

Ingeniería

Revista de la Universidad de Costa Rica
ENERO/DICIEMBRE 2001-VOLUMEN 11-N.º 1 y 2

2004



dn

FACULTAD
DE =
INGENIERIA

1941



CRÍTICA A LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS. LA TEORÍA DE REDES COMO UN COMPLEMENTO: ILUSTRADA CON EL DISEÑO DE UN SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN EN AMBIENTE Y SALUD

Oscar A. Coronado Jurado*

Resumen

Mediante una breve crítica a las posiciones hegemónicas en cualquier ámbito del conocimiento, el quehacer humano y los movimientos políticos y sociales, se intenta introducir a una crítica a las pretensiones de la Teoría General de Sistemas, por su afán de constituirse en una “ciencia de las ciencias”.

Se plantea la Teoría de Redes como complemento para la solución de diversos problemas en sistemas “abiertos” y “cerrados” en muchos campos, se señalan algunas de las restricciones que ofrece y su virtud de no pretender constituirse en una nueva ciencia, método científico o epistemología; sino de utilizar selectivamente enfoques antecesores.

Como ejemplo de las posibilidades de la Teoría de Redes se presenta una aplicación de redes en el diseño de un Sistema Nacional de Información en Ambiente y Salud (SINFASCOR).

Para finalizar, se realizan representaciones libres con analogías diversas de la tríada nodo-enlace-contenido de trasiego.

Abstract

By means of a brief critique to hegemonic positions in any field of knowledge, human undertaking and political and social movements, a critique is made to the pretensions of the General Theory of Systems to become science of the sciences.

The Network Theory is stated as an complement to the solution of various problems in “open” and “closed” systems, in many fields, pointing out some of the restrictions it offers and its virtue of not pretending to become a new science-scientific-method or epistemology; but instead to selectively use preceding approaches.

An application of networks in the design of a National Information System in Environment and Health is presented as an example of the possibilities of the Network Theory.

1. INTRODUCCIÓN

“El búho de Minerva sólo podía levantar el vuelo cuando llegaba la tarde.”

Hegel

Esta célebre frase de la Filosofía del Derecho de Hegel, citada en un lúcido ensayo del historiador argentino-costarricense Héctor Pérez Brignoli¹, es interpretada en este artículo en el contexto epistemológico-metodológico de los campos científico y tecnológico, y me conduce a la siguiente reflexión:

Toda ciencia, ideología, enfoque filosófico, epistemológico, metodológico, dictadura de cualquier signo, revolución social y económica, religión que haga rupturas violentas con sus ante-

cesoras, termina casi siempre derrumbándose por la perversión del absolutismo-hegemonismo.

La cita de Hegel sería válida en este artículo, en el sentido de que en todo enfoque científico-técnico, en todos los órdenes del pensamiento o el quehacer humano, en todos los contratos sociales, económicos y políticos, no se pueden realizar cortes radicales con otros enfoques y contratos antecesores sin haber comprobado con rigor que los primeros se acabaron un supuesto día. En la metáfora aquí presentada, el búho mitológico simboliza que el nuevo enfoque-teoría-contrato alzaré vuelo sólo al verificar que llegó el crepúsculo; es decir, la negación parcial o total de los antecedentes, o sea del “corpus” enfoque-teoría-contrato.

* Profesor Escuela de Ingeniería Industrial

El marxismo, por ejemplo, no hace rupturas violentas y absolutas con todas las anteriores teorías filosóficas, políticas, económicas y sociales, a muchas las critica y las refuta; sin embargo, el materialismo dialéctico y el materialismo histórico no habrían sido posibles sin los grandes aportes anteriores a Carlos Marx y Federico Engels como el de Hegel mismo. Posteriormente, Rosa de Luxemburgo, Antonio Gramsci y Paul Lafargue, entre otros intelectuales y combatientes legaron a la humanidad obras como “La acumulación del capital”, “Cuadernos desde la cárcel y “El derecho a la pereza”², respectivamente, además de otros aportes y escritos.

En las rupturas filosóficas, políticas y económicas del poder dominante, la Revolución Francesa y la Revolución de Octubre cortaron con el pasado a fuerza de guillotina y muchas veces brutales e injustificadas matanzas, pese a sus innegables valores y herencias en todos los campos.

