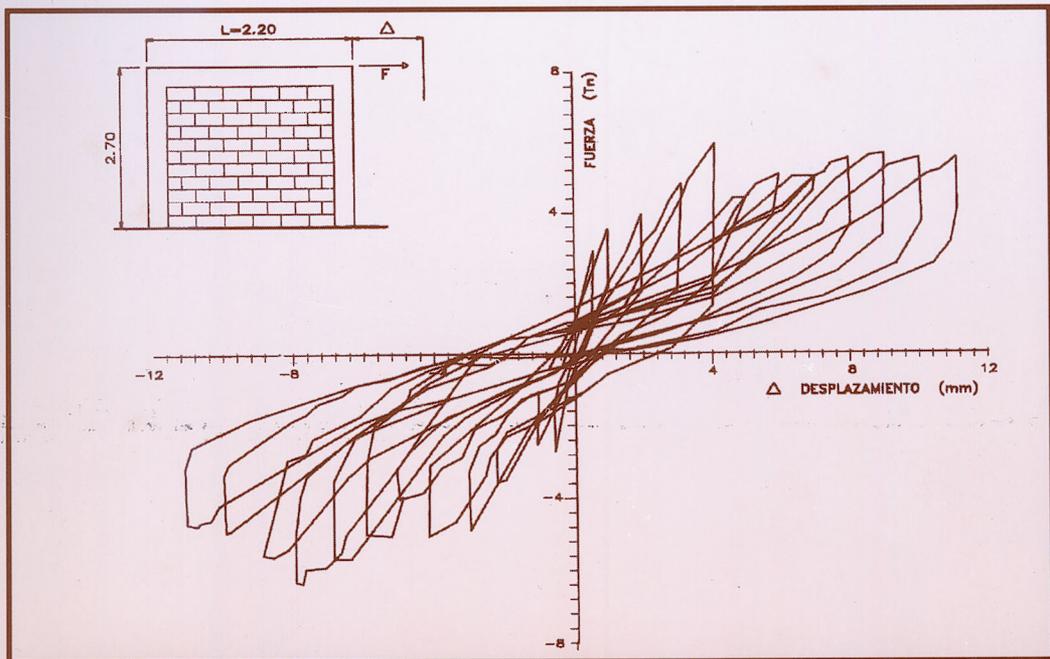


Ingeniería

Revista de la Universidad de Costa Rica
ENERO/JUNIO 1995 VOLUMEN 5 N° 1



Ingeniería: un marco conceptual.

*Rocolfo Herrera J.

Resumen

En este trabajo se expone de manera sintética un marco conceptual para el concepto de tecnología en base al criterio de la práctica y del estudio de las propiedades de la estructura de las prácticas de transformación. Se hace un análisis de la práctica tecnológica, los sistemas tecnológicos concretos, los sistemas conceptuales de la tecnología y en especial de la ingeniería como uno de sus componentes, lo que permite diferenciar a las prácticas del diseño y la transformación directa o material como ejes fundamentales de la ingeniería, de las ciencias en general y de las ciencias tecnológicas en particular. También se muestra la singularidad de la práctica científico-tecnológica y su diferencia con la ciencia fundamental y análogamente con la práctica tecnológico-científica del diseño ingenieril, evidenciando la diferencia entre el ingeniero y el científico. La síntesis presentada puede ser útil a los que dirigen y hacen la práctica tecnológica educativa.

Summary

In this article is it expose in a synthetic form a conceptual frame for the concept of technology in base to the criterion of the practice and the study of the properties of the structure of the practices of transformation. It is make a analysis of the technological practice, the concrete technological systems, the conceptual systems of the technology, and in special of the engineering how a your components, always to differentiate to the practices of design and the direct or material transformation how fundamentals axes of the engineering, of the sciences in general and of the technological sciences in particular. Also of show of the singularity of the scientific-technologic practice and your difference with the fundamental science and analogy with the technologic-scientific practice of the engineering design, put in evidence the difference between the engineer and the scientific. The synthesis showed can be useful for the directors and the that make the technological educate practice.

1. La práctica tecnológica.

El concepto de *tecnología* [R. Herrera (1990 a)] no se reduce al concepto de *ingeniería*, es un concepto más amplio que incluye a toda práctica social transformadora basada en el conocimiento científico. Tal clase de práctica se le denomina *práctica tecnológica* y la ingeniería es uno de sus componentes, el más desarrollado y matematizado¹

Más explícitamente la *práctica tecnológica* (PT) es una práctica social cuyo objetivo inmediato es la transformación y el control de cosas y sistemas (naturales, sociales o formales) mediante acciones racionales fundamentadas en el conocimiento científico existente [R. Herrera (1989 a, 1991 b)].

La PT es una actividad orientada de los componentes sociales (seres humanos) y entonces tiene la misma estructura de toda práctica social

de una sociedad² es decir, tiene fines o metas, un objeto de transformación, un medio de producción, un producto de la transformación: artefacto conceptual o concreto (cosa o un cambio de estado). Más explícitamente:

$$PT = \{C \cup (m) \rightarrow o \rightarrow A_k \cup A_c\}$$

donde C es el conjunto de los componentes sociales involucrados, m es el medio de producción material (herramienta, máquina, ordenador, etc.) o conceptual (teoría, etc.), o el objeto o referente de transformación (objeto concreto, objeto conceptual), A_k y A_c respectivamente artefactos conceptuales (fijados

² Si σ es una sociedad se puede representar extensionalmente como sigue:

$\sigma = (C, E, A)$, donde los elementos de la terna son respectivamente la composición del sistema social, la estructura y el ambiente o entorno. Además $A = A_a \cup N$, donde A_a son los artefactos específicos y N es la naturaleza en general. Además σ contiene los subsistemas sociales económico, político y cultural, es decir:

$$\sigma = \sigma_e \cup \sigma_\pi \cup \sigma_k.$$

* Profesor Emérito U.C.R.

