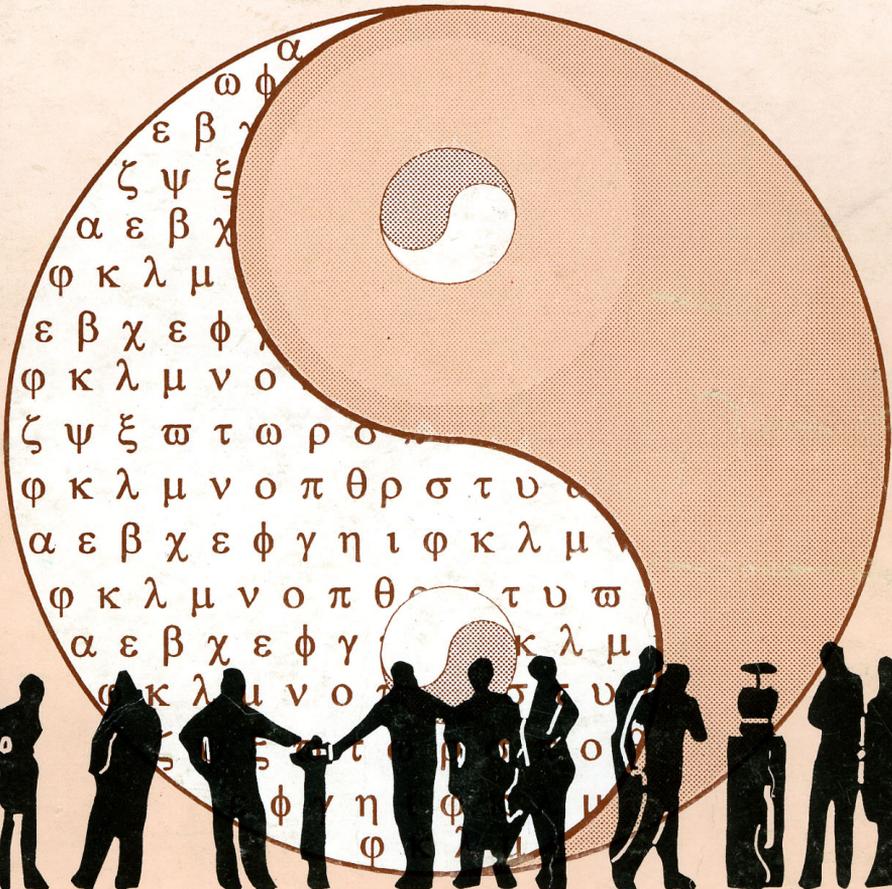


Ingeniería

Revista de la Universidad de Costa Rica
JULIO/DICIEMBRE 1992 VOLUMEN 2 Nº 2

620
IN



INGENIERIA

Revista Semestral de la Universidad de Costa Rica

Volumen 2 Julio-Diciembre 1992 Número 2

DIRECTOR

Rodolfo Herrera J.

EDITOR

Victor Herrera C.

CONSEJO EDITORIAL

Víctor Hugo Chacón P.

Ismael Mazón G.

Domingo Riggioni C.

CORRESPONDENCIA Y SUSCRIPCIONES

Editorial de la Universidad de Costa Rica

Apartado Postal 75

2060 Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

San José, Costa Rica

CANJES

Universidad de Costa Rica

Sistemas de Bibliotecas, Documentación e información

Unidad de Selección y Adquisiciones-CANJE

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

San José, Costa Rica

Suscripción anual:

Costa Rica: ₡750,00

Otros países: US \$20.00

Número suelto:

Costa Rica: ₡500,00

Otros países: US \$10.00



LOS SISTEMAS TECNOLOGICOS CONCRETOS

Rodolfo Herrera J.*

RESUMEN

Usando un enfoque sistémico, se estudian cierto tipo de subsistemas sociales que caracterizan a la sociedad contemporánea. Específicamente se definen aquellos tecnosistemas que realizan el diseño y la ejecución de artefactos y/o sistemas artificiales, los que se denominarán sistemas tecnológicos.

SUMMARY

Using a systemic approach the autor had study certain class of social subsystems of the actual society and specifically, the technosystems that carrying out the plans and the management of artefacts and artificial systems.

1. INTRODUCCIÓN.

La revolución científico-tecnológica de la sociedad contemporánea¹ consiste de una transformación radical de las fuerzas de producción, de la integración de la práctica científica a los procesos de transformación y de la conversión del producto científico-tecnológico en fuerza productiva, todo lo cual genera cambios revolucionarios en la base material y técnica de la producción social, en el carácter del trabajo, tanto en contenido como en forma, y en el incremento de la división social del trabajo.

La intensificación de la socialización de la producción y la racionalización de los procesos de transformación, han dado como resultado una mayor organización sistémica² de las prácticas sociales en el interior de sistemas concretos de producción. Han surgido complejos técnico-científicos, centros de ingeniería, que incorporan orgánicamente elementos científicos al sistema de relaciones de cálculo económico y a la creación del ciclo acabado de producción: investigación científica-tecnológica y tecnología de inversión, producción, realización, mantenimiento.

En este proceso emergen sistemas concretos especiales que contienen a peculiares sistemas artificiales, como por ejemplo la computadora u

ordenador, o un sistema de robotoides que sustituyen el trabajo manual, en conexión íntima con las actividades de los hombres y que le permiten a estos actuar con una mayor potencialidad, con una intensa red de información y con gran capacidad de comunicación. Esto produce una variación y reestructuración de las relaciones sociales "técnicas" de producción, pues las funciones productivas se relacionan cada vez más con el trabajo intelectual de dirección.

Aquí interesan dos tipos de sistemas concretos artificiales diseñados por la actividad humana: (i) los sistemas artificiales materiales (o artefactos físicos, químicos y biológicos), tales como máquinas, aparatos, mecanismos, vehículos, plantas industriales, etc. que se denominarán *sistemas técnicos* (St) y los sistemas artificiales sociales, tales como hospitales, granjas, universidades, bancos, etc., que se denominarán *tecnosistemas* (TS), los cuales contienen a los primeros.

Los componentes de los St son objetos materiales no humanos o simplemente materiales, los componentes de los TS son objetos materiales y seres humanos.

En este trabajo se estudiarán las características de los TS, y específicamente cierta clase de estos

* Profesor emérito y exdecano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica

cuyas funciones son exclusivamente la producción y el control de St y TS. Tales TS se denominarán *sistemas tecnológicos* (ST).

Estos sistemas contienen la unión sistémica de las "*prácticas tecnológicas*" (PT) y constituyen una forma superior de organización para el cumplimiento de sus acciones transformadoras. Por el carácter de las PT las actividades humanas se realizan basadas en el conocimiento científico existente³.

2. PRÁCTICA TECNOLÓGICA.

La *Ingeniería* como práctica social consiste de la unión de dos tipos de práctica⁴: (i) una *práctica empírico-concreta*, que se denominará *práctica tecnológica-administrativa* o ejecutiva⁵ (PTE = PTM), cuyo objetivo principal es la dirección, decisión, y el control de los procesos de transformación y producción de cosas, sistemas concretos o cambios de estado de estos. Es una práctica administrativa en sentido global; y (ii) una *práctica cultural-conceptual* que se denominará *práctica tecnológico-científica*⁶ (PTC), la cual tiene por objetivo principal el diseño de los sistemas artificiales concretos y conceptuales que utiliza o sirven de medio de producción de la PTM.

El diseño es un proceso conceptual por medio del cual se crean los sistemas conceptuales que representan a los posibles objetos tecnológicos concretos o sistemas artificiales, por construir o producir. Este proceso se fundamenta en el conocimiento científico existente y se cristaliza materialmente por medio de sistemas de información (planos, esquemas, modelos, gráficos, reglas de acción, etc.), representando el proceso previo que realizan los hombres organizados antes de llevar a cabo la transformación de la naturaleza, del ambiente, de la sociedad o de las relaciones sociales mismas. Es la acción conciente, de carácter mediato y por tanto racional, que caracteriza a la sociedad moderna.