2. BREVE CRÍTICA A LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS

En el campo de lo epistemológico-metodológico de la ciencia y la tecnología así como de las ciencias políticas y sociales, la Teoría General de Sistemas intentó implementar un nuevo método científico para el abordaje de todo tipo de problemas, principalmente en las áreas transdisciplinarias. Indudables éxitos en sistemas “cerrados” y sonoros fracasos en los “abiertos”. A mi juicio, el ejemplo más claro de estos fracasos lo constituye el informe malthusiano y fatalista presentado al Club de Roma en 1970, inspirado en la Dinámica Mundial de Forrester. La dinámica de sistemas fue el método base para construir un modelo de simulación, el cual se desarrolló con una gran pobreza de datos –variables de entrada, parámetros y atributos- que en mucho, respondieron a supuestos basados en la ideología, valores, antivalores y hasta perversiones y neurosis de los mismos investigadores que construyeron un modelo carente de rigurosidad científica. Tal vez, la única virtud del informe

denominado “Los Límites del Crecimiento” fue el de señalar la sobreexplotación de los recursos naturales y la creciente contaminación del planeta. El principal impulsor de la Teoría General de Sistemas fue el biólogo Ludwing Von Bertalanffy.

Ida R. Hoss, en su artículo “Systems techniques for managing society: a critique”³ publicado en 1973, narra otros escandalosos y tragicómicos fracasos en la aplicación de modelos basados en TGS con costos multimillonarios para el Departamento de Estado de los Estados Unidos, la Rand Co. e incluso la NASA. Hoss y otros analistas contemporáneos coinciden en que el modelado de sistemas “abiertos” con el fin de efectuar un pronóstico político, económico y social tiene grandes limitaciones, en la medida en que el modelo posee no sólo variables, atributos, parámetros y “condiciones de entrada” fundamentados en la estadística-matemática, sino supuestos basados en la ideología, prejuicios y algunas obsesiones de sus constructores,

Mario Bunge, físico y filósofo, plantea una objeción romántica en el análisis de la economía política contemporánea:

“No puedes capturar al hombre con un puñado de fórmulas, porque no hay dos seres humanos idénticos y todos cambiamos de continuo. El hombre no puede ser medido porque no es un objeto físico. Y la conducta humana es impredecible, porque el hombre es dotado de espontaneidad y libre albedrío”⁴.

Precisamente, las concepciones tecnócratas pretenden capturar y encasillar la vida con su enorme complejidad, riqueza y casualidad. Recordemos la Teoría del Caos y su efecto sobre la Teoría Clásica de la Probabilidad.

Karel Kosik en “Dialéctica de lo Concreto”, obra publicada a inicios de los sesenta, tiene especial vigencia hoy en las corrientes renovadoras y antiparadigmáticas del marxismo, escribe en el ensayo “Metafísica de la Ciencia y la Razón”⁵: falta la referencia al final del artículo

“El concepto de sistema es el proyecto fundamental de la ciencia, sobre cuya base, y bajo el aparente caos de los fenómenos empíricos se revelan determinadas leyes.

Antes de que los fenómenos sean examinados en su empiricidad y factibilidad existe ya la idea de sistema, como principio inteligible que hace posible su conocimiento (...)

La introducción y el uso del concepto de sistema se relaciona con: 1) un determinado esquema modelo como principio explicativo de los fenómenos sociales. 2) La cuantificación y la matematización, esto es la posibilidad de expresar las leyes económicas en fórmulas matemáticas.

La matematización de la economía es posible, por principio propio la ciencia concibe los fenómenos económicos como un sistema de regularización y leyes que se repiten.”⁵

Con especial agudeza, Kosik desentraña uno de los mitos de la ciencia cuando se intenta utilizarla para encontrar leyes y regularidades en los procesos estocásticos, la historia y la economía, con sistemas que utilizan el modelado con propósitos de pronóstico y le imprimen a la historia una teleología inexorable.

Ludwing von Bertalanffy introduce el concepto de sistema a partir de su formación inicial en el campo de la Biología. Intenta establecer analogías y hasta isomorfismos entre los organismos vivos y la Física, la Psicología, la Sociología, la Investigación Operacional, la Cibernética y la Teoría de la Información, entre otras disciplinas. Llega incluso a plantear que lo interdisciplinario convertiría al sistema en un concepto crucial para la ciencia, aún cuando en el pasado hubo numerosos intentos por establecer isomorfismos entre organismos vivos, caso del ser humano con estructuras de poder, el ejemplo típico es el de los fisiócratas.

El problema fundamental del la TGS es su reduccionismo, el cual lleva a que los supuestos isomorfismos no sean más que metáforas. En

muchos casos, algunos conceptos sistémicos como homeóstasis, sinergia, entropía y equifinalidad no son empíricamente comprobables. Este reduccionismo biologista-mecanicista no constituyen una nueva ciencia, ni una ciencia de las ciencias, a lo sumo un aporte epistemológico-metodológico válido, pero limitado.