¹ Las denominaciones usadas en el texto, la mayoría presentadas en cursiva, son propias de la autor.

materialmente como sistemas de información por ej.) y artefactos concretos o materiales.

La *Ingeniería* (I) es una de tales prácticas la cual consiste en la unión sistémica de: (i) la práctica tecnológica empírica (PTE) y la *práctica tecnológico-científica* (PTC) ó en símbolos:

$$I = PT = PTE \cup PTC$$

donde PTE es una *práctica administrativa* (control-dirección) de los procesos de la transformación directa y material y PTC es la *práctica del diseño*³ conceptual en que se fundamenta la anterior. Sus características principales serán descritos en los artículos siguientes.

Así la *ingeniería* contiene dos ejes principales de su acción, *el eje del diseño y el eje de la ejecución* [R. Herrera (1990 b)]. El primero produce sistemas conceptuales (por ej. planos, software) para los posibles sistemas concretos que produce el segundo (artefactos).

2. La práctica tecnológico-científica.

La PTC es una *práctica cultural-conceptual*, es un componente de la práctica cultural de la sociedad. Consiste de un proceso conceptual o *diseño*, el cual produce sistemas conceptuales o ideas, fijados mediante sistemas de información (por ej. planos, normas, software, etc.) que representan a posibles sistemas concretos o a cambios de estado (por ej. artefactos como motores, edificios, ordenadores, cambios de organización de la estructura de un subsistema social o de zonas naturales, etc.)

Es decir, la PTC se ocupa de crear las ideas para la transformación del mundo, por medio de una actividad intelectual muy socializada. Su producto son objetos culturales inventados, que es la característica esencial y peculiar que tiene este tipo de práctica social.

³ El concepto de diseño ha sido elaborado por el autor en otros artículos (ver bibliografía) como el proceso intelectual de la producción conceptual de sistemas conceptuales que representan a posibles sistemas concretos u artefactos.

La *Ingeniería* como PTC se ocupa de diseñar a los sistemas artificiales concretos, pues produce los *sistemas tecnológico-sustantivos* (STS) que los representan y a los *sistemas operativos* (STO) que norman y controlan las operaciones humanas requeridas para su funcionamiento.

Más explícitamente en el *eje del diseño* la PTC produce a cierto clase de sistemas conceptuales que denominaremos *sistemas tecnológico-científicos* (STC), cuya composición es:

donde:

$$C(STC) = (STS \cup STO)$$

STS = *sistema tecnológico-sustantivo*,

STO = *sistema tecnológico-operativo*,

Los STS son aquellos sistemas conceptuales que representan o modelan a un referente concreto o sustantivo: artefacto o sistema artificial, sistemas de procesos o cambios de estado (por ej. planos para un posible puente, un robotoide, una industria, un canal, etc.), incluyendo las propiedades y relaciones entre los componentes no humanos o estructura sustantiva del sistema.

Los STO son los que modelan a las relaciones humanas (hombre-hombre, hombre-cosa), es decir, a un subsistema de la estructura social de la sociedad (por ej. un PERT para determinado proceso productivo). Un STO contiene implícitamente a la función deseada del sistema concreto mediante la representación matematizada de la estructura del sistema u objeto tecnológico (por ejemplo, de un subsistema industrial, de una máquina).

Por lo tanto, los *sistemas tecnológico-científicos* (STC) contienen o deben contener la información necesaria para la construcción del artefacto (motor, industria, etc.) que representa, es decir, indican cómo será, cómo funcionará si se realiza y suministra la estructura (relaciones y actividades humanas) necesaria para construirlo y para administrarlo una vez ejecutado (mantenerlo, controlarlo, repararlo, manipularlo, etc.).

Aquí se llama *teoría tecnológica* (TT) a toda teoría científica, adecuada para su aplicación en la resolución de los problemas que surgen en las prácticas tecnológicas, especialmente en las PTC.

Las TTS son teorías científicas con referentes particulares (cosas y sistemas concretos sociales o artificiales) determinados por los problemas e intereses prácticos de los procesos del diseño, los cuales requieren información lo más segura posible.

Las TTS tienen tres clases de teorías, a saber: *teorías tecnológicas básicas* (TTB), *teorías tecnológicas empíricas* (TTE), *teorías tecnológicas sistémicas o compuestas* (TTSS).

Las TTB son teorías particulares de las teorías científicas generales, que contienen modelos específicos simples que restringen el ámbito de aplicación y explicación de las últimas y que permite su verificación (por ej. la teoría de las barras en Mecánica del Sólido).

Las TTSE son sistemas conceptuales con referentes observables, que contienen leyes empíricas, teniendo usualmente un objeto modelo de caja negra (por ej. la ley de Ohm).

Las TTSS son sistemas conceptuales cuyo referente concreto es un sistema artificial: cosa, artefacto, o sistema natural o social (por ej. la teoría de la turbina o la organización de un sistema económico-productivo).

Las TTO tiene por referentes a la estructura de los procesos sociales, que en el caso de la ingeniería constituyen sistemas de actividades humanas vinculadas a los procesos de transformación y control de los sistemas económicos-productivos que trata.