Este proceso tiene la misma estructura de toda práctica teórica-conceptual, específicamente la científica, pues se da en un nivel ideal. Conviene

aclarar que su objetivo no es producir conocimientos o el dar explicaciones mediante cuerpos teóricos de lo que es, de los procesos existentes o posibles. Se mueve en un nivel más "práctico" pues su objetivo es la creación conceptual de objetos y estados posibles, cuyo funcionamiento y realización se pueden efectivamente concretar en la realidad, y fundando sus acciones en los sistemas conceptuales de la "ciencia" o estas la contienen en "estado práctico"⁷.

Este proceso de ensamblaje requiere un conocimiento de los elementos básicos o "ladrillos" constructivos del referente de estudio. Es decir, de los componentes, de la estructura o de las formas de organización y de dirección, de los diferentes nexos e interacciones, de los mecanismos del funcionamiento y del desarrollo del objeto artificial. El "*diseño*" reúne a la práctica del proyecto, del diseño específico o cálculo, de la modelación, de la programación, de la planificación, de la pronosticación y conduce a la elaboración de "*patentes*", planos, especificaciones, programas, etc. La metodología del diseño contiene el principio de elaboración de lo nuevo por lo conocido, proceso que en el siglo XX se ha convertido en un fenómeno cualitativamente nuevo por su elaboración masiva y procesual.

De esta práctica surgen las condiciones posibilitantes para las prácticas transformadoras directas, como la PTM, pues da las ideas que sirven de guías para la acción racional, la cual además del conocimiento científico-tecnológico utiliza conocimiento ordinario y sentido común, que en conjunto dan el criterio práctico. Esta práctica además, es el puente entre el conocimiento científico y la acción transformadora.

3. TECNOSISTEMAS.

La Ingeniería o la práctica tecnológica en general se dan en el interior de sistemas concretos, subsistemas de los principales subsistemas sociales: biológico, económico, cultural y político. En especial la Ingeniería constituye un elemento básico de

los sistemas económicos o sistemas de la producción material (por ejemplo las industrias).

En la sociedad actual se ha producido en gran escala lo que podría llamarse la "cientifización" de la producción, entendiéndose con ello una combinación racional de las fuerzas productivas, medios de producción y relaciones de producción, de tal modo que los sistemas administran sus actividades "optimizando" sus funciones mediante modos de organización que pretenden la mayor eficiencia en sus actividades, asignando funciones necesarias a los hombres y a las cosas. Ejemplo de tales sistemas pueden ser: una planta industrial moderna, una red de comunicaciones, un subsistema de información que utilice ordenadores, etc.

Sintetizando se puede decir que hay ciertos sistemas, en especial económicos⁸, que cumplen con las siguientes características:

Definición. Un subsistema social es un *tecnosistema*⁹ (TS) si y sólo si: (i) la *composición* contiene hombres y algunos artefactos especiales o St; (ii) su *ambiente* directo está contenido en el ambiente de la sociedad correspondiente y contiene aquellos elementos que no están en la composición del tecnosistema; (iii) su *estructura*¹⁰ contiene relaciones que incluyen prácticas culturales, como la PTC y a las prácticas tecnológico-administrativas (PTM), por ejemplo, algunas de tales relaciones constituyen las funciones de producción, mantenimiento, uso y mercadeo de artefactos.

Más explícitamente:

Definición. Sea $\tau \in \sigma$ un subsistema económico de la sociedad $\sigma = \wedge [C, E, A]$. Se dirá que $\tau = \wedge [C', E', A']$ es un *tecnosistema* si y sólo si :

(i) su *composición* es tal que:

$$C'(\tau) = C''(\tau) \cup A, \quad C''(\tau) < C(\sigma), \quad A < A(\sigma),$$

donde:

A es un conjunto de artefactos especiales o St, $C''(\tau)$ es un conjunto que contiene los recursos

humanos del sistema o fuerza humana de trabajo (obreros, ingenieros, etc.);

(ii) su ambiente es tal que:

$$A'(\tau) = [C(\sigma) - C'(\tau)] \cup ([A(\sigma) - A];$$

(iii) su *estructura* es tal que:

$$E'(\tau) < E(\sigma), \quad E'(\tau) = S_L \cup (L_L \cup K_L \cup M_L)$$

donde: S_L representa al conjunto de relaciones sociales asociado al tipo de producción económica, entre ellas la división técnica del trabajo; L_L, K_L, M_L , denotan las relaciones que representan a las distintas clases de práctica social involucrada en el proceso de producción correspondiente. Así L_L , representa el trabajo primario o labor en la producción, K_L, M_L , a las prácticas tecnológicas cultural y administrativa necesarias para el sistema, respectivamente. Este conjunto de relaciones propias para el subsistema son parte de las relaciones de producción de la sociedad correspondiente, las cuales son la condición de existencia de la producción y viceversa.

De la división del trabajo determinada por el modo de producción de la sociedad correspondiente, resulta siguiente:

$$C''(\tau) = {}^1P_L \cup {}^2P_L \cup {}^3P_L$$

donde el índice superior identifica a la clase de fuerza de trabajo del sector y el inferior al sistema económico-productivo. Entonces los ${}^iP_L, i=1,2,3$, representan respectivamente al conjunto de trabajadores primarios (labor), secundarios (cultural) y terciarios (administrativo), involucrados en la práctica global del sistema, en este caso, del sistema económico-productivo.

Esta división del trabajo está determinada socialmente según el grado de desarrollo social y el modo de producción correspondiente. Aunque este estudio no considera el aspecto tecnológico-económico, sin embargo es evidente que la

productividad de los sistemas económico-productivos es el resultado de las prácticas o sea de la actividad laboral orientada a un fin de los trabajadores, sin la cual los recursos sociales no se transforman en los medios de producción y de consumo que requiere la sociedad.

Las relaciones sociales son la estructura de conexiones de los componentes de la sociedad, de la organización de los subsistemas productivos y entonces, las que prescriben las reglas racionales o no a que se atienen los hombres (trabajadores) en su actividad conjunta y cooperadora. En S_L están contenidas las relaciones de producción que son diferentes según el modo de producción social, en general existen al margen de la voluntad y la conciencia de los componentes del subsistema y son el contenido esencial del trabajo social. La forma de expresión son las relaciones jurídico-políticas, entre las cuales figuran las administrativas propiamente. Al modificarse estas últimas, los hombres regulan, en forma consciente y planificada la producción social. Sin embargo tal modificación se deberá asentar en el conocimiento de las relaciones de propiedad, del vínculo entre el trabajador y los medios de producción, etc. Las relaciones de organización se cumplen mediante órdenes, instrucciones y otros documentos normativos, es decir, en sistemas y flujo de información.

Las propiedades de estos sistemas normalmente se constituyen en una "estructura de datos estable", como es el hecho de que un sistema posea determinada composición (por ejemplo el hecho de que los socios de una firma tengan un nombre), la cual no se modifica con cada uno de los usos o aplicaciones del sistema. Desde la perspectiva de la información y de su flujo, las reglas procedimentales que representan a las funciones de organización o estructura de un sistema, son incluidas en el modelo de datos de éste, donde el conjunto de datos estable forma la mayor parte del modelo¹¹.

Postulado. El "modelo mínimo" de un TS será el siguiente:

$$\tau = \wedge [A(^1P_L \cup ^2P_L \cup ^3P_L), S_L \cup (L_L \cup K_L \cup M_L), A'(\tau)],$$

Un TS puede contener un orden de niveles sistémicos o subsistemas: una planta industrial contendrá *subsistemas técnicos* (como por ejemplo las máquinas) o a un sistema tecnológico como el que se estudiará luego. Existen subsistemas de relaciones que representan cierto tipo de prácticas, como son por ejemplo relaciones especiales hombre-máquina, hombre-hombre, en determinados subsistemas.

