente el origen de las “reglas” y su fundamento teórico-experimental, creando un interés especial sobre las fuentes de explicación científico-tecnológica que sustentan a las reglas y a las acciones. Así, los ejes de transferencia tecnológica, especialmente el sustantivo, pueden basar su enseñanza en correlación con los problemas en juego en los ejes del diseño y utilizando con frecuencia la referencia científico-tecnológica que sustenta las acciones.

Además, los sistemas de investigación tradicionalmente se desarrollan en las Universidades, en las empresas y en los Institutos en condiciones y con una estructura que hacen prácticamente imposible el desarrollo de una relación eficaz entre el estudiante, como receptor de la información y mano de obra de la investigación, y los profesores-investigadores como distribuidores y productores del conocimiento, en especial cuando el número de estudiantes es muy grande, como es común en la mayor parte de los casos.

En resumen, lo que es conveniente *no es una enseñanza complementada con la investigación, sino un sistema educacional que se fundamente en un aprendizaje continuo de aquella*, o que el sistema de

aprendizaje se constituya en investigación continua. Los laboratorios son un elemento importante en esta área siempre que los “experimentos” no consistan únicamente en la prueba o el descubrimiento de proposiciones ya conocidas. Se debe procurar que el estudiante logre encontrar vías que le permitan constituir y sintetizar sus intuiciones y métodos formales y comprender el experimento como un vehículo activo para el conocimiento.

El experimento es siempre una observación planificada que interviene sobre la naturaleza en busca de alcanzar respuestas a preguntas establecidas previamente. En efecto, según E. Gortari (1959: 35).

Cuando se supera la práctica de observar los procesos, tal como éstos se presentan naturalmente, y se interviene en su producción y en su curso, se ha llegado al experimento.

En la práctica científico-experimental, la relación con lo empírico, aunque sea indirecta constituye la característica básica para poder verificar las proposiciones teóricas. Lo importante es que esta condición normativa tiene, además de un valor metodológico, un valor cultural, pues solo por su intermedio se puede lograr la aplicación del saber a la práctica social y empírica.

El experimento científico es el medio de contrastación de las hipótesis de cualquier ciencia y también constituye el inicio de la transformación adecuada a los fines de los sistemas y cosas del universo existente.

La práctica experimental –por su estructura– es un modelo ideal (valga la redundancia) del modelo de la práctica empírico-económica de los hombres, convirtiéndose en el elemento básico de los procesos de transformación empírica. Por otra parte, el saber científico alcanzado en los procesos experimentales debido a su estructura y a sus propiedades, pertenece al contexto de las aplicaciones mismas.

El sujeto cognoscente aquí es un elemento activo, no contemplativo. Adquirimos nuestro conocimiento no por la recepción pasiva de impresiones, sino alternando nuestro medio y es precisamente por eso que considero que la enseñanza del conocimiento teórico no puede dejar de lado la práctica experimental, sino realizarse en las mismas condiciones de ésta.

Otro aspecto relevante para la enseñanza en relación con el experimento surge de inmediato cuando se analiza la estructura de la práctica experimental, la cual coincide con la de toda práctica empírica transformadora. En efecto, el experimento contiene siempre tres componentes: el objeto de la acción (su referente concreto que equivale a la materia prima en la práctica empírico-económica), el sujeto cognoscente y el medio material o intermediario entre el objeto y el sujeto experimental (equivale al medio o instrumento de producción). Este intermediario se denomina aparato experimental y es hecho por el hombre mismo. Así desde otro marco, la experimentación se puede estudiar en función del espectro de posibilidades del aparato experimental ideado y requerido. Es decir, la práctica experimental da las posibilidades para obtener un conocimiento de la naturaleza en estudio y de las distintas maneras en que se puede influenciar y modificar a ésta.