Las TTO son sistemas conceptuales cuyo referente consiste de la unión de miembros de la composición y del ambiente de un sistema social. Su objeto modelo esquematiza idealmente a un posible proceso de interacción entre los componentes del referente. En general son teorías sociales de la acción, de las actividades humanas, en este caso relacionadas con los objetivos de la práctica de la ingeniería.

Los *datos* D son proposiciones singulares que tienen una referencia objetiva y que expresan el producto de observaciones científicamente organizadas y sistematizables. En general son obtenidos mediante experimentación sistemática, realizada en centros de investigación universitarios o industriales.

Las *reglas tecnológicas* R en general son normas o instructivos de procedimientos, que indican la secuencia finita de actos que debe cumplir una práctica social específica, para alcanzar un objetivo deseable.

En *ingeniería*, las reglas resumen las técnicas que prescriben el modo de producir (sea objetos conceptuales o concretos), mantener, operar, etc. sistemas concretos. Existen sistemas de reglas, es decir, conjuntos de reglas en relación mutua, como por ejemplo un código o norma de diseño, o de instrucciones de fabricación, etc.

5. Práctica cultural.

La PCT es una *práctica cultural*, que por tanto da las ideas para las otras prácticas, en especial el fundamento de la PTC del *diseño*. Sus actividades son la función de los institutos o centros de investigación de las universidades o industrias. Por otra parte, la PTC es en general una función de los *sistemas tecnológicos concretos* (por ej. empresas de ingeniería o arquitectura de consultoría, cálculo, planeamiento, etc.).

Explícitamente (fig. 1) se puede decir que la unión de las PCT y PTC constituye una *práctica tecnológico-cultural* (PTK) de la sociedad, a saber:

$$PTK = PCT \cup PTC$$

Es decir, la *práctica tecnológico-científica* (*diseño* conceptual de la ingeniería) y la científica-tecnológica (ciencia de la ingeniería) son componentes de las prácticas culturales de una sociedad: unas para inventar y otras para explicar respectivamente. Esta condición relevante de la actividad cultural de la ingeniería es lo que hace que sea uno de los componentes principales de la sociedad moderna.

Estas prácticas culturales (PTK) sintetizan el *conocimiento tecnológico* por medio de los sistemas conceptuales propios de cada una de ellas (STC: por ej. planos, detalles, especificaciones, programas, etc. de objetos concretos posibles, y SCT: como teorías, leyes, hipótesis, datos, reglas sobre los referentes reales y posibles) creando históricamente a un subsistema en el interior de los sistemas conceptuales de la cultura humana: el subsistema de la cultura tecnológica de una sociedad. [R. Herrera (1990 a)].

En resumen, el producto conceptual de las prácticas tecnológicas, representado por los SCT y los STC, es un componente del *sistema conceptual de la cultura social*.

El producto cultural de las PTK se sintetiza con el siguiente concepto: se denomina *sistema conceptual de la tecnología* (SKT) [R. Herrera (1991b)] aquel cuya composición es:

$$SKT = (STC \cup SCT \cup CT)$$

donde CT denota a los *Conjuntos Técnicos*, componente que contiene los elementos no científicos producidos por la experiencia práctica de los hombres, representando entonces el conocimiento técnico coetáneo para la PT [R. Herrera (1990 a)].

6. Tecnosistemas y sistemas tecnológicos.

Las PT se dan en el interior de los principales subsistemas sociales de una sociedad [R. Herrera (1992)] : *sistemas económicos-productivos* E (producción material), *sistemas políticos* π , *sistemas culturales* K. Es decir, es una práctica que se realiza como componente de sistemas concretos (fig. 1 y 2).

La *ingeniería* como PT (PTE y PTC) se da usualmente en los subsistemas económico-productivos, por tanto:

$$I = PTC \cup PTE \in E$$

y como PTK se da en especial en los culturales, por tanto:

$$I = PTK = PTC \in K$$

Hay cierto tipo de subsistemas concretos que se denominarán *tecnosistemas*, los cuales tienen en su composición: seres humanos especializados y cierta clase de artefactos (por ej. ordenadores) y una organización muy tecnificada y racionalizada (por ej. una fábrica muy tecnificada y automatizada).

Algunos de estos tecnosistemas diseñan y construyen tecnosistemas u objetos tecnológicos que construyen a su vez tecnosistemas, los cuales se pueden llamar sistemas tecnológicos concretos o simplemente *sistemas tecnológicos* (ST), es decir, ST de producción (o de ejecución) y de diseño. Por ejemplo, un subsistema concreto de diseño y construcción de obras de producción hidroeléctrica (independientemente de la administración y mantenimiento del sistema).

Explícitamente, se llaman *sistemas tecnológicos* (ST) a una clase de tecnosistemas tal que, su estructura contiene un sistema de objetivos que fundamenta a sus funciones principales de transformación, invención, construcción y control de sistemas naturales, sociales y artificiales, y su composición contiene artefactos especiales y componentes sociales con educación especializada en la PT.

Los ST contienen dos tipos de sistemas sociales concretos: *sistemas tecnológicos de diseño* (STD) y *sistemas tecnológicos de ejecución o administración* (STM), es decir,

$$ST = STD \cup STM$$

donde ST es un *sistema tecnológico* (fig. 2).

El STD es un subsistema concreto cultural cuyo objetivo es el diseño o la PTC, el cual puede ser independiente o pertenecer a algún subsistema productivo, respectivamente: $STD \in K$ o $STD \in E$ y es tal que su práctica principal es la PTC.