Los TS representan nuevas y distintas formas de producción, estableciendo un nuevo carácter a la unidad entre la fuerza productiva humana y los medios de producción materiales, una transformación de la relación entre el trabajador y los medios de producción, reemplazando la función de portador de herramientas, eliminando el contacto directo con el objeto del trabajo y actualmente, "extendiendo su cerebro" por medio de artefactos como los ordenadores, constituyendo una dirección más intelectual de los procesos productivos. En efecto, la organización del trabajo tiende a sustituir cada vez más las operaciones manuales por operaciones de artefactos, independizando la organización de la producción de las propiedades manuales (o labor directa) de la fuerza de trabajo humana, por lo que el trabajador y el medio de trabajo se separan con formas de evolución distintas. La máquina-herramienta de las anteriores revoluciones industriales ya constituían "un esqueleto material independiente de los propios obreros" (C. Marx: 1975-1978), mientras los artefactos como los ordenadores y robotoides de la actual revolución industrial, constituyen para los trabajadores actuales además de lo anterior, una especie de extensión de su capacidad intelectual.

4. SISTEMAS TECNOLÓGICOS (ST).

Como se afirmó previamente existen algunos subsistemas sociales que se encargan de realizar las principales actividades que inventan y construyen los artefactos o los cambios de estado de los sistemas naturales y sociales, es decir, que realizan la PT. Tales subsistemas son en general *tecnosistemas* que producen St y TS explícitamente:



Definición. Se dice que un TS es un sistema tecnológico (ST) si y sólo si su estructura incluye la práctica tecnológica (PTC \cup PTE): invento, construcción y control de sistemas naturales, sociales y artificiales, y su composición contiene algunos artefactos especiales (por ejemplo, St) y a seres racionales con educación especializada.

Por ejemplo un sistema concreto encargado del diseño y construcción de una obra hidroeléctrica o de una central nuclear (ambos tecnosistemas), es un ST, en general caracterizado por las siguientes coordenadas: (i) composición: obreros, técnicos, tecnólogos, administradores, ingenieros, científicos y algunos artefactos tales como ordenadores y equipos electrónicos en vínculo mutuo; (ii) ambiente inmediato: un ecosistema específico, etc., (iii) estructura: un conjunto de relaciones que constituyen a las actividades humanas que realizan el proceso de diseño y construcción del tecnosistema, cuya práctica principal es la tecnológica-administrativa.

Muchos de estos TS son subsistemas de sistemas económico-productivos más amplios.

Postulado. Los ST contienen dos tipos posibles de subsistemas concretos¹²: sistemas de diseño (STD), sistemas de ejecución (STE) y control (administración). Es decir, ST = STD \cup STE. Los sistemas STD y STE pueden pertenecer a alguno de los subsistemas de la sociedad: económico, cultural o político.

Los STD, dada la clase de práctica principal que cumplen sus componentes, tienen su enfoque dirigido a la creación conceptual de los sistemas artificiales nuevos o la mejora de los existentes, en especial los sistemas técnicos, así como al diseño de los procesos de modelación, planeamiento, control, dirección, producción de los mismos, tal es su Welstanchauung. Su estructura tiene relaciones de información muy estrechas con otros subsistemas científicos, como por ejemplo los laboratorios de investigación experimental. En ellos se reproduce determinados procesos naturales mediante la descomposición y composición del objeto, la modelación, la precisión de sus interacciones y de las condiciones reales de su existencia posible, etc.

Estos sistemas se encargan de diseñar, desde un artefacto como una computadora o un tecnosistema hasta un sistema hidroeléctrico o una fábrica. Análogamente, el sistema de tránsito de una central aérea o aeropuerto, el sistema de actividades humanas de un hospital o de un sistema de informática de un banco, etc., o un sistema de reglas que constituyen una determinada estructura jurídica o de un código de construcción.

En unos casos se trata del diseño de sistemas sustantivos y en otros casos de sistemas operativos¹³. También diseñan el sistema operativo necesario para realizar racionalmente su propia práctica: modelo de reglas de acción y procedimientos que constituyen una metodología.

El sistema tecnológico de diseño es un subsistema cultural, pues sus componentes principales son "trabajadores culturales" o los protagonistas de una práctica tecnológica-científica, la cual da las ideas para la transformación racional. Están implicados en una práctica con objetivos culturales directos, tiene el mismo ambiente o referente concreto de transformación, observación y acción racional. Utilizan un conjunto de artefactos como libros, computadoras, aparatos de medición, etc. y realizan un trabajo cultural propio, como es el proceso global de diseño (investigar, escribir, calcular, instruir, etc.). En resumen:

Postulado. El modelo mínimo $\langle C, E, A \rangle$ de un STD es el siguiente:

$$\tau = \wedge [A \cup ({}^1P_K \cup {}^2P_K \cup {}^3P_K), S_K \cup (L_K \cup K_K \cup M_K), E'(\tau)]$$

donde el subíndice K indica el objetivo esencial del sistema, en este caso la práctica cultural. Los elementos de la terna $({}^1P_K, {}^2P_K, {}^3P_K)$, son respectivamente los trabajadores primarios, culturales y administrativos, involucrados en la práctica global del sistema. S_K representa a las relaciones sociales globales asociadas al tipo de producción cultural y L_K, K_K, M_K , denotan a las relaciones sociales que representan a las distintas prácticas involucradas. Así: L_K , la "labor"

requerida para que se cumplan las otras; K_k la práctica cultural (PTC), y M_k a la práctica administrativa que controla a las otras prácticas.

Definición. Los sistemas tecnológicos de ejecución (STE) son TS encargados de producir St y TS y contiene la unión sistémica de dos prácticas empírico-concretas: la *práctica tecnológico-directora* (dirección, inspección, decisión, etc) y a la *práctica tecnológico-administradora* (control, organización, etc.). Es decir, es una práctica de administración en sentido global.

La representación de su modelo mínimo sería la misma que la del STD, salvo que en lugar del subíndice K se usaría el M, para señalar su carácter administrativo en general.

La composición tiene una *Welstanchauung* orientada a la acción, la utilidad, la economía, la resolución o tratamiento de "situaciones problemáticas" en las actividades humanas¹⁴ del sistema, la toma de decisiones, pues un objetivo inmediato es la organización de la transformación directa según las condiciones preestablecidas, por lo menos como guía para la acción, del producto de los STD, como por ejemplo planos e instrucciones específicas sobre el referente de transformación, por construir o fabricar. La estructura contiene relaciones sociales sobre la división técnica del trabajo y otras de control de normas, etc.

Los STE frecuentemente contienen STD, existiendo una relación vinculante muy fuerte, pues en todo proceso tecnológico la interfase entre los ingenieros diseñadores y los ejecutores (en el caso de la Ingeniería) está mediada por los productos conceptuales de los primeros, materializados en sistemas de información, como por ejemplo los "planos" (sobre sistemas sustantivos u operativos) de un proyecto de Ingeniería.

5. ACTIVIDADES DE LOS SISTEMAS TECNOLÓGICOS.

Se enumeran a continuación algunas de las

actividades principales de un ST:

- (i) Diseño del sistema conceptual operativo del sistema tecnológico de diseño (es decir, su estructura);
- (ii) Diseño del sistema conceptual sustantivo y operativo del artefacto o sistema tecnológico diseñado (TS o St posible o cambio de estado);
- (iii) Diseño del sistema conceptual operativo que representará al sistema de actividades humanas que ejecutarán el proyecto o sistema sustantivo diseñado;
- (iv) Ejecución del prototipo del artefacto, acción que en general es simultánea con (ii) y se da para St;
- (v) Construcción del TS, el cual en algunos casos podría ser el que produciría el artefacto prototipo anterior;
- (vi) Diseño del sistema operativo de la producción, control, mercadeo, venta, etc. del sistema artificial construido, idealmente un tecnosistema.

