

Hace unos meses, el 15 de Diciembre de 1976, el pueblo español subrayaba inequívocamente sus deseos de una forma democrática de gobierno.

Los servicios de Correos y Telégrafos se ocupaban de transmitir grupos de datos por toda nuestra geografía peninsular e insular que, computados velozmente por ordenadores, trazaban, a través de pantallas catódicas alfanuméricas, los perfiles acumulados de una geografía nacional del voto. Periodistas españoles y de todo el mundo se comunicaban con sus agencias y periódicos por télex y teléfono.

La televisión y la radio difundían a los hogares, en el mismo momento, noticia puntual de resultados, procesos y análisis.

Las redes de telecomunicación ayudaban así a cerrar un ciclo por el que, en el curso de unas pocas horas, todo español, votante, abstencionista o abstinentes, tomaba conocimiento del efecto integrado de su decisión.

La Telecomunicación en la Era de los Sistemas

Por FERNANDO SAEZ VACAS

Estaba a punto de extinguirse el año conmemorativo del primer centenario de la invención de un símbolo fundamental de las telecomunicaciones, el teléfono. En ese relativamente breve intervalo de tiempo las telecomunicaciones han experimentado avances enormes y vertiginosos. Su impacto social es en todos los órdenes, el que corresponde a una revolución generalizada y ha sido estudiado aunque no de forma exhaustiva. Diversos autores prefiguran un futuro en el que las telecomunicaciones serán la base de la ciudad cableada (Goldmark), de un cerebro para el planeta Tierra (Arbib), de la ecosociedad (ecosociedad = convivencialidad + telecomunicaciones) (Rosnay), etc.

La evolución producida en las telecomunicaciones y las que se extrapolan como posibles son o serán debidas a diversos factores técnicos y extratécnicos. Este artículo postula que los factores técnicos que, de manera más acusada, están catalizando tal evolución en estos últi-



*Una memoria de un dígito decimal
computador E.N.I.A.C., 1946*

mos años y que la condicionarán en los próximos, son tres: la "tecnología electrónica" y las "técnicas digitales" (en lo que se refiere a la evolución en el pasado inmediato, en el presente y en el futuro previsible) y el "enfoque sistémico" (como factor condicionante del futuro). Después de pasar revista a estos tres factores termina el artículo intentando una interpretación de la significación de los mismos como productos de procesos integradores a distintos niveles.

TECNOLOGIA ELECTRONICA

Es este factor clave y revolucionario en las telecomunicaciones, como en otras ramas de la ciencia y de la ingeniería. Ha sido muchas veces tratado y resaltado, por la espectacularidad de sus avances.

No hay que pensar que es sólo la tecnología electrónica la que está evolucionando, pero en ella los órdenes de magnitud han sido volteados de forma tan acelerada y rotunda en un brevísimo lapso de tiempo que no hay más remedio que situarla en el podio de honor. Dispositivos y circuitos más perfectos, más rápidos, más seguros, más

pequeños, más baratos, más resistentes, más sobrios en sus requerimientos energéticos han hecho posibles sistemas más perfectos, más rápidos, etc. Técnicas jóvenes, como lo son todas las de telecomunicación, han rejuvenecido su aspecto y magnificado sus posibilidades, llegándose, por un efecto claramente multiplicador, a la creación de sistemas no sólo mejores, sino también más complejos que los anteriores. Otras técnicas que estaban ahí, sobre el papel, han encontrado la luz verde para su realización práctica y económica.

En la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, por la presión y la rapidez de los acontecimientos, se ha pasado, casi sin darse cuenta y en un lapso de 14 ó 15 años, de ver y estudiar por primera vez un transistor a utilizar circuitos integrados (un C.I. puede albergar, en unas decenas de milímetros cuadrados, entre 1.000 y 10.000 transistores) y a realizar estudios e investigaciones sobre circuitos integrados, células solares, fibras ópticas, holografía y dispositivos para radioastronomía.

La tecnología es, en sí misma, absorbente. Se parece a un tren lanzado a toda velocidad, cuyos pasajeros pueden perder puntos de referencia tales como la propia velocidad, el lugar e incluso el paisaje. Desde una óptica de pura telecomunicación ha de considerarse a la tecnología exactamente como agente y vehículo de cambio de primerísima magnitud, nunca como un fin.

TECNICAS DIGITALES

Las técnicas digitales, —esto es obvio para un ingeniero—, no son naturalmente las que pueden utilizarse para adjudicar los cargos políticos y administrativos, aunque tienen el mismo origen etimológico. Cuando la información se compone con los símbolos pertenecientes a una colección o alfabeto limitado (finito, numerable), como puede ser el conjunto de dedos de la mano, estamos creando información digital.

Esta forma de proceder no es, desde luego, de hoy. El hombre, a



Unidad central de un ordenador, con mas de 100.000 transistores. LSI-11 de D.E.C., 1975

lo largo de su historia, ha codificado sus informaciones utilizando unos símbolos específicos (letras, dibujos