El STM es un subsistema económico-productivo, cuya meta principal es la producción y el control de sistemas productivos, específicamente sistemas industriales o medios de producción material.

Los *sistemas científico-tecnológicos* (SCT) son medios de producción para las PTC (sirven de fundamento científico) y por tanto para las actividades de los ST. Por otra parte, los STC son los medios de producción de la PTE, pues sirven de guía para sus acciones.

Así la ingeniería es una PT que se produce dentro de los STD y STM, los que usualmente pertenecen a algún único tecnosistema de mayor dimensión.

La *ingeniería* o PT de los *tecnosistemas*, tiene por función general la producción de sistemas artificiales en la siguiente cadena productiva de las prácticas:

$$PC \Leftrightarrow PCT \Leftrightarrow PTC \Leftrightarrow PTE$$

donde la flecha indica interrelación sistémica (fig.1)

Usualmente las PC y la PCT se dan en centros de investigación universitarios (por ej. laboratorios) o en sistemas industriales o subsistemas de ellos. Esta la realizan ingenieros o científicos orientados hacia la investigación aplicada, profesores de las universidades o escuelas de ingeniería. La PTC es realizada principalmente por ingenieros, cuya meta en unión con la PTM es la de obtener productos y procesos listos para la producción. Producen ST y sus artefactos componentes, en el interior de los tecnosistemas de diseño y de ejecución como se ha descrito en párrafos anteriores.

La característica social de las *prácticas tecnológicas* es importante, porque muestra que la *tecnología* y específicamente la *ingeniería* son prácticas sociales realizadas por medio de subsistemas sociales concretos de una sociedad. Los componentes humanos que las realizan con la ayuda de máquinas y los productos que obtienen, conceptuales o concretos, son componentes de las fuerzas productivas del modo de producción existente, son medios de producción y no son independientes de la estructura social existente. La dirección del desarrollo tecnológico es dependiente

de la dominancia económica y de la ideología dominante, por tanto sus decisiones no son neutrales o independientes. El robotide o la bomba son artefactos útiles o malditos, pero su producción o su utilización son dependientes de lo sistemas sociales que los poseen. Las leyes que explican y las reglas que determinan el uso de ambos, son objetivas e independientes en cierta medida, pero no su función en la sociedad. El desarrollo de la tecnología si cambia las fuerzas productivas y las relaciones de producción de una sociedad, pero no todas. Algunos cambios pueden incrementar las contradicciones pero no resolver el problema de la apropiación, de la acumulación del producto social.

7. Tecnología e ingeniería

La estructura de la *práctica tecnológica* (PT) y por tanto de la *ingeniería* es la siguiente:

$$I \in PT: C \in ST \in E \in \sigma \rightarrow$$

$$o \in (A = A_a \cup N) \rightarrow SKT \in A_a \rightarrow SMT \in A_a$$

Mediante el conocimiento de las propiedades generales de la *práctica tecnológica* o de la *ingeniería* como práctica (actividad orientada), de sus componentes principales y de sus productos conceptuales y materiales, de su lugar en los subsistemas sociales, es posible representar en forma lógica extensional al concepto de *tecnología* [R.Herrera (1990 a), (1991 b)], la cual incluye los distintos elementos de las definiciones usuales de ella. Ello se puede hacer mediante una terna, la cual contiene sus componentes principales.

Sea

$$T = [PT, SKT, SMT]$$

donde:

SKT = sistemas conceptuales de la tecnología;
SMT = sistema materiales o concretos de la tecnología.

La terna mostrada contiene a la PT, al *sistema conceptual cultural de la tecnología* (SKT) y a los

objetos tecnológicos o artefactos (naturales o sociales: SMT). La *ingeniería* es un componente de T, cuya práctica se desarrolla en los *sistemas tecnológicos de diseño* (STD) y *ejecución* (STM).

Los dos últimos componentes de la terna son o pueden ser, medios de producción y productos de la PT. Obsérvese que PT produce ambos SKT y SMT, los SKT pueden representar a SMT y ser a su vez medios de producción de PT. Los SKT se basan en el conocimiento científico coetáneo a los objetivos y problemas de la PT correspondiente. También en SMT está incluida una práctica determinada de operación y mantenimiento y sus correspondiente sistema conceptual (desde planos constructivos a instrucciones de operación y mantenimiento) es decir por específicos SKT. Es decir, en cada artefacto (o sistema de artefactos como una industria), a veces denominado una tecnología, requiere de una práctica para su funcionamiento adecuado en el mundo de la artificis.

Por tanto la *tecnología* es una *práctica tecnológica* y como toda práctica tiene una estructura compuesta por: (i) los componentes (humanos o no) que la ejecutan, en general como componentes de un subsistema social (tecnosistema); (ii) los medios de producción que utiliza, conceptuales o SKT (artefactos culturales fijados materialmente en sistemas de información, etc.) y materiales o SMT (artefactos materiales como robotoides) y los productos de la transformación conceptual o material (artefactos conceptuales o materiales) que pueden ser a su vez sus objetos de transformación.

Obsérvese que algunos ideólogos llaman *tecnología* a SKT, es decir, la reducen a un sistema conceptual de conocimiento, lo cual no considera los procesos y productos del diseño y otros, que es lo más usual a los SMT, es decir, a los artefactos. Esto último es como confundir a la *ingeniería* con sus productos u artefactos. Al no considerarla como una práctica y substancializar el concepto y convertirlo en cosa material, entonces se pierde de vista las características sociales de los procesos de transformación y su dependencia y no autonomía de la estructura de la sociedad. Así se hace muy fácil culpar a la *ingeniería* o la *tecnología* en general, de todos los males de la humanidad

presentes y posibles sin analizar las verdaderas causas⁴.