La Figura 1 contiene un esquema que muestra a las actividades más relevantes de los ST, con los principales elementos del proceso productivo de artefactos o de servicios.

La indicación de la "acción política" se hace necesaria, dado que los sistemas tecnológicos son el resultado de acciones políticas, estatales o empresariales, sean externas o no al sistema productivo específico. Es decir, estos sistemas dependen de ciertas relaciones socio-políticas¹⁵ como se ha expresado en el modelo mínimo mediante SL.

En la Figura 2 se esquematizan los *sistemas tecnológicos de diseño* (STD) y *de ejecución* (STE), incluyendo sus entradas y salidas. El doble círculo interior, de línea quebrada, representa al sistema conceptual, propiedad del sistema concreto. Este es un sistema de información contenido en especial en ordenadores y en el cerebro de sus componentes principales del sistema. El STD elabora, reorganiza, controla, crea información respecto a estados del mundo y el STE almacena información respecto a las acciones sobre el mundo y toma decisiones para su ejecución.

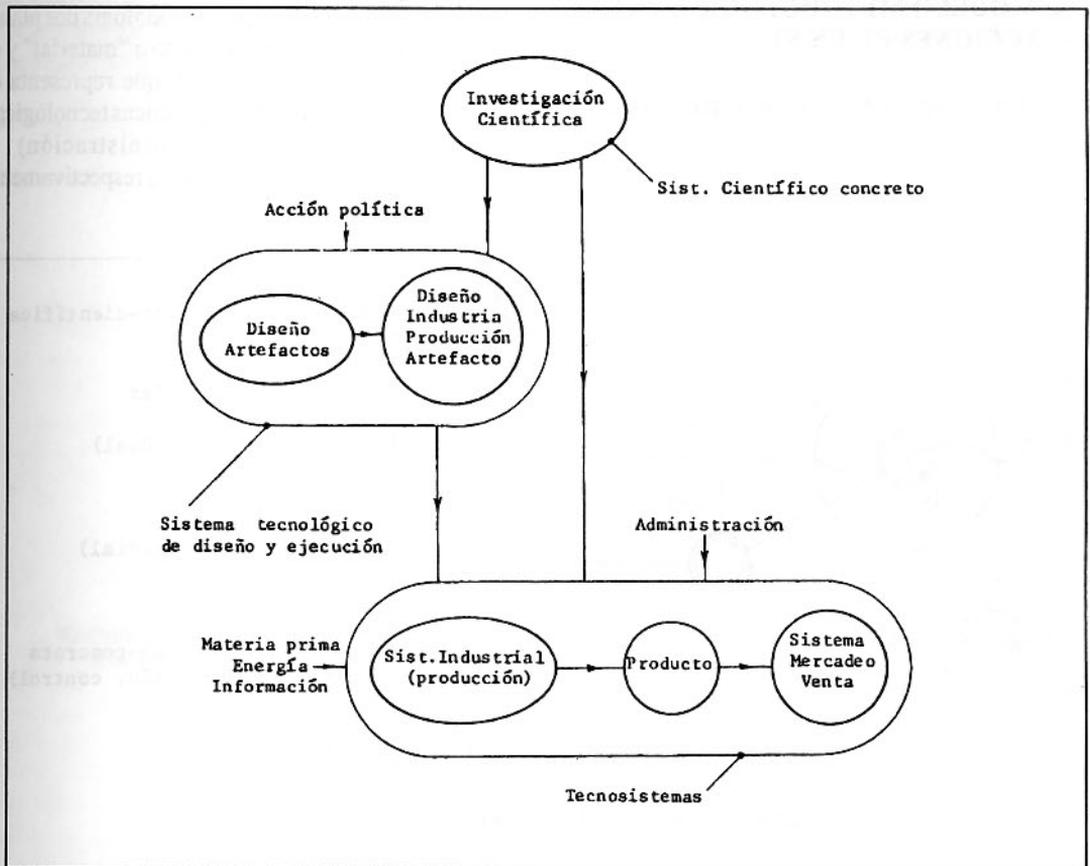


FIGURA 1 ESQUEMA QUE MUESTRA A LOS PRINCIPALES SISTEMAS PRODUCTIVOS DE UNA SOCIEDAD

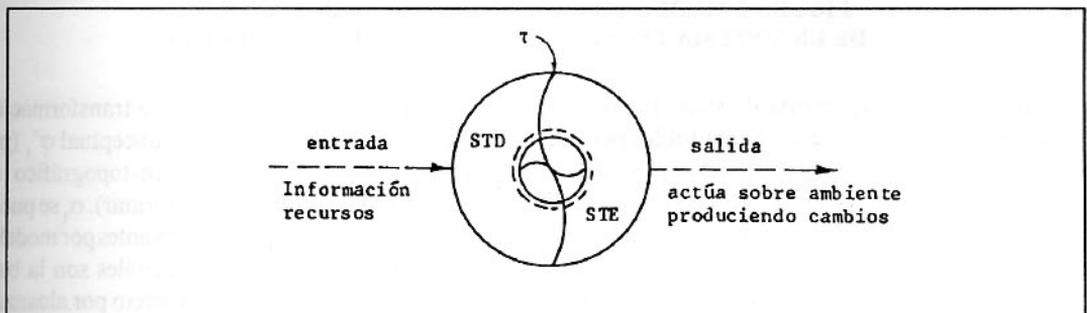


FIGURA 2 SISTEMA TECNOLÓGICO DE DISEÑO Y EJECUCIÓN

6. MODELO METODOLÓGICO PARA LAS ACCIONES DE UN ST.

En la Figura 3 se muestra, para el caso de la Ingeniería, un esquema explicativo para las actividades de un sistema tecnológico de diseño y su

construcción. Se usan por metodología dos planos de referencia: el plano concreto o "material" y el plano conceptual o "ideal"¹⁶, que representa el nivel de las acciones de las prácticas tecnológicas-concretas (ejecución, administración) y tecnológico-científicas (diseño), respectivamente.