El intento globalizador de la Teoría General de Sistemas lleva a plantear la sociedad humana como un sistema “abierto”. De allí se desprenden cosmovisiones que ambicionan aportar una nueva comprensión del hombre y su entorno, y suministrar los instrumentos para transformar la sociedad hacia metas utópico-tecnócratas. Robert Lilinfeld ilustra una de estas utopías de la siguiente forma:

“Dado un conjunto de metas, los teóricos de sistemas sostienen que son capaces de suministrar la combinación adecuada de insumos socio-económicos los cuales lograrán éstas metas –niveles apropiados de población y crecimiento económico, política de inversiones, niveles de empleo, sistemas de transportes, sistemas de comunicación y registros, etc.- y así producen el nivel máximo en el índice de calidad de vida, que es la variable central de interés para aquellos que hacen política”⁶

El modelo adecuado, la computadora y sus analistas se convierten en actores fundamentales del destino de la sociedad.

Wiener incluso sugiere que el control cibernético podría dar lugar a una sociedad donde el mal uso del poder podría ser controlado.

Estas concepciones filosófico-ideológicas tuvieron una gran vigencia en la planificación centralizada de los estados socialistas y se asimilaron a la llamada Ciencia de la Dirección.

Despojada de su metafísica positivista y su hegemomismo, la Teoría General de Sistemas y en particular el enfoque de sistemas cuando se aplica a ámbitos adecuados, ha sido un instrumento

poderoso que explica en mucho el desarrollo de la Computación y la Informática, la Ingeniería, en todas sus ramas, la Administración y otras disciplinas. Los conceptos de sistemas, el enfoque de sistemas y su instrumental metodológico, siguen teniendo gran vigencia y amplísima cobertura, pues resultan innegables sus aportes al desarrollo científico-tecnológico.

3. APLICACIONES EN CIENCIAS SOCIALES DE LA TEORÍA DE REDES

La Teoría de Redes tiene sus orígenes en la telefonía y la Teoría de Grafos. Carece en general de la presunción de nueva ciencia que descarta a las demás, y recibe el aporte de sus predecesores. ARPANET e INTERNET son ejemplo de ello.

Es importante recordar que la Teoría de Sistemas y su alianza con la investigación operacional en sus propósitos incluyentes y globalizadores, quiso incluir los desarrollos basados en grafos como el PERT/CPM.

Hay interesantes aplicaciones de la Teoría de Redes en las ciencias sociales: el estudio del comportamiento colectivo en procesos de sufragio; movimientos sociales; organización de estructuras de poder a nivel nacional e internacional, en comunidades y ciudades, y el establecimiento de políticas macroeconómicas. Ello se puede leer en el libro *Political Networks. The Structural Perspective*⁷ de David Knoke.

Otras aplicaciones en ciencias sociales están relacionadas con asuntos de descentralización y desconcentración de competencias políticas y jurídico-administrativas a escala nacional, provincial y urbana; relaciones interpersonales; tráfico de influencias; diseño de estructuras de todo tipo de organizaciones; movimientos migratorios;

construcción y destrucción de elites políticas, económicas y sociales; constitución de familias; análisis de tendencias genealógicas, etc. Se puede encontrar, entre otros muchos libros y artículos, en la obra de John Scott, titulada “*Social Network Analysis A Handbook*”⁸.

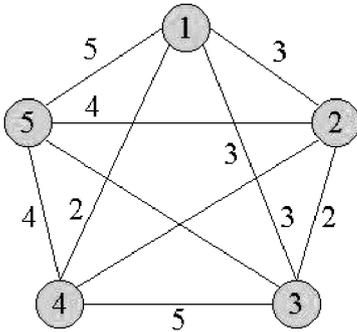
El interesante artículo de Douglas R. White, “Enfoque de redes para el estudio de comunidades urbanas”⁹, analiza y representa la evolución de las estructuras sociales en comunidades urbanas a partir del estudio de *Yankee city*. A través de una metodología de caminatas aleatorias, *random walks*, se le da seguimiento a la genealogía y ascendencia en Newburyport. White trabajó con redes en aldeas de Tlaxcala, México.

En el campo de las ciencias sociales, pese a conceptualizar con frecuencia las redes sobre sistemas “abiertos”, las tendencias más exitosas -a mi criterio- se logran cuantificando reales o posibles relaciones interpersonales, pero no así a través de grandes modelos de simulación sobre los sistemas. Además, el tipo de análisis es mucho más cualitativo.