Todas las *ingenierías* (como prácticas tecnológicas) tienen la misma estructura de todas las prácticas. La diferencia mutua entre las distintas clases de prácticas se hace evidente cuando se analiza su estructura como *práctica tecnológica*, especialmente por su referente u objeto de transformación. El análisis aquí expuesto permite hacer una *clasificación de las tecnologías* y específicamente de la llamada *ingeniería ortodoxa* y abre espacio para la consideración de ingenierías nuevas y que tienen como ciencias de apoyo a otra espectro distinto al usual y como objeto de transformación y producto diferentes.

El autor piensa que la síntesis que se ha hecho, puede ser de utilidad, como elemento de apoyo o como guía para la acción, a aquellos que realizan la práctica tecnológica educativa para la enseñanza de la ingeniería, en especial para el diseño de los sistemas curriculares correspondientes [R. Herrera (1990 b), (1992 b)].

8. El ingeniero y el científico.

Mediante la definición de la *tecnología* y de la *ingeniería* dada en las secciones anteriores, se esclarece la diferencia relativa con la ciencia, como práctica social y su correspondiente producto conceptual. Se ha analizado un subconjunto importante de la práctica científica denotado por el autor como PCT, la cual posee cualidades diferentes en algunos aspectos a las prácticas científicas fundamentales y que sirve de medio de producción o fundamento de la PT. Por otra parte se ha caracterizado un subconjunto de la PT en general denominado PTC o del *diseño*, la cual tiene características cualitativamente diferentes con las prácticas científicas.

Obsérvese que en la concepción del autor no se confunde práctica científica con ingeniería o tecnología en general, pues estas contienen a los procesos del diseño y la transformación material. Además la *tecnología* no se reduce al artefacto u

⁴ Un estudio más completo del concepto de tecnología y los otros conceptos desarrollados en este trabajo se pueden estudiar en R.Herrera, indicado en la bibliografía.

objeto tecnológico como es usual en la ideología dominante; tampoco se le confunde con los sistemas conceptuales de la ciencia reduciéndola a un sistema conceptual de una ciencia, ni mucho menos a un discurso sobre los objetos tecnológicos. Por otra parte se señala la característica fundamental de la *práctica científico-tecnológica* y sus productos conceptuales o ciencias tecnológicas, la cual consiste en que se propone explicar a los procesos y referentes que son o han sido producidos por las mismas prácticas tecnológicas en general, es decir son ciencias con la cualidad nueva de que trabajan además sobre lo artificial o sobre lo posible.

Son evidentes las diferencias existentes en el tipo de componentes o especialistas (ingenieros, médicos, agrónomos, administradores, etc.) que realizan la PT, su metodología y sus objetivos y su visión del mundo. En esta sección se profundizará un poco más sobre las características cualitativas que diferencian a los que hacen ciencia y los que hacen tecnología o en particular ingeniería.

Como se comentó anteriormente es usual que se confundan a la *práctica tecnológico-científica* con la *prácticas científico-tecnológica*, siendo esta última una *práctica científica* y las primera una *práctica tecnológica* propiamente, que aunque científicizada no tiene los mismos objetivos. Si por un lado los científicos (ejecutores de las prácticas científicas) tratarán de investigar cómo son y funcionan las cosas (naturales o sociales), por el otro los ingenieros (ejecutores de las prácticas tecnológicas, como por ej. la ingeniería) tratarán de cómo hacer artefactos que posean unas propiedades determinadas, es decir, diseñar. Como ilustración y para una mayor aclaración, obsérvese que una cosa es la práctica del diseño ingenieril y su producto conceptual, como son por ejemplo los cálculos matemáticos, los planos constructivos y los programas del proceso de trabajo necesarios para fabricar, producir o construir el objeto tecnológico y el proceso de la construcción del mismo, y otra el proceso del desarrollo experimental y teórico necesario para explicar el comportamiento de este objeto nuevo o artificial (o de varios en condiciones diferentes) ante acciones del ambiente. Para ello se requiere de una práctica científica que investigue y obtenga leyes particulares cuyos referentes son procesos

en condiciones específicas (por ejemplo, el movimiento de un fluido particular, como el agua, en un conducto específico) o teorías que expliquen el comportamiento del nuevo objeto (ciencias de la ingeniería, como por ej. mecánica estructural que trata de los sistemas estructurales de la construcción de edificios, puentes, etc.). Análoga diferenciación podría hacerse con otras prácticas, pues no solo los ingenieros diseñan, como por ejemplo las *prácticas médicas* o *tecnología biomédica*: prácticas de transformación y control de organismos animales (por ej. diseño y ejecución de un proceso quirúrgico, o el diagnóstico y la receta y el control del enfermo), en especial humanos (género *homo*) y la *práctica científico-tecnológica* de la *medicina* (las "ciencias médicas"), sus sistemas conceptuales: hipótesis, teorías, datos sobre un subsistema concreto particular, como por ejemplo el "sistema nervioso central en los humanos", que son prácticas científicas.

Debe señalarse que lo social como extranatural lleva implícito, al mismo tiempo lo natural y lo artificial, y tanto la actividad ingenieril como el saber ingenieril, aun teniendo su propia especificidad, son parte de la actividad social del hombre. Pese a ello, ni la unidad indisoluble de lo natural y de lo artificial, ni la existencia de sus formas mixtas, anulan su propia especificidad. Como se ha analizado en las secciones anteriores, todo ello ha creado prácticas nuevas y formas del saber y medios metodológicos nuevos.