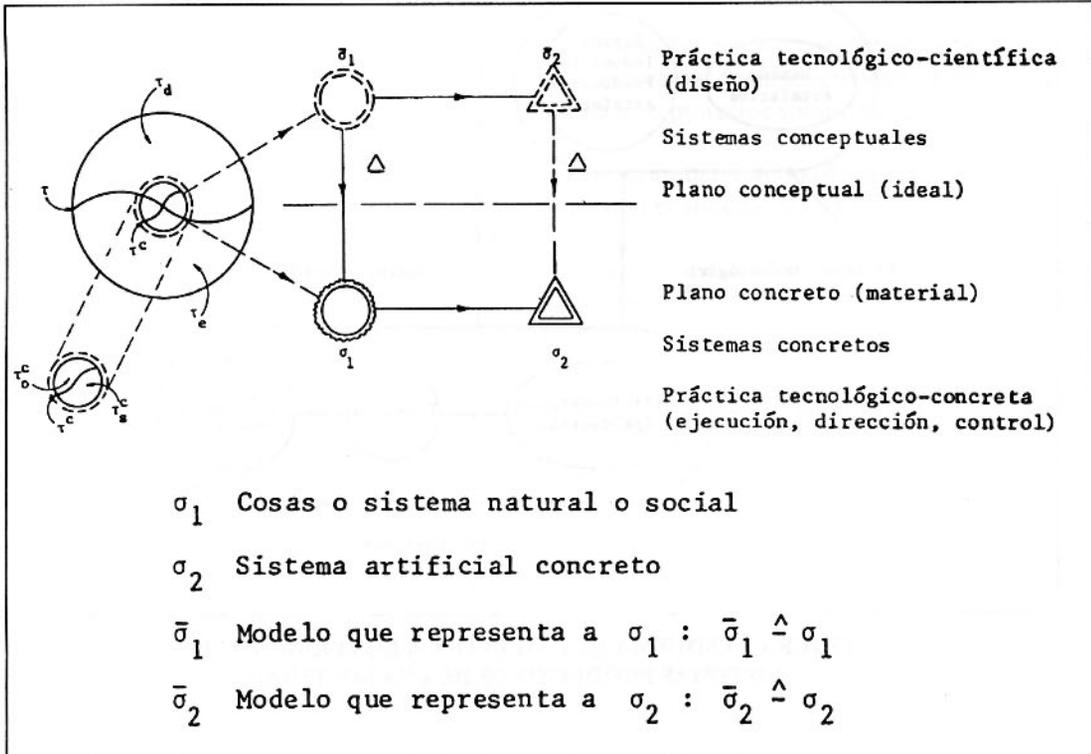


FIGURA 3 MODELO REPRESENTANDO A LAS ACCIONES DE UN SISTEMA TECNOLÓGICO DE DISEÑO Y EJECUCION

El círculo exterior representa al sistema tecnológico concreto τ , el cual está constituido por dos componentes: el *sistema de diseño* τ_d (STD) y el *sistema de ejecución* τ_e (STE), respectivamente. El doble círculo interior representa el *sistema conceptual tecnológico* τ_c , que es una propiedad y recurso del sistema concreto, el cual consiste de la unión de dos componentes: un *sistema tecnológico operativo* τ_o^c (STO) y un *sistema tecnológico sustantivo* τ_s^c (STS). Ambos componentes del sistema tecnológico concreto "contienen" a *sistemas conceptuales operativos y sustantivos*.

La cosa o sistema σ_1 objeto de la transformación es el referente de un sistema conceptual σ'_1 (por ejemplo el modelo geográfico-topográfico de determinada región por transformar). σ_1 se puede representar en sus aspectos relevantes por modelos aproximadamente reales, los cuales son la base para el diseño del sistema concreto por alcanzar. Con σ_2 se indica el sistema conceptual tecnológico que representa al sistema concreto por construir σ_2 y es el resultado del diseño. En la parte inferior y con σ_2 se indica al sistema construido, el cual sería el nuevo sistema artificial.

En la figura 4 se representan esquemáticamente a todos los procesos involucrados en la práctica y la producción de los sistemas tecnológicos de

diseño y ejecución, la cual es autoexplicativa. Obviamente aquí no se analiza el proceso económico correspondiente.

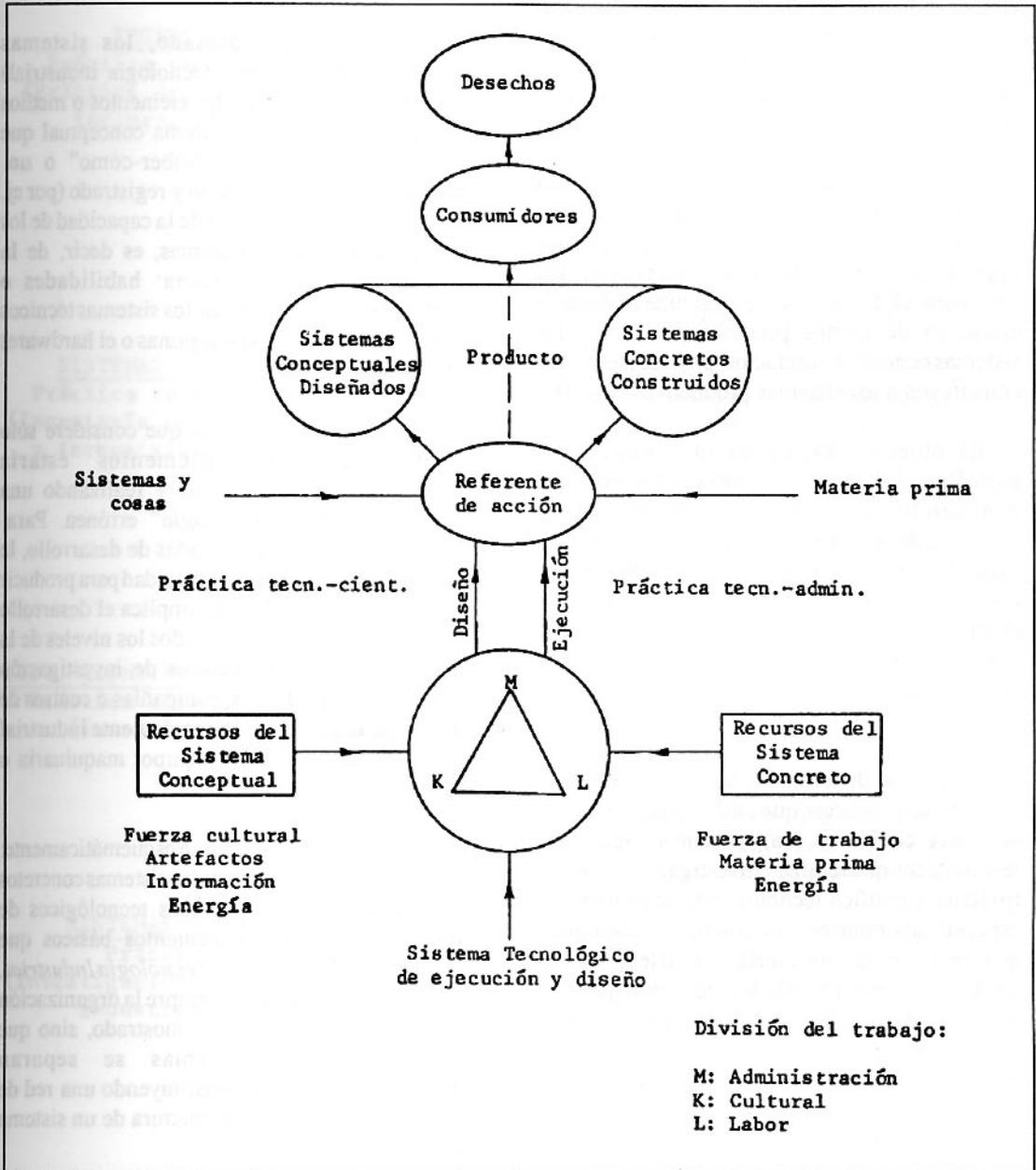


FIGURA 4 ESQUEMA PARA LA ESTRUCTURA DE LA PRACTICA TECNOLOGICA

7. TECNOLOGÍA INDUSTRIAL.

En la edad moderna, la *Tecnología*¹⁷ ha sido conscientemente generada mediante la vinculación entre los procesos de investigación científica básica y aplicada y el diseño ingenieril (PTC), es decir, de la interrelación de las prácticas científicas, científico-tecnológicas y tecnológico-científicas.

La práctica tecnológica industrial, realizada por los componentes de los sistemas concretos de diseño y transformación (producción), crea dos tipos de productos: sistemas conceptuales que contienen el conocimiento organizado para la ejecución de ciertos procesos posibles y los sistemas concretos, artefactos, procesos, etc., que constituyen a los sistemas productivos (fig. 4).

El objetivo básico es la "*innovación tecnológica*", la cual se concentra en dos procesos: (i) desarrollar conocimiento en "cómo-producir" un artefacto o sistema artificial (producto) no existente en el mercado y (ii) en desarrollar conocimiento en "cómo-mejorar" el comportamiento o función de un producto existente, reduciendo su costo en general o aumentando la eficacia de su distribución o de su función.

Lo que se denomina Tecnología Industrial consiste de un proceso que unifica a los siguientes sistemas concretos: (a) sistemas científico-tecnológicos que realizan investigación aplicada (práctica científico-tecnológica) que contiene en especial laboratorios; (b) sistemas tecnológicos que realizan la ingeniería del diseño de los artefactos y tecnosistemas de producción (práctica tecnológico-científica); (c) sistemas tecnológicos que construyen y producen los tecnosistemas (práctica tecnológico-concreta o de ejecución; y (d) los tecnosistemas o los sistemas productivos propiamente (práctica económico-productiva).