Para ilustrar una aplicación de redes en un sistema “cerrado” se utilizará un problema clásico de optimización combinatoria tomado de “*Simulación Métodos y Aplicaciones*”¹⁰.

Se considerará un viajero que debe realizar cinco viajes para visitar cinco ciudades diferentes, regresando cada vez a la ciudad de la que partió. La secuencia de las visitas se debe conocer para que la distancia sea mínima. Un supuesto básico es que dadas dos ciudades, existe un camino entre ellas, de lo contrario, se puede asignar una ruta imaginaria con una distancia arbitrariamente grande.

En la figura 1, se pueden ver los nodos o ciudades numeradas y los enlaces-rutas con la distancia, supongamos en km.

**Figura 1**

Dados 10 enlaces-rutas

$$\chi = \{\chi_1, \chi_2, \chi_3, \chi_4, \chi_5\}$$

será una solución factible para el problema, que denotará la secuencia de las visitas de los nodos 1, 2, 3, 4, 5.

El contexto asociado a χ se define como todos los caminos que se pueden obtener a partir de χ , mediante una transposición de dos ciudades. Si estamos en la solución 1, 2, 3, 4, 5, un elemento del contexto es $\{1, 4, 3, 2, 5\}$ el cual consiste en intercambiar 2 y 4.

Algoritmo:

Determinar: $\chi_0^* \in \chi, n = 0$

Dado que: $\chi_n^* \neq \chi_n$
 $\chi_{n+1} = \chi_n^*$
 $n = n+1$

Buscar: $\chi_n^* : f(\chi_n^*) \leq f(\chi), \forall \chi \in E(\chi_n)$

En el método la función objetivo f^* designará el mejor valor (menor distancia) a la ruta-enlace n ; χ_n^* la mejor solución hasta la ruta-enlace n . Se utiliza como método de optimización el del máximo descenso.

Se selecciona $\chi_1 = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ con

$$f(\chi_1) = \sum_{dn_i=1}^{10} dn_i = 19, \text{ donde } dn_i \text{ representa}$$

la distancia del enlace-ruta n_i .

Puede demostrarse, analíticamente, que $X^*_2 = [1, 2, 3, 5, 4]$ es un óptimo global.

Cabe preguntarse si las redes son sistemas o los sistemas redes. La respuesta es que se trata de dos formas de modelado con sus respectivas particularidades, aunque en general ambas entidades pueden homologarse.

Hasta ahora se ha visto la superposición de ambos enfoques, en el siguiente apartado presentaremos un ejemplo de complementariedad.

La tabla 1 muestra los valores de f en el entorno de x_1 .

χ	$f(\chi)$
(2, 1, 3, 4, 5)	19
(4, 2, 3, 1, 5)	17
(1, 3, 2, 4, 5)	17
(1, 5, 3, 4, 2)	17
(1, 2, 5, 4, 3)	19
(3, 2, 1, 4, 5)	12
(5, 2, 3, 4, 1)	18
(1, 4, 3, 2, 5)	18
(1, 2, 4, 3, 5)	17
(1, 2, 3, 5, 4)	12

Tabla 1: Valores $f(\chi), \forall \chi \in E(\chi_1)$

$\chi^*_2 = \{1, 2, 3, 5, 4\}$, se realiza otra iteración.

χ	$f(\chi)$
(1, 2, 3, 4, 5)	19
(3, 2, 1, 5, 4)	19
(4, 2, 3, 5, 1)	13
(1, 5, 3, 2, 4)	13
(1, 2, 5, 3, 4)	15
(2, 1, 3, 5, 4)	14
(5, 2, 3, 1, 4)	15
(1, 3, 2, 5, 4)	15
(1, 4, 3, 5, 2)	15
(1, 2, 4, 5, 3)	14

Tabla 2: Valores $f(\chi)$, $\chi \in E(\chi^*_2)$. Se cumple la detención de las iteraciones.

TEORÍA DE REDES EN SISTEMAS ABIERTOS EN EL CONTEXTO DEL DISEÑO DE SINFASCOR

En la coyuntura de trabajar con Eldon Caldwell, compañero de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Costa Rica y socio de consultorías, en un encargo de la OPS-OMS y del Ministerio de Salud de Costa Rica para diseñar un sistema llamado SINFASCOR (Sistema Nacional de Información de Ambiente y Salud de Costa Rica), en el análisis de sistemas convencional, no pudimos encontrar un enfoque adecuado, en parte por la escasez de recursos y tiempo. Después de la investigación concluimos que la metodología más adecuada era la de redes por las siguientes razones:

- Existe la tendencia de retener la información como fuente de poder, al menos en algunas organizaciones de Costa Rica. De esta manera, es posible encontrar sistemas de información, bases de datos, indicadores y sistemas de información geográfica no sólo duplicados sino multiplicados con problemas de conectividad y compatibilidad.