Es claro que la diferenciación entre las prácticas es un poco convencional, pero se hace reproduciendo la especialización y división de trabajo existente. Como se ha discutido en la actividad real, la cadena productiva de la ciencia y la tecnología consiste de una interrelación cada vez más profunda en sus actividades, lo cual reproduce la socialización creciente del trabajo intelectual. En la práctica real tanto el ingeniero como el científico, ejecutores de las prácticas correspondientes, trabajan en el interior de sistemas concretos y por tanto necesariamente en cooperación compleja, en una imbricación del trabajo, es decir, una socialización del trabajo intelectual. Muchas veces el científico debe resolver problemas de tipo ingenieril o tecnológico como sucede en los procesos experimentales, en los cuales se dan los primeros pasos hacia la PTC, sin embargo ésa no

es su principal preocupación, en los procesos de investigación él puede ocuparse de la aplicación de sus concepciones científicas y poner a punto al menos en principio de aparatos de uso práctico, pero tales aplicaciones le son un medio no un fin inmediato [L. De Broglie (1956)]. También los ingenieros buscan sustentándose en los sistemas teóricos de la ciencias fundamentales y tecnológicas, naturales o sociales, la metodología para solucionar los problemas concretos del diseño y de la transformación directa. Además unos y otros utilizan, aún inconscientemente, el aparato conceptual filosófico general, las orientaciones cognoscitivas-teóricas de su rama del saber y pueden emplear cualquier instrumental metodológico de otras ciencias.

Análogamente a lo que sucede en los sistemas concretos de producción, en el trabajo intelectual puede darse una verdadera "división" donde cada trabajador se especializa en un trabajo parcial, o una "reunión" de varias especialidades distintas subordinadas a la producción de un solo producto o proceso conceptual al cual concurren todos, transformándose tales oficios en trabajos parcelarios. La intensificación actual de la división del trabajo si bien es un activador del progreso económico, de la especialización productiva y de la productividad, por otra parte crea condiciones socio-culturales problemáticas que no se discutirán aquí. La división intelectual del trabajo descrita en el campo de la ciencia y la tecnología, ha permitido la especialización del conocimiento y entonces el progreso general de la cultura.

El ingeniero de diseño muchas veces se orienta y dedica a realizar investigaciones de carácter científico, como es el caso de los ingenieros investigadores de las universidades, lo que muestra la íntima relación entre las PTC y la PCT. Sin embargo la especialización y diferenciación cualitativa existe y para comprenderla mejor, es conveniente el análisis y la separación formal como se hizo en la sección anterior, la cual reproduce en sus principales elementos a la práctica social actual.

Tanto el *ingeniero* como el *científico* resuelven problemas, pero en general tienen un "enfoque" con diferencias substanciales y con fundamentos comunes e universales. El científico requiere de una comprensión profunda y exacta de la realidad

objetiva que estudia, para poder explicar los procesos existentes mediante teorías y leyes que representan el saber en un momento histórico dado, es decir, con sus verdades en su condición relativa, histórica y concreta. Además se le hacen imprescindibles las representaciones filosóficas sobre la metodología que son la guía para determinar el objeto de estudio, las formas específicas del movimiento y del desarrollo, del cambio o estabilidad, de los nexos e interacciones, de las formas estructurales, etc. En los procesos de la actividad creadora, la ciencia filosófica, es decir, la lógica, la semántica, la epistemología o la ontología científicas, es tan importante y básica, como cualquier otra de las ciencias especiales. Muchas veces las erróneas "filosofías" que inconscientemente sustentan los científicos, conducen a modelos equivocados, que son permanentemente corregidos en los procesos reales de la explicación y la transformación.

El "tecnólogo" o en particular el *ingeniero* en su PTC tiene por objetivo construir, inventar, reorganizar, una realidad nueva, de donde resulta que no le serán suficientes las orientaciones científicas y filosóficas, pues requiere para lograr positivamente sus metas, usar o producir instrumentos cognoscitivos de una gran variedad. Antes de construir en la realidad el sistema artificial, debe poder realizarlo conceptualmente, o sea que deberá construir idealmente su objeto. Este proceso llamado aquí *diseño*, despliega lo ideal detalladamente a modo de "proyecto" y busca la seguridad de que al materializarse en objeto concreto, éste cumpla con los objetivos, funciones y condiciones consistentemente. Es por ello que en la etapa del diseño, de la síntesis de los sistemas conceptuales que representan a los posibles sistemas concretos por realizar, se necesitan medios tales como el experimento mental y la modelación, los cuales, ante todo, son lenguas específicas de la matemática y la lógica y en especial los métodos y medios de la heurística.

Así, mientras el científico se interesa principalmente por el conocimiento mismo, por buscar qué hay detrás de los hechos, dado que ello es lo que explica por qué las cosas se comportan como lo hacen y por lo menos ése es su objetivo inmediato, el *ingeniero* utiliza o requiere del conocimiento, de la explicación de las causas o de

las determinaciones de los procesos existentes, pero para efectuar el diseño y la acción inmediata y de tal modo que ésta sea cada vez más racional. A la pregunta del científico: ¿hemos aprendido algo?, el ingeniero dirá: ¿funciona?. La diferencia no es in rerum natura, sino en los fines; el uno, entender la estructura, el otro, crear una estructura con un propósito [J.O.Wisdom (1967)]. Es decir, el objetivo de la tecnología es la acción con éxito no el conocimiento puro [M. Bunge, (1972), p. 702].