En la Figura 5 se muestra a la cadena productiva de las prácticas, con sus sistemas concretos respectivos y la indicación de las actividades principales¹⁸.

Como se ha expresado, los sistemas económico-productivos (tecnología industrial) dependen de los siguientes elementos o medios de producción: (i) del sistema conceptual que posean, el cual es un "saber-cómo" o un conocimiento documentado y registrado (por ej. patentes industriales); (ii) de la capacidad de los componentes de los sistemas, es decir, de la fuerza productiva humana: habilidades o tecnología blanda; y (iii) de los sistemas técnicos o artefactos (por ej. las máquinas o el hardware) que posean.

Una estrategia política que considere sólo alguno de estos elementos estaría desensamblando el sistema y realizando una "*transferencia de tecnología*" errónea. Para crear condiciones equilibradas de desarrollo, la sociedad debe alcanzar la capacidad para producir los tres elementos, lo cual implica el desarrollo de sistemas educativos en todos los niveles de la división del trabajo, centros de investigación científica y tecnológica, compañías o centros de diseño de Ingeniería y lo propiamente industrial o sea, la producción de equipo, maquinaria o bienes de capital.

En la Figura 6 se muestran esquemáticamente: la jerarquía organizativa de los sistemas concretos involucrados en los procesos tecnológicos de transformación y los elementos básicos que conforman el núcleo de la *Tecnología Industrial*. Debe observarse que no siempre la organización sistémica sigue el modelo mostrado, sino que más bien, los sistemas se separan administrativamente, constituyendo una red de relaciones mutuas o la estructura de un sistema productivo más grande.

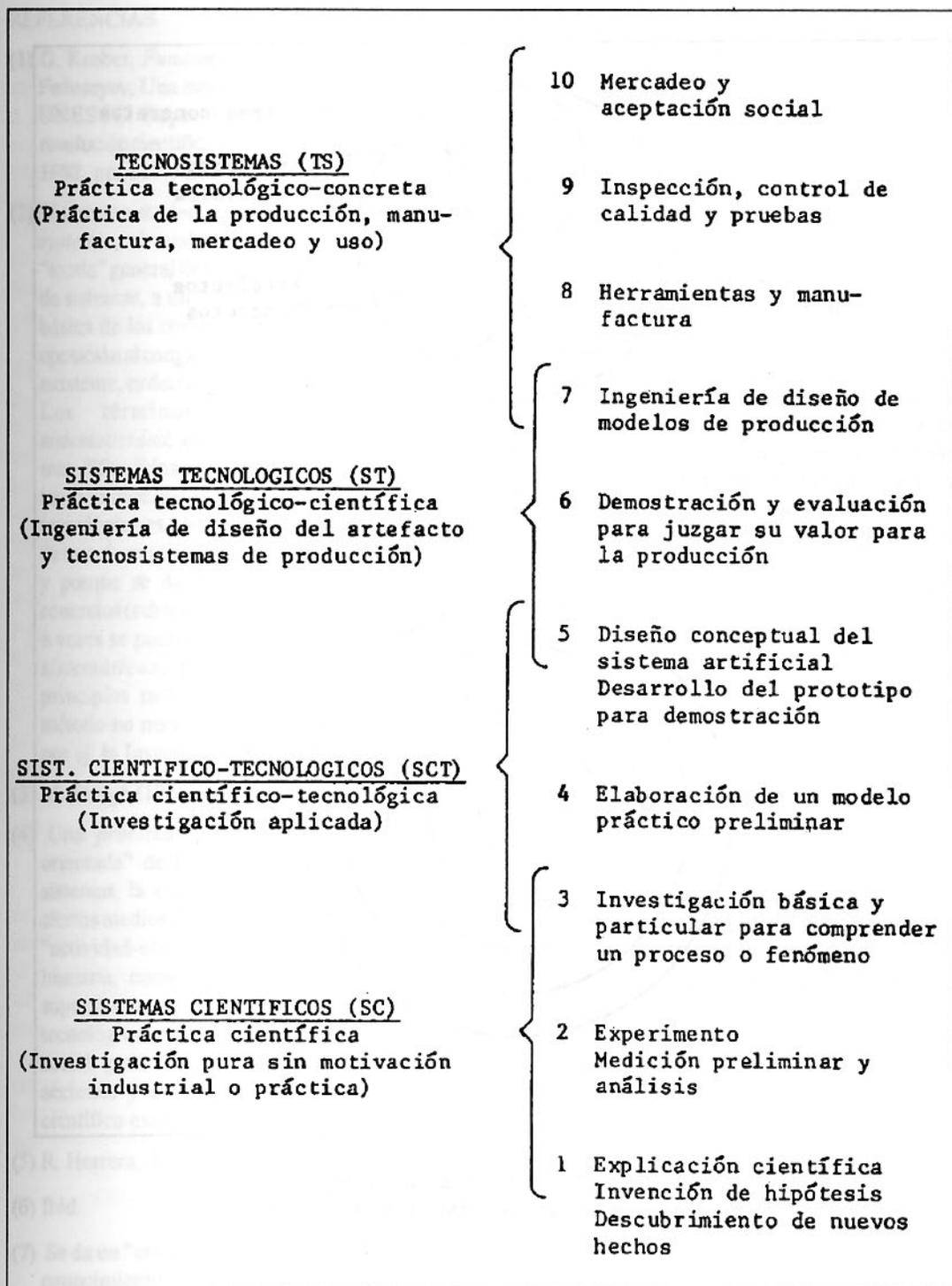
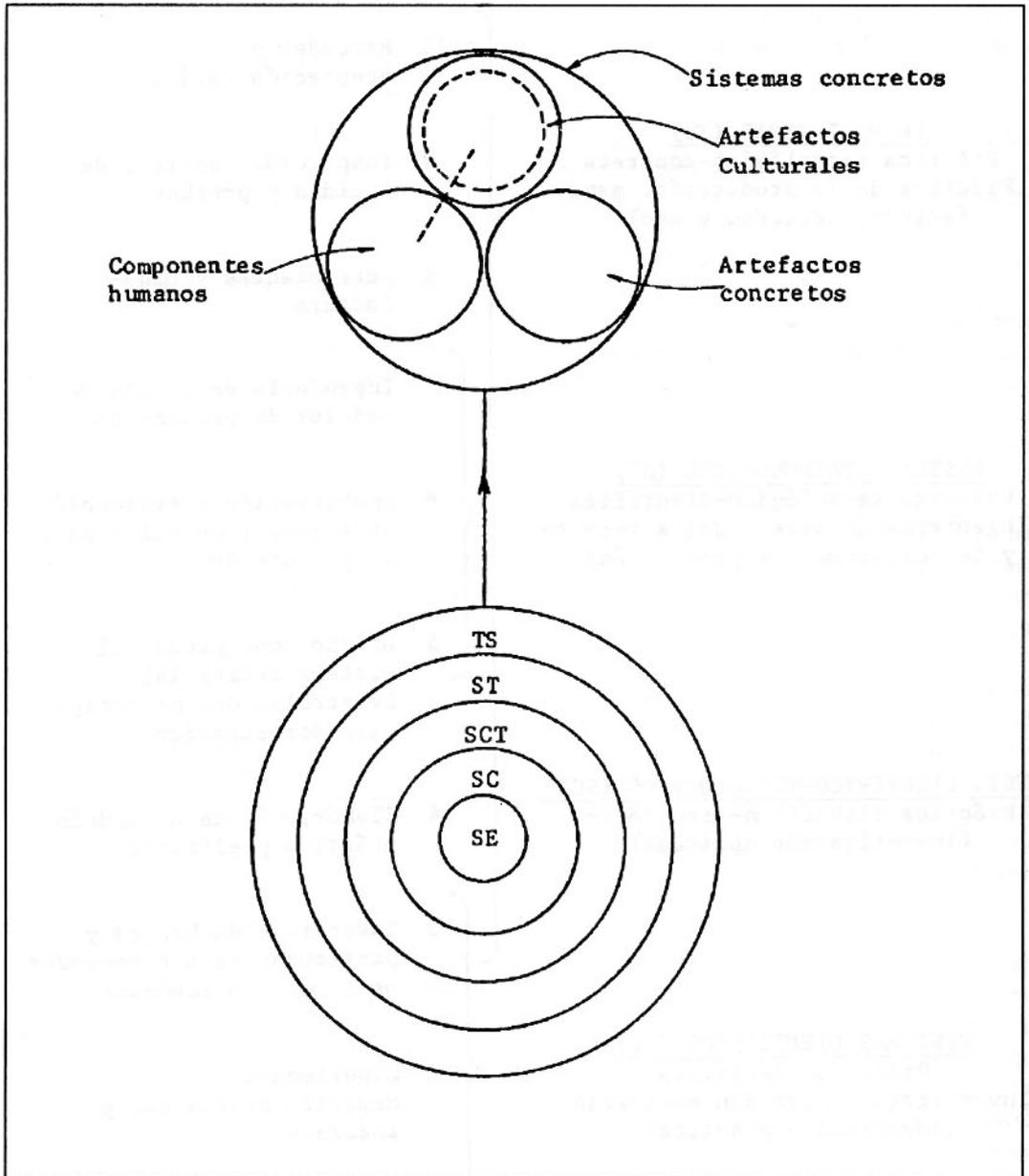