- El principio de desarrollo desigual entre las organizaciones y dentro de ellas obliga a darles un tratamiento metodológico diferenciado.
- En Costa Rica como en otros países, suelen dar mejores resultados los contactos informales a través de redes de amigos, investigadores, académicos y funcionarios de todo rango que las estructuras y las redes formales.

En el diseño de SINFASCOR, el análisis se hace sobre una base de sistema “cerrado”, pero real y potencialmente “abierto” con linderos restringidos por los recursos que se asignan al inicio. Se logró el diseño de una red de 12 instituciones y organismos, entre otros: el Ministerio de Salud; la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS); el Observatorio del Desarrollo (OdD-UCR) y algunos otros centros de investigación de la Universidad de Costa Rica (UCR) y la Universidad Nacional Autónoma (UNA); el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado (ICAA); el INFOAGRO -red de varias Instituciones y

Ministerios en el ámbito agropecuario y conexos, y los sistemas de información del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE).

Se inventariaron recursos teleinformáticos, requerimientos y productos reales o potenciales (conjunto de datos-indicadores, bases de datos-sistemas de información geográficos).

Se realizó además el diseño físico-lógico de la red y sus requerimientos de desarrollo de *software* de conectividad y equipamiento.

Se partió de estudios como el de SIGA, (Sistema de Gestión Ambiental-CR), patrocinado por la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), la Fundación del Desarrollo Urbano y otros organismos; también se tomó en cuenta el trabajo de la Excontralora Ambiental del MINAE y actual Coordinadora del Sistema de Acreditación Ambiental del MINAE. Fue de gran ayuda el informe del I Taller Nacional de Indicadores Ambientales y un conjunto de series históricas en amplios campos del desarrollo en Costa Rica proporcionados por el Director del Observatorio del Desarrollo-Universidad de Costa Rica (OdD-UCR) y funcionarios a su cargo.

Decisivo fue también el aporte del Director del Sistema de Conservación Nacional de Áreas, MINAE, así como un alto funcionario de la CCSS y Catedrático de Química de la UCR.

Es así como, además del importante apoyo institucional del Ministerio de Salud y OPS-OMS, mucho se logra por amigos, sus redes de contactos y de información y su ubicación en posiciones estratégicas.

Esto debido al desarrollo desigual de las organizaciones (nodos) y sus sistemas de información y formación de recursos humanos. Ese desarrollo desigual se manifiesta y visibiliza desde los enlaces en las líneas de fibra óptica hasta el contacto telefónico personal con un

investigador con quien primeramente habrá que conseguir su confianza para acceder a cualquiera de sus indicadores.

Ese desarrollo desigual y heterogéneo se evidencia, además en el hecho de que algunos nodos-organizaciones venden conjuntos de información para autosostenerse. En consecuencia, la táctica fue establecer niveles de acceso, seguridad y previsión de peajes (símil del pago por el uso de una autopista).

Se utilizaron los instrumentos más clásicos de análisis de sistemas en conjunto con la teoría de redes, tales como entrevistas, talleres e instrumentos de diagramación como diagramas físico-lógicos de flujo de datos y de contexto.

5. UNA CONCEPTUALIZACIÓN Y REPRESENTACIÓN LIBRE DE TEORÍA DE REDES

En redes en general, distinguiremos tres entidades básicas: nodos, enlaces y contenidos de trasiego.

5.1 NODOS

Los nodos son entidades diversas, desde organizaciones, departamentos, centrales de telecomunicaciones de distribución o de abonados, hospitales, grandes servidores de redes de datos hasta un simple investigador que produce un conjunto de indicadores o una estación de medición de la velocidad del viento o de la temperatura.

Un nodo conceptualmente sería un espacio vectorial con dimensiones matriciales. Hemos preferido por la aplicación dinámica espacio-tiempo, incluir espacios vectoriales, inicialmente de orden 4, es decir $E: (x, y, z, t)$, pero con un potencial de muchas dimensiones, ver figura 2.