Esto tiene importancia para la enseñanza y para la epistemología científica, pues el aparato experimental es el origen del objeto tecnológico o del sistema artificial producto de la tecnología como actividad social. La relación entre Ciencia (como sistema conceptual de explicación y como actividad o práctica cultural) y la Tecnología (como práctica transformadora) se hace evidente al analizar los procesos de la investigación experimental. En el inicio de la ciencia moderna, la relación entre el artefacto técnico y su estudio científico se daba desde los dispositivos y prototipos industriales hacia el análisis, el cálculo y los objetivos experimentales. Es así como la Real Sociedad de Londres proponía problemas de esta clase para su estudio y solución. Según Bernal (1954), gracias a esto fue posible colocar los fundamentos para la evaluación racional y la reconstrucción de los oficios y manufacturas tradicionales, lo que había de convertirse en la revolución industrial del siguiente siglo. Todo esto creó condiciones favorables para las idealizaciones que permitían pasar de los dispositivos industriales a los esquemas de cálculo y a los aparatos experimentales. Se requiere una meditación más profunda sobre estos aspectos que permita crear una concepción clara de los métodos requeridos para buscar cambios reales en la enseñanza tradicional, en la cual el experimento es un elemento pasivo del sistema formal existente (UPADI, No. 20, 1985).

Para tener mejores elementos de juicio en el estudio de las actuales formas de enseñanza, es conveniente recordar cuál ha sido la sucesión histórica en la enseñanza en general. Antiguamente el modelo usual era el del "maestro-alumno" en el que existían relaciones informales y personales. Aquí el maestro tenía una comunicación y retroconexión *sui géneris* que le permitía corregir su estrategia docente y cambiar el volumen, intensidad y orden con que se transmitía la información y se desarrollaban las habilidades.

La formación del proceso de enseñanza, producto del incremento de la población estudiantil y de otros factores sociales, cambió la situación anterior, surgiendo el "profesor" que ya no se relaciona como el maestro con su alumno directamente sino que se orienta hacia un ente abstracto. Esto implica una metodología diferente para fundamentar el saber, pues exige maneras extrapersonales para argumentar y demostrar, y que por lo tanto, posean un valor universal, en última instancia.

Esta nueva situación obliga a un análisis de la lógica de los saberes implicados, de su organización y de la coherencia entre los elementos aislados. El profesor y el sistema académico-docente deben tener esta visión bien clara en su actividad cotidiana. Las nuevas condiciones conllevan también una modificación del saber mismo, pues no solo se requerirá la explicación científica lograda, sino que ésta debe estar anclada a un sistema coherente, refiriéndose a cierto campo específico de la realidad objetiva.

En resumen, nacen sistemas formalizados, teoría en la acepción moderna de la palabra, que permiten una síntesis de transformación fácil de la información: el modelo ortodoxo es un genuino representante de este proceso.

Parte de la crítica pedagógica que se hace a los sistemas tradicionales es el formalismo deductivista con que se trabaja, eliminando los procesos constructivistas y los métodos heurísticos (en la Matemática esta autocritica y discusión es muy grande) (Thom, 1971). También se critica la poca relación profesor-alumno, y se propone mejorarla, entre otras cosas, disminuyendo el número de alumnos por profesor, meta casi imposible de alcanzar por las circunstancias económicas insuficientes para equilibrar la demanda social en educación. Es decir, el sistema ortodoxo dominante

es un resultado histórico que crea su propia negación. Solo un cambio tecnológico (por ejemplo la computación) e ideológico-social permitiría una superación concreta y cristalizada socialmente.

Todos están de acuerdo en que se está entrando en una era que se podría llamar la de la "cultura del computador", la cual producirá y está realizando cambios verdaderamente revolucionarios en todos los campos, no escapándose, obviamente, la educación. Sin embargo, cuando se trata de pensar en el "computador" (el nombre mismo conduce a ideas erróneas) como elemento para la enseñanza, muchas veces su imagen cuantitativista se refuerza con la de las ingenierías "duras" y la física¹⁴. Es decir, se agravan sin resolver los procesos de enseñanza. Es necesario entonces considerar el efecto del "computador" utilizando realmente su potencialidad cualitativa y metodológica para simular, plantear y tantear modelos, incentivando el pensamiento teórico y los saberes propios de la Ingeniería.