FIGURA 5 CADENA TECNOLOGICO-PRODUCTIVA



**FIGURA 6 TECNOLOGIA INDUSTRIAL
SISTEMAS CONCRETOS Y COMPONENTES BASICOS**

REFERENCIAS

- (1) G. Krober, *Funciones de la Ciencia* y P. N. Fedoseyev, *Una interpretación filosófica*. En UNESCO Repercusiones sociales de la revolución científica y tecnológica, (Simposio), 1982, pp. 117 y 202.
- (2) El término *sistémico* se ha tomado del inglés: *systemic*, el cual se usa para denotar a la "teoría" general de los sistemas, al "enfoque" de sistemas, a un "método" y a la propiedad básica de los componentes de un sistema en oposición al conglomerado: su mutua conexión existente, es decir, la estructura de la realidad. Los términos *sistema*, *sistémico*, *sistematicidad*, *enfoque sistémico*, etc. están muy difundidos en la literatura científica. Por tanto se dice que la Ingeniería como práctica tecnológica es *sistémica*, pues sus referentes de transformación y sus productos son sistemas y porque se da en el interior de sistemas concretos (subsistemas sociales). Por otra parte a veces se podría decir que sus métodos son *sistemáticos*, porque procede mediante principios racionales y ordenados, pero el método no necesariamente es sistémico (ver por ej. la Investigación de Operaciones).
- (3) M. Bunge (1969), pp. 683.
- (4) Una *práctica social* es una "actividad-orientada" de los hombres organizados en sistemas, la cual transforma un objeto, con ciertos medios de producción, en algo útil. La "actividad-orientada" es un tipo de actividad humana, consciente, sujeta a fines mediatos supuestamente eficaces y útiles. La práctica tecnológica es una forma superior de práctica social, pues es aquella que fundamenta sus acciones y decisiones en el conocimiento científico existente [R. Herrera (1989)].
- (5) R. Herrera, 1989.
- (6) Ibid.
- (7) Se da un "estado práctico" cuando existe un conocimiento que no tiene aún una forma teórica acabada, pero que se halla implícito en el fundamento de las acciones y de las decisiones [L. Althusser (1978)].
- (8) La sociedad es un sistema concreto que contienen cuatro subsistemas básicos: biológico, económico, cultural, político. Los miembros del sistema económico están implicados en la transformación activa y organizada del ambiente; los del subsistema cultural en las actividades intelectuales que dan las ideas para las otras prácticas y los del subsistema político, en el control y cambio de las otras prácticas.
- (9) M. Bunge (1979), pp. 202.
- (10) Dado un sistema, se denomina *estructura* al sistema de relaciones que representa a las conexiones entre sus componentes (unidades complejas o subsistemas). Algunas veces se usa erróneamente el término como sinónimo de componente del sistema, es decir como sustantivo. Si el sistema es social, las adherencias o conexiones sociales, sea entre sus componentes o intersistémicas, son reales, siempre que estén acompañadas por cambios en los relata (individuos o sistemas sociales). Consecuentemente, las estructuras sociales son perfectamente reales y objeto de estudio de la ciencia social y de control y cambio por la práctica política.
- Debe cuidarse de no reificar el concepto de organización o el de estructura, es decir, darle la condición de materialidad. Aquí pasa a primer plano la cuestión filosófica gnoseológica del enfoque sistémico, que permita deslindar el aspecto formal e informal y determinar con precisión el carácter de las categorías que se emplean en el discurso.
- Las relaciones administrativas, tanto formales como informales, son formaciones de la superestructura social (sistemas concretos, como los subsistemas jurídicos de una sociedad) y entonces, no tiene fundamento encontrar una segunda naturaleza (= organización) entre lo material y lo ideal, entre la base y la superestructura, como se da en algunos casos.
- En relación con esto Garaudy [R. Garaudy (1970)], señala que la desgracia de la palabra estructura, es que es un sustantivo en vez de un

los cuales aparecen en la Tabla # E1.2.

El siguiente paso es determinar una ruta de sensibilización y construir el Conductor-D, para ello se determina un cubo primitivo que genere una D' en la línea 5. Este cubo primitivo es el cubo de prueba tc^0 ($01D'$), tal como aparece en la Tabla # E1.3, a partir del cual se propaga la falla. El vector de actividad para tc^0 es 5, en virtud de que la falla ha sido propagada hasta la línea 5. La

ruta elegida es BCFH, entonces se requiere encontrar un cubo de propagación-D, en la Tabla # E1.2, tal que posea una D o D' en la línea 5 y en algunas otras líneas del circuito más cercanas a la salida y que además sea un cubo de propagación de un bloque lógico en la ruta de sensibilización (C,F o H en este caso). El cubo de propagación encontrado es e_d , lo que genera una intersección no nula para formar tc^1 como aparece en la Tabla # E1.3. El vector de actividad es 7.

TABLA # E1.3

Conductor-D ruta BCFH

Cubo de prueba	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	V.A
tc^0			0	1	D'										5
$tc^1 = tc^0 \cap e_d$			0	1	D'	0	D								7
$tc^2 = tc^1 \cap I_d$			∅	1	D'	0	D					D'			12

Para formar tc^2 se requiere un cubo de propagación-D, de un bloque sobre la ruta, con una D o D' en la línea 7 y sobre una línea más cercana a la salida; el único cubo con estas características es I_d , sin embargo, al realizar la intersección de I_d con tc^1 se obtiene una intersección nula en la línea 3, debido a la intersección 1-0. La ruta debe ser abandonada e intentar una nueva opción.

Al probar con la ruta BCGH y siguiendo el

procedimiento descrito se obtien el conductor-D de la Tabla # E1.4, en este caso se alcanza la salida (línea 14) en el vector de actividad sin ninguna intersección nula en el proceso. El siguiente paso es aplicar la operación de consistencia, debe notarse en el conductor-D como las líneas 1, 2, 8, 9 y 10 no fueron definidas. Se busca intersecar el último cubo de prueba con las coberturas singulares de aquellos bloques lógicos cuyas salidas están definidas pero cuyas entradas no están completamente especificadas. Partiendo de la línea 12, se interseca tc^3 con la línea P de la cobertura singular F, lo cual define de manera consistente la línea 3 en 0.

verbo. Cuando se emplea como sustantivo, se tiene siempre la propensión a buscar detrás una sustancia.

(11) D. Akley, 1983; C. J. Date, 1981; C. Filkenstein, 1981.

(12) R. Herrera, 1991b.