Cada una de las entradas X_{ij} es de por sí heterogénea en su representación matemática y en

su realidad estática o dinámica. No tiene por qué estar restringida a sólo dos dimensiones, al contrario, podría ser multidimensional. Puede representar un valor o un conjunto de valores no sólo reales, sino del conjunto de los complejos. Cada X_{ij} podría ser matemáticamente una entidad diversa, iconográfica, topológica, geométrica, etc. Por ejemplo, un nodo puede representar características de una central de tránsito, una computadora o incluso la caracterización de una institución y sus posibilidades de desarrollo para producir/recibir datos, información, bienes o servicios.

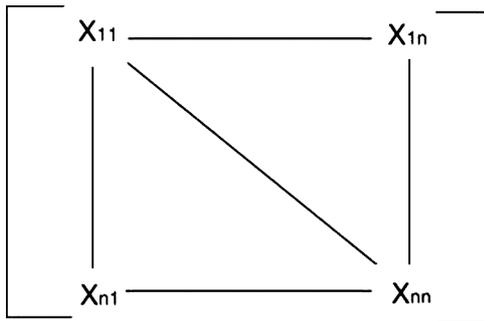


Fig 2

NODO

El investigador puede caracterizar sus contactos y su potencial de producir conjuntos de información. Puede representar un aeropuerto, una ciudad, un país, un área de biodiversidad protegida, un ente geográfico (valle, meseta, península).

Todo depende de la posición relativa en el sistema nodo-enlace y lo que se quiera representar o modelar, como se representa en la figura 3.

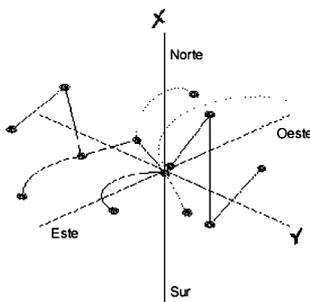


Fig 3

Obviamente, los nodos se caracterizan en términos de lo conceptual, real y potencial por su capacidad de ser absolutamente temporales, un cliente en un tiempo y lugar determinado, así como por ser estáticos o dinámicos. Un satélite puede ser un nodo, lo mismo que un acelerógrafo para aplicaciones de Ingeniería Sísmica o de estaciones de medición de viento, temperatura, una ambulancia o camión militar.

Es obvio que el espacio vectorial puede ser superpuesto a la estructura de enlaces y representar con un Sistema de Información Geográfica (SIG), por ejemplo, un país con una perspectiva dinámica; es decir, incluyendo como cuarta variable el tiempo.

Representar modelos de pronóstico sobre aspectos físicos, desastres naturales, vulnerabilidad ambiental y todo tipo de superposiciones, escalas y acercamientos, característicos de los SIG. Las coordenadas no tienen por qué ser cartesianas, pueden ser polares o de un tipo adecuado a aplicaciones geodésicas o de otras disciplinas. Ver figura 4.

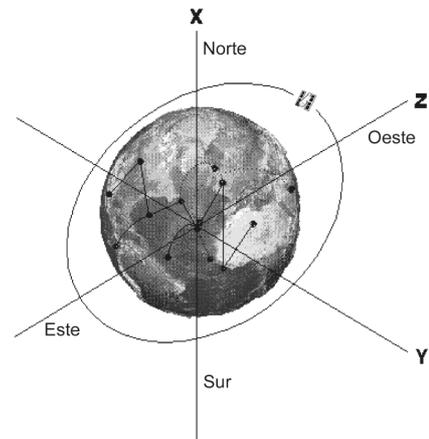


Fig 4

La prioridad de los nodos depende de la importancia relativa. En SINFASCOR es fundamental, por ejemplo, la Red de la Comisión Nacional de Emergencias (CNE), que previene y atiende catástrofes naturales, grandes accidentes, como

la ruptura de un oleoducto. Sus instalaciones y sistemas de información deberían ser -y así se recomienda-, duplicados por confiabilidad al igual que sus enlaces con instituciones conexas: fibra óptica, bandas del espectro dedicadas, etc. Por supuesto que esa prioridad también es política, puesto que depende de la preocupación del gobierno por la vulnerabilidad ambiental, la seguridad y la vida de la población.

5.2 ENLACES

Acerca de los enlaces, nuestra representación es un corte transversal de un cable por analogía. Sus capas externas son el ducto y sus características de ser subterráneo, los valores C_{ij} representan prioridades, posibles interrupciones por vulnerabilidad sísmica. Ver figura 5. En investigación operacional el término más utilizado en lugar de enlace es arco.

Internamente podemos ver las características del blindaje o el cobertor externo del cable, las características del sistema de carreteras nacionales o regionales, del sistema de rutas aéreas o de las rutas de navegación fluviales o marítimas. Si el enlace es radio-eléctrico se pueden examinar las características de las estaciones de microonda para enrutamiento principal.