En realidad ha surgido la posibilidad práctica para nuevas comprensiones de los dominios específicos y de los procesos de aprendizaje que la 'nueva tecnología' permite desarrollar. La posibilidad de poner en práctica estas ideas conduce al problema esencial: personas que lo hagan. Pienso que después de las ideas que he discutido muy brevemente en este trabajo, es fácil comprender que no es tan sencilla la solución, pues las características de los sistemas existentes de enseñanza son tales que no hay sitio para que dichos elementos sean incorporados al mismo.

El asunto es tener en el sistema académico especialistas orientados a convertir a las ciencias y a las prácticas tecnológicas en algo educacionalmente significativo. La contradicción está en que este tipo de práctica cultural no tiene cabida ni en las Escuelas de Educación. En resumen, no basta la existencia del objeto tecnológico para lograr el cambio, pues éste depende de factores socio-culturales que requieren tiempo social. Sin embargo, considero que la negación a meditar en estos problemas y la búsqueda, dedicación y apertura en estas direcciones de la investigación educacional pueden llegar a costar mucho y conducir a la mediocridad educacional futura y a la rigidez social.

Finalmente, afirmo que las tareas de toda dirección académica en las escuelas y facultades de Ingeniería requiere la formación de unidades

capacitadas en una "Ciencia tecnológica educativa"¹⁴, la cual en unión con los docentes, desarrolle el pensamiento teórico sobre la práctica de la Ingeniería, los métodos curriculares y las técnicas modernas asociadas y orientadas al mejoramiento del aprendizaje. Estas últimas técnicas no producen ninguna transformación si no se dan en conjunto con estudios y cambios organizacionales de los sistemas concretos de la enseñanza y en los sistemas conceptuales con que éstos actúan.

Todo esto implica abrir perspectivas para la investigación de los profesores que se interesan por este campo, así como la definición de un mayor presupuesto para estas actividades. Una mayor consideración de los problemas aquí apenas tocados, será cada vez más indispensable para vencer los retos educacionales de la actualidad y del futuro.

NOTAS

1. *In current professional definitions physicist think about how to do physics, educators think about how to teach it.*

(Papert, 1980: 188)

2. Designación del autor.
3. Fascículo 0002, Escuela de Estudios Generales, 1985.
4. Véase por ejemplo Texas A&M University Undergraduate Catalog 84-85 y Van Horn, 1974, p. 25.
5. Véase Catálogo General de la Universidad de Costa Rica, Fascículos 4201 a 4209, 1985.
6. La siguiente opinión es muy relevante:

A deep, intuitive appreciation of the inherent cussedness of materials and structures is one of the most valuable accomplishments an engineer can have. No purely intellectual quality is really a substitute for this. Bridges designed upon the best "modern" theories by Polytechnicians like Navier sometimes fell down. As far as I know, none of the hundreds of bridges and other engineering works which Telford built in the course of his long professional life ever gave serious trouble. Thus, during the period when French structural theory was outstanding, a great

portion of the railways and bridges on the Continent were being built by gritty and taciturn English and Scottish engineers who had little respect for the calculus.

(Gordon, 1979: 63)

7. Por sistema se entiende aquí a un conjunto de cosas o constructos en interacción y conexión mutua, con integridad. Véase también M. Bunge, 1977.
8. UPADI, Boletín No. 11, 1983.
9. En relación con esto, pero refiriéndose a la Física, Papert (1980: 188) dice:

There is no recognized place for people whose research is really physics oriented in direction that will be educationally meaningful. Such people are not particularly welcome in a physics department; their education goals serve to trivialize their work in the eyes of other physicists.