Como Simon [Simon (1973-78), p.11] observa: "La ingeniería, los negocios, la arquitectura y la pintura no se ocupan de lo necesario sino de lo contingente, o no de cómo son las cosas sino de cómo podrían ser. En resumen del diseño o proyecto".

Así por ejemplo en la búsqueda de un producto nuevo se dan procesos experimentales en los cuales el interés no es el de refutar o contrastar hipótesis, sino en obtener conocimiento útil en forma de reglas para lograr un producto satisfactorio.

Tales reglas son diferentes a las leyes de la ciencia, pues responden a una situación particular y un propósito específico: intentar desarrollar un material en cierto tiempo y costo, y cumplir con una oportunidad social.

La distinción en la estructura del pensamiento de estas prácticas se sintetiza en lo siguiente: la ciencia se dedica a lo que es y la tecnología a lo que debe ser [H. A. Simon (1973)].

En general el ingeniero no procura los conocimientos básicos "sobre la naturaleza de las cosas", sino "sobre la síntesis de las cosas". Desde el punto de vista epistemológico, la diferencia consiste en que los enunciados científicos son elaborados para resolver problemas científicos; los tecnológicos, para lograr que ciertos procesos no sean imposibles [J. C. Jarvie (1972)], es decir, para conseguir unos fines y funcionar [H. Simon (1978), p. 19].

FIGURAS

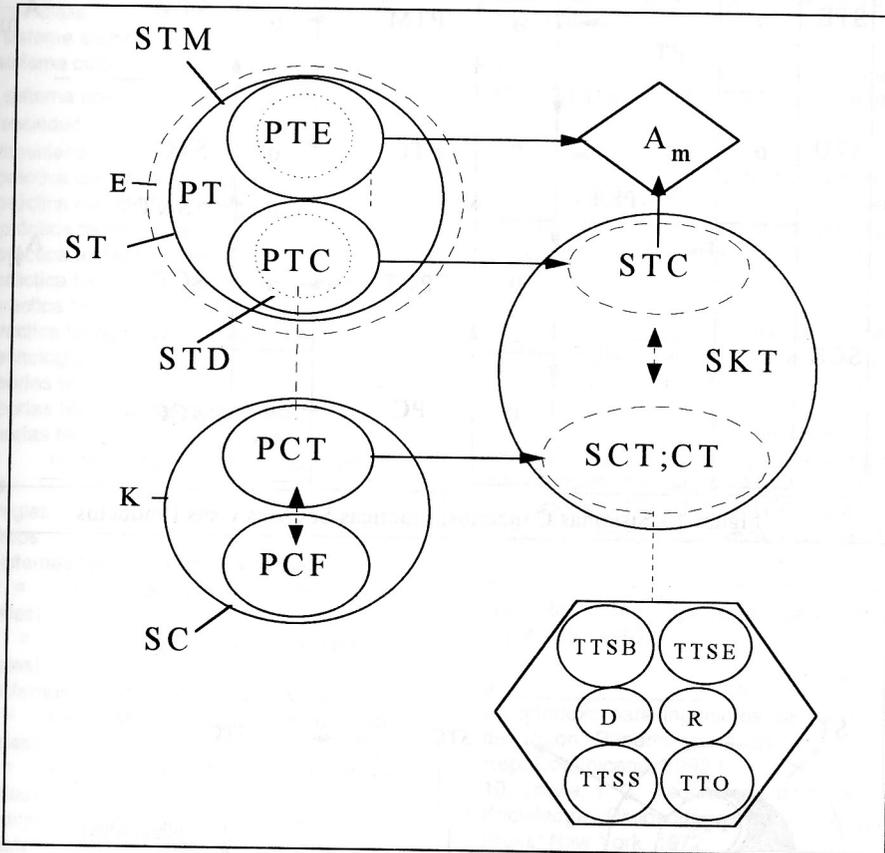


Fig. 1. Representación esquemática mostrando la relación entre los sistemas concretos, las prácticas y sus productos materiales y conceptuales.