Las capas más interiores representan desde el medio en sí (cable pareado, coaxial o fibra óptica) hasta la red urbana de caminos vecinales, carreteras, rutas aéreas locales, enlaces de radiodifusión, telefonía vía banda VHF-UHF, etc.

También las entradas $C_{ij...n}$ pueden representar diferentes acercamientos a niveles de vulnerabilidad del medio ambiental y humano, por ejemplo, resistencia potencial de los puentes a los sismos, características de fronteras, muros o potencial de deslaves, deslizamientos de tierras y erupción de volcanes. En el caso de un volcán, los enlaces son las zonas donde la lava y los gases pueden fluir. Ver figura 5.

Nuestra representación del enlace puede tener también muchas dimensiones y no estar limitado

a coordenadas cartesianas. Cada $C_{ij... \infty}$ también puede serlo y no solo en el conjunto de los reales, sino podría ser de los complejos. Pueden ser características atributivas representadas de forma iconográfica, pueden ser espacios vectoriales o entidades topológicas, geométricas generalmente no lineales.

Un C_{112} pueden ser las rutas recomendadas para las ambulancias o avionetas que atienden accidentes y catástrofes locales.

Nuestra representación del enlace podría presentar varias dimensiones y no limitarse a coordenadas cartesianas. Cada $C_{ij... \infty}$ puede serlo y no solo en el conjunto de los reales, sino también en el de los complejos. Pueden ser características atributivas representadas de forma iconográfica, espacios vectoriales, entidades topológicas o geométricas, generalmente no lineales.

Un C_{112} sería la ruta recomendada para las ambulancias o avionetas que atienden accidentes y catástrofes locales

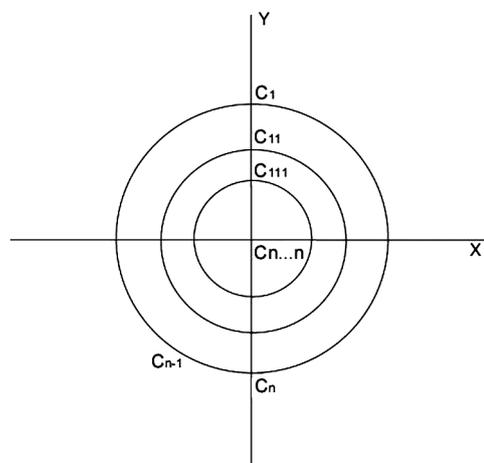


Fig 5

5.3 CONTENIDOS DE TRASIEGO

¿Qué se transporta? Lo que sea, eso es algo que depende de la red, el modelo, la aplicación, la estructura y la orientación político-ideológica del gobierno o de una región. Ya sea contaminación

ambiental o aire limpio, alimentos, combustibles, desechos nucleares, agua limpia o sucia; información o desinformación, datos, violencia televisiva, migraciones libres o devolución de emigrantes excluidos en un mundo globalizado. Todo depende de quién mande. Pueden ser misiles nucleares o para caídas con vituallas en desastres; programas recreativos, culturales y educativos; basura mediática de enlatados violentos o anodinos; música alegre, nostálgica, vital, romántica; rock contestatario o rock “satánico” o pseudo música-espectáculo de figurines ridículos y absurdos.

Será con arreglo a la ideología y a los valores o antivalores dominantes, así como de acuerdo con las tendencias económicas y los grandes y pequeños contratos sociales.

Quisiera que fuesen migraciones libres, biodiversidad, educación, medicamentos, bienes y servicios, instrumental médico, alimentos; en fin, vida y justicia con equidad, sin exclusiones, a pesar de todas las limitaciones que la realidad nos impone.

En el proceso de optimización de una red-sistema así, será la historia la que nos conduzca a sociedades orientadas al bienestar y la felicidad de los pueblos teniendo a la mujer y al hombre como la variable compleja, punto objetivo de la superficie de respuesta.

Será de la no utilización de la ciencia y la tecnología como instrumentos de dominación, contaminación, enajenación y muerte en un mundo globalizado con un orden de poder unipolar sobre pueblos y países cada vez más rebeldes y con conciencia de la necesidad de retornar a las banderas de lucha, limpias y hermosas. Los recientes sucesos de Seattle y Praga, entre otros muchos, evidencian estas tendencias.