(13) Los sistemas conceptuales sustantivos son aquellos cuyos referentes son cosas o sistemas concretos, como por ejemplo, una teoría del vuelo de aviones. Un sistema conceptual operativo se refiere a actos humanos en su relación con otras cosas, como por ejemplo, la teoría del tránsito aéreo en un aeropuerto [M. Bunge: (1969); R. Herrera: (1991 a)].

(14) En los problemas de actividades humanas "duros" los objetivos están bien definidos (por ej. el planeamiento de las actividades para la construcción de un objeto concreto). Cuando en los sistemas de actividades humanas los objetivos no están bien definidos, la toma de decisiones es muy incierta, y entonces los problemas de administración consisten de "situaciones problemáticas" (por ejemplo, situaciones de organización interna de un sistema), se denominan "sistemas suaves", y requieren otro tipo de tratamiento [P. Checkland: (1981)].

(15) Es principalmente en los sistemas concretos, por medio de actividades humanas, donde las técnicas se inventan y los descubrimientos se realizan. Estos sistemas pertenecen a un sistema de producción y de relaciones definido, en el cual ciertas clases desempeñan la función de dirigentes y decisores políticos.

Siendo la Tecnología [R. Herrera: (1990)] producto de la sociedad, o sea prácticas sociales y productos sociales (conceptuales y concretos), ellas no son neutras, por lo que la visión lineal de que el progreso social depende exclusivamente del desarrollo de los sistemas técnicos o de la

fuerza productiva, es falso (R. Herrera, 1991 b). La selección y la preferencia por determinada Tecnología no se hace por azar o por su calidad y beneficio social global o porque sea la única posibilidad de transformación. En el modo de producción capitalista depende de la motivación concurrencial y del máximo beneficio, buscando el control óptimo sobre la fuerza de trabajo, de la subsunción del trabajo vivo y de la producción óptima de plusvalía relativa.

(16) La práctica tecnológica es una práctica cultural y teórico-conceptual, pues da las ideas para la transformación y se desarrolla en el nivel del pensamiento, concretando su producto conceptual mediante sistemas de información (por ejemplo planos, libros, software, etc.) que son elementos materiales. El producto conceptual como imagen cognoscitiva "no ha de considerarse como un objeto ideal especial que existe a la par e independientemente del objeto: no es más que la imagen ideal del mismo. No hay dos objetos: uno material que existe al margen de nuestro pensamiento, y el otro ideal, que existe dentro de él. Hay un solo objeto: el pensamiento no crea su propio objeto material o ideal: crea la imagen del objeto material" [Kopnin, P. V. (1966), pp. 130].

(17) La Tecnología se puede representar extensionalmente con la terna: (práctica tecnológica, sistemas conceptuales de la tecnología, sistemas concretos de la tecnología), la cual contiene los principales elementos que la caracterizan [R. Herrera: (1990), (1991b)], en el interior de un modo de producción determinada. El concepto no la reduce a la Ingeniería, sino a toda práctica de transformación, diseño y ejecución y control, fundada en lo posible en el conocimiento científico.

(18) R. Herrera, 1991 a.

SIMBOLOGÍA

\cup : símbolo lógico de "unión" entre conjuntos.

$<$: relación de inclusión entre conjuntos.

$=^{\wedge}$: símbolo semántico de referencia que se lee: para $x =^{\wedge} y$, como "x representa o modela a y".

\in : relación conjuntista de membrecía o pertenencia.

\in' : relación de inclusión entre cosas.

St : sistema tecnológico.

TS : tecnosistema.

PT : práctica tecnológica.

PTE : práctica tecnológica-empírica.

PTM : práctica tecnológica-administrativa.

L, K, M : indica división de trabajo: labor, cultura, administración.

PTC : práctica tecnológica-científica.

ST : sistema tecnológico.

STD : sistema tecnológico de diseño.

STE : sistema tecnológico de ejecución.

SE : sistemas de educación.

SC : subsistemas científicos.

SCT : subsistemas científico-tecnológicos

τ : sistema tecnológico.

σ : sistema social, sociedad.

C, C' : composición del sistema social.

E, E' : estructura del sistema social.

A, A' : ambiente del sistema social.

A : artefacto.

τ_d : sistema tecnológico de diseño.

τ_e : sistema tecnológico de ejecución.

τ_o^c : sistema conceptual operativo.

τ^c : sistema tecnológico conceptual.

τ_s^c : sistema conceptual sustantivo.

S_L : relación social del sistema económico-productivo.

L_L, K_L, M_L : relaciones representando a las prácticas sociales: labor, cultural, administración, respectivamente, de un subsistema económico-productivo o tecnosistema.

${}^1P_L, {}^2P_L, {}^3P_L$: conjunto de trabajadores primarios (labor), secundarios (cultural) y terciarios (administración) respectivamente, que realizan la práctica social correspondiente en un subsistema económico-productivo.

S_L : relación social de un sistema tecnológico (cultural).

${}^1L_K, {}^2K_K, {}^3M_K$: relaciones representando a las prácticas sociales: labor, cultural, administración, respectivamente, en un subsistema tecnológico (cultural).

${}^1P_K, {}^2P_K, {}^3P_K$: conjunto de trabajadores primarios, secundarios y terciarios, respectivamente, que realizan la práctica social principal de un sistema tecnológico.

σ_1 : cosas o sistema natural o social.

σ'_1 : modelo que representa a σ_1 .

σ_2 : sistema artificial concreto.

σ'_2 : modelo que representa a σ_2 .

BIBLIOGRAFÍA

1. Ackley, D. *A true database environment*. Computerworld, 17: USA, 1983.
2. Althusser, Louis. *La revolución teórica de Marx*. Editorial Siglo XXI Editores, S.A.: México, 1978.
3. Bunge, Mario. *La investigación científica*. Editorial Ariel: Barcelona, 1969.
4. Bunge, Mario. *Treatise of the Basic Philosophy*. Vol. 4. D. Reidel Publishing Co.: New York, 1979.
5. Checkland, Peter. *System Thinking, System Practice*. John Wiley & Sons: New York, 1981.
6. Date, C. J. *An Introduction to Database Systems*. Addison Wesley, Inc.: New York, 1981.
7. Filkelstein, C. *Information Engineering*. Computerworld, 15: USA, 1981.
8. Garaudy, R. *Perspectivas del Hombre*. Editorial Platina: Buenos Aires, 1964.
9. Herrera, Rodolfo. *La práctica tecnológica*. Rev. de Filosofía, Vol. XXVII (66), Univ. Costa Rica, 1989.
10. Herrera, Rodolfo. *Tecnología y Sociedad*. Rev. de Filosofía. Vol. XXVIII (67/68), Univ. Costa Rica, 1990.
11. Herrera, Rodolfo. *Los sistemas conceptuales de la Tecnología*. Rev. Ingeniería. Vol. 1 (1), Univ. Costa Rica, 1991 a.
12. Herrera, Rodolfo. *Tecnología: un marco teórico*. En *Ciencia y Tecnología en la construcción del futuro*. Ruiz Zuñiga Angel, Editor, 1ª ed., Ediciones Guayacán: Costa Rica, 1991 b.
13. Kopnin, P. V. *Lógica Dialéctica*. Editorial Grijalbo: México, 1966.
14. Martin, J. *Strategic Data-Planning Methodologies*. Prentice-Hall, Inc.: Englewood Cliffs, New Jersey, 1983.
15. Marx, Carlos. *El Capital*. Editorial Siglo XXI: México, 1975-1978.
16. Maturama, Humberto R. y Varela, Francisco. *Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living*. Ed. Dordrecht: Reidel: New York, 1980.
17. Sachs, I. *Transfer Technology and Strategy of Industrialization*. Economic and Political Weekly. Special Number. Vol. V, Nº 29-31, (July, 1970): USA.18.
18. UNESCO. *Repercusiones sociales de la revolución científica y tecnológica*. Editorial Tecnos, S.A.: España, 1982, pp. 117 y 202.