10. Entendemos por 'práctica social' al conjunto de actividades orientadas conscientes de los hombres que transforman un objeto de trabajo, por medio de ciertos instrumentos de producción, en producto. Es decir, es un proceso mediante el cual la sociedad como sistema concreto transforma y se apropia de su ambiente (naturaleza) y se transforma a sí misma (la composición y estructura).
11. Observaciones sobre la concepción sistémica de la cultura moderna se pueden ver en Bunge, 1980, p. 230.
12. Se entiende por "administración" a toda práctica controladora de las otras prácticas sociales.
13. Interesante planteamiento se hace en "Hacia la consolidación y el replanteamiento de la Acción Social", Vicerrectoría de Acción Social, Universidad de Costa Rica, 1987.
14. Al respecto, Papert (1980) dice:

It may well be universally true of precomputer societies that 'numerical' knowledge would be more richly represented than programming knowledge. It is not hard to invent plausible explanations of such a cognitive-social universal. But things may be different in the computer-rich cultures of the future.
15. Ver recomendaciones en UNESCO-ROSTLAC, 1987.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bernal, J. **Sciences in History**. London: C.A. Watts, 1954.
- Bunge, Mario. **La investigación científica**. Barcelona: Editorial Ariel, 1969.
- Bunge, Mario. **Teoría y realidad**. Barcelona: Editorial Ariel, 1972.
- Bunge, Mario. **Ontology II**. New York: Reidel Publishing, 1977.
- Bunge, Mario. **Epistemología**. Barcelona: Editorial Ariel, 1980.
- Checkland, P. **Systems Thinking, Systems Practice**. New York: John Wiley, 1981.
- Churchman, C. W.; Ackoff, R. R. y Arnoff, E. L. **Introduction to Operations Research**. New York: John Wiley, 1957.
- Enseñanza experimental de la Ingeniería. Comité UPADI de Enseñanza de Ingeniería*. Boletín Nº. 20 Argentina, 1985.
- Estructura Iberoamericana de apoyo a la enseñanza de la Ingeniería**. UNESCO-ROSTLAC. Uruguay, 1987.
- Fonseca, Oscar. **Hacia la consolidación y el replanteamiento de la Acción Social**. San José: Vicerrectoría de Acción Social, Universidad de Costa Rica, 1987.
- Gordon, J. E. **Structures**. 2nd ed. England: Penguin Books, 1979.
- Gortari, e. **Introducción a la lógica dialéctica**. 2ª ed. México: Fondo de Cultura Económica, 1959.
- Haddad, Jerrier. *Enseñanza de grado para ingenieros del Siglo XXI. Comité UPADI de enseñanza de Ingeniería*. Boletín Nº 12/13. Argentina, 1983.
- Herrera, Rodolfo. *La enseñanza de la Ingeniería: Un programa para la década del 80. Segundo Congreso de Ingeniería Civil*. San José: Editorial Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, 1982.
- Herrera, Rodolfo. *Los sistemas conceptuales de la tecnología. Primer Congreso Centroamericano de Historia de la Ciencia y la Tecnología*. Costa Rica, 1985. (s.f.e.)
- Herrera, Rodolfo. *Los Estudios Generales en la Universidad de Costa Rica (un análisis del Sistema de Educación General). Estudios Generales: Reflexiones de los Decanos*. San José, Universidad de Costa Rica, 1987.
- Herrera, Rodolfo. *Universidad y Cultura General. Estudios Generales: Reflexiones de los Decanos*. San José, Universidad de Costa Rica, 1987.
- Herrera, Rodolfo. *La tecnología: un estudio sistémico. Segundo Congreso Centroamericano de Historia de la Ciencia y la Tecnología*. Costa Rica, 1987. (s.f.e.)
- Herrera, Rodolfo. **Tecnología y Educación**. Vicerrectoría de Docencia, Universidad de Costa Rica, 1987.
- Hoss, I. *Engineers as analysts of social systems: A critical inquiry. Journal of Systems of Engineering*. v. 4, no. 2, 1976.
- Kral, G. K. *Educational needs for engineering practice and recommended follow-up program. Civil Engineering Education*. v. 2. New York: American Society of Civil Engineers, 1974.
- La innovación tecnológica como objetivo de la enseñanza de la Ingeniería. Comité UPADI de Enseñanza de Ingeniería*. Boletín No. 15/16. Argentina, 1984.
- Northwestern, The Graduate School 1985/86**. v. 8, no. 2. United States of America: Northwestern University, 1985.
- Papert, S. **Mind-storms**. New York: Basic Books, 1980.
- Recomendaciones del Décimo Congreso Panamericano de la Enseñanza de la Ingeniería. Comité UPADI de Enseñanza de Ingeniería*. Boletín no. 11. Argentina, 1983.
- Schaub, J. H. et al. *Civil Engineering Faculty profile. Civil Engineering Education*. v. 2. New York: American Society of Civil Engineers, 1974.
- Simon, H. A. **Las ciencias de lo artificial**. España: Editorial ATE, 1973.
- Stelson, Thomas E. *Graduate Civil Engineering Program. Civil Engineering Education*. v. 2. New York: American Society of Civil Engineers, 1974.
- Targ, S. **Theoretical mechanics, a short course**. Moscu: Mir Publishers, 1963.