La Teoría General de Sistemas desprovista de sus pretensiones hegemónicas y filosófico-ideológicas y la Teoría de Redes son instrumentos científicos de indudable valor que se

complementan y se pueden utilizar con gran poder sinérgico. No se trata de subordinar una teoría a la otra, se trata de saber para qué se utilizan. La ciencia y la técnica no son éticamente neutrales. Dice Mario Bunge:

“El hombre moderno y, en primerísimo lugar el científico, sabe que no puede colocarse más allá del bien y el mal, porque el bien y el mal son de factura humana. El hecho de que el técnico pueda utilizar los resultados científicos para el bien o para el mal no muestra que la actividad científica y la conducta moral son independientes. Sólo muestra que son complementarias y que podemos encanallarnos y/o embrutecernos lo suficiente para poner la verdad, que es un bien, al servicio cuyos desiderata son incompatibles con el bienestar, la cultura, la paz, la libertad, el autogobierno y el progreso de la mayoría¹¹.”

Es fundamental entender esto para que nuestro quehacer esté al servicio, como plantea Bunge, de valores como verdad, novedad, progreso, libertad y utilidad.

Este mismo autor aboga por una *tecnoética*, no como una producción meramente filosófica, sino como el ejercicio constante del técnico y científico de contrastar su quehacer con arreglo a su responsabilidad moral, no sólo con sus empleadores, sino con su entorno, su sociedad y la humanidad.

NOTAS

1. *Marxismo en 1990. Muerte o transfiguración.* Pérez Brignoli, Héctor (pg. 18-19) en “Sobrevivirá el marxismo”. Herra, Rafael Angel. Compilador. San José, Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica, 1991.
2. Lafargue, Paul. *El Derecho a la Pereza.* México D.F. Enlace Grijalbo, 1991. Paul Lafargue nace en Santiago de Cuba en 1842, de padres franceses. Su abuelo paterno era judío francés y su abuela materna,

- mulata de Santo Domingo refugiada en Cuba durante la Revolución Francesa. De 9 años viaja a Francia. A los 24 años es nombrado miembro del Consejo General de la Primera Internacional. En 1868 contrae matrimonio con Laura, la hija menor de Marx. En el Derecho a la Pereza se plantea que el trabajo desenfrenado propende a la destrucción psíquica y física de la mujer y el hombre y sus demostraciones tienen una agudeza, erudición y gran vigencia hoy. Interesante además que Lafargue realice el prólogo a la 1ª. Edición Francesa en 1891 de La mujer de August Bebel.
3. Hoss, Ida R. Systems techniques for managing society: A critique. Public Administration Review Washington 33 (2): 157-163, Marzo/Abril/ 1 973.
 4. Bunge, Mario. *Economía y Filosofía*. 2da. ed., O'Donnell, 27.28009, Madrid, España: Editorial Tecnos, S. A., 1 985.
 5. Lilienfeld Robert. *Systems Theory as a ideology Social Research*, New York. 42(4): 637-660.1 975.
 6. Knoke, David. *Political Networks. The Structural Perspective*. New York, EUA: Cambridge University Press, 1 994.
 7. Scott, John. *Social Network Analysis. A Handbook*. 3a. ed., Londres, Reino Unido: Sae Publications. Biddle Ltd. Guildford and King's Lynn, 1 994.
 8. White, Douglas. *Enfoque de redes para el estudio de comunidades urbana*. Estudios demográficos y urbanos: 26. El Colegio de México, fotocopia spi.
 9. Ríos, David, Ríos Sixto y Martín, Jacinto. *Simulación, Métodos y Aplicaciones*. Alfa omega-rama Santa Fe de Bogotá, 2 000.
 10. Bunge, Mario. *Ética, Ciencia y Técnica*, Editorial Sudamericana, Buenos Aires, 1 997.
 11. Se utilizan también para este artículo: Comunicaciones con el Dr. William Alvarado, Catedrático de Matemática; M.Sc. Armando Campos, Catedrático en Psicología Social; Dr. Luis Guillermo Coronado, Catedrático en Filosofía. Todos de la Universidad de Costa Rica.
 12. Nuño Juan, *Ética y Cibernética Ensayos Filosóficos*, Monte Avila , Editores Latinoamericanas Caracas, Venezuela, 1 994.

SOBRE EL AUTOR

Coronado Céspedes Luis Guillermo.

Conferencia: Ingeniería y Ciencia, conferencia dictada en Setiembre del 2000 en la Universidad de Costa Rica; apuntes del autor. El prof. Coronado Céspedes es Filósofo de la Ciencia y la Técnica actual, Director de la Escuela de Filosofía de la Universidad de Costa Rica.