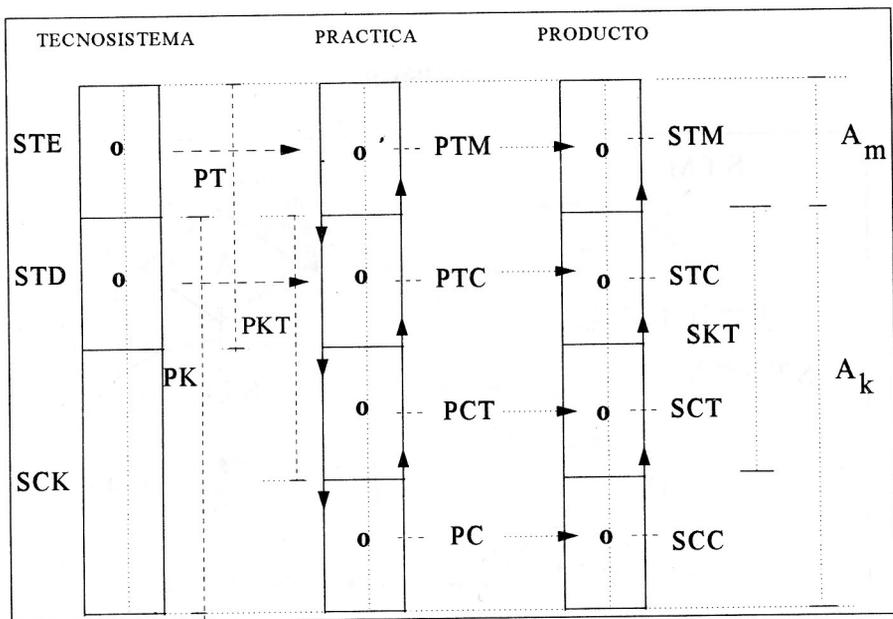


Figura 2 - Sistemas Concretos, Prácticas Sociales y sus Productos

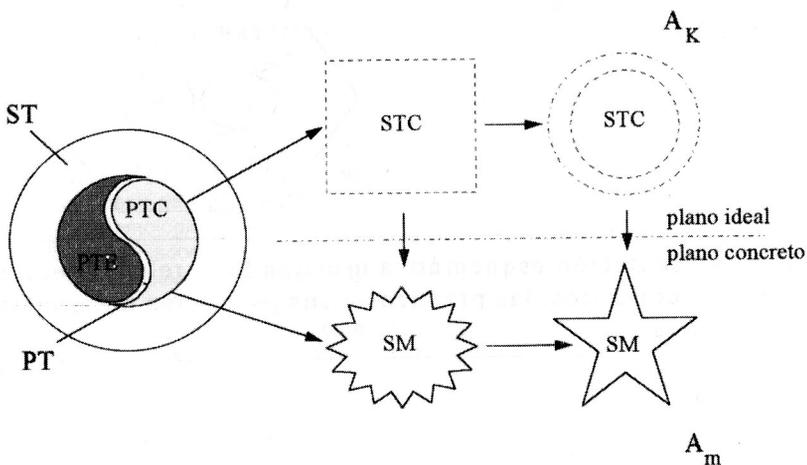


Fig.3 Esquema mostrando los procesos de transformación de las prácticas de diseño y ejecución (dirección-administración).

Símbolos.

A	= ambiente de una sociedad
A_d	= artefacto u objeto tecnológico
N	= naturaleza
E	= sistema económico
K	= sistema cultural
π	= sistema político
σ	= sociedad
I	= ingeniería
PC	= práctica científica fundamental
PCT	= práctica científico-tecnológica
PT	= práctica tecnológica
PTC	= práctica tecnológica-científica
PTE	= práctica tecnológica empírico-concreta
PTM	= práctica tecnológica administrativa
PTK	= práctica tecnológico-cultural
T	= tecnología
TT	= teorías tecnológicas
TTS	= teorías tecnológicas sustantivas
TTO	= teorías tecnológicas operativas
TTSS	= teorías tecnológicas sustantivas sistémicas
R	= reglas
D	= datos
STC	= sistemas tecnológicos conceptuales
SCT	= sistemas científico-tecnológicos (conceptuales)
STC	= sistemas tecnológico-científico (conceptuales)
SKT	= sistemas culturales de la tecnología
STS	= sistemas tecnológicos sustantivos (conceptuales)
STO	= sistemas tecnológicos operativos (conceptuales)
CT	= conjuntos técnicos (conceptuales)
ST	= sistemas tecnológicos (concretos)
STD	= sistemas tecnológicos de diseño (concretos)
STM	= sistemas tecnológicos de ejecución o administración (concretos)
\cup	= símbolo matemático que representa a la unión entre conjuntos.

Bibliografía.

1. Bunge, Mario. La Investigación Científica. 2a. edit. Ediciones Ariel: Barcelona, 1972.

2. De Broglie, Louis. Nouvelles Perspectives en Microphysique. Editorial Albin Michel: Paris, 1956.

3. Herrera J., Rodolfo. "La práctica tecnológica". Rev. Filosofía Univ. Costa Rica, XXVII (66), 349-359, 1989 a.

4. _____. "Tecnología y Sociedad". Rev. Filosofía Univ. Costa Rica, XXVII (67/68), 77-84, 1990 a.

5. _____. "Crítica al Modelo Ortodoxo de la Enseñanza de la Ingeniería e Ideas para su Modificación". Rev. Tecnología en Marcha, Inst. Tecnológico Costa Rica, Vol 10, no.1, 3-16, 1990 b.

6. _____. "Sistemas Conceptuales de la Tecnología", Rev. Ingeniería Univ. Costa Rica, 1(1), 67-68, 1991 a.

7. _____. "Tecnología: un marco teórico". En Ciencia y Tecnología en la construcción del futuro. Asociación costarricense de Historia y Filosofía de la Ciencia, Univ. Costa Rica, Edit. Angel Ruiz, Costa Rica, 1991 b.

8. _____. "Los Sistemas Tecnológicos concretos". Rev. Ingeniería Univ. Costa Rica, 2 (2): 43-58, 1992 a.

9. _____. "Un modelo de enseñanza no ortodoxo para ingenieros del futuro". Congreso de Unión Panamericana de Ingenieros UPADI, Rep. Dominicana, 1992 b.

10. Jarvie, I. C. Technology and the Structure of Knowledge. Philosophy and Technology. Ed. Free Press: New York, 1972.

11. Simon, Herbert A. Las Ciencias de los Artificial. Edit. The Massachusetts Institute of Technology por A.T.E., versión en español de Fingraf S.A.: España, 1978.

12. Skolimowski, H. Problems of True in Technology. Ingenor. Vol. 8, N° 5-7, pp.41-46, 1970.

Rodolfo Herrera J. Ing. Dr.
 Profesor emérito Univ. Costa Rica
 Apdo. 106-2050
 rherrera@ns.fing.ucr.ac.cr