Thom, René. *'Modern' Mathematics an educational and philosophic error? L'Age de la Science* 3. no. 3. París: Ed. Dunod, 1971, p. 225-236.

Truesdell, C. *La creación y el desarrollo del concepto de esfuerzo. Ensayos de Historia de la Mecánica.* Madrid: Editorial Tecnos, 1975.

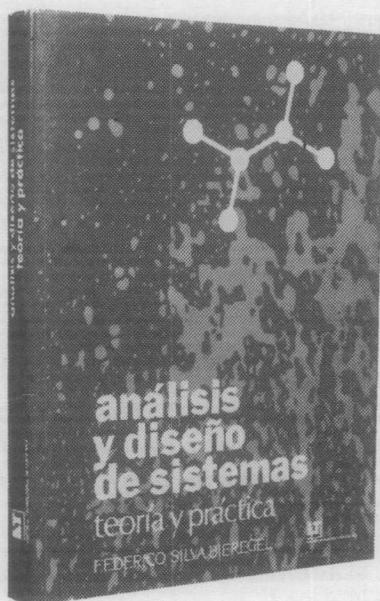
Universidad de Costa Rica. Vicerrectoría de Docencia. Centro de Evaluación Académica. **Catálogo General, Fascículos 4201 a 4209.** San José: Universidad de Costa Rica, 1985.

Universidad de Costa Rica. Vicerrectoría de Docencia. Centro de Evaluación Académica. **Fascículo 0002 Escuela de Estudios Generales.** San José: Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica, 1985.

Van Horn, David. *Undergraduate Civil Engineering Program. Civil Engineering Education.v. 2.* New York: American Society of Civil Engineers, 1974.



EDITORIAL TECNOLOGICA DE COSTA RICA INSTITUTO TECNOLOGICO DE COSTA RICA



ANÁLISIS Y DISEÑO DE SISTEMAS

Por: Federico Silva B.
384 páginas, ilustrado
Rústica. ISBN 9977-66-001-8

Este libro intenta dar una visión completa, integrada y práctica de lo que constituye el análisis y diseño de sistemas de información. Su autor, el Ingeniero Federico Silva Bieregel, basado en su amplia experiencia y en el estudio de la literatura especializada en la materia, presenta los desafíos y problemas que enfrenta un analista y diseñador en la práctica cotidiana del desarrollo de sistemas de información de aplicación administrativa. Las técnicas y recomendaciones expuestas en el libro se enriquecen con numerosos ejemplos prácticos y con la inclusión, en cada capítulo, de temas de discusión y trabajos asignados, que refuerzan el aprendizaje.

Adquiera esta obra en las principales librerías del país o en la
EDITORIAL TECNOLOGICA DE COSTA RICA
Apdo. 159-7050
Cartago, Costa Rica
☎ 51 53 33 Telex 8013 ITCR CR
Fax 51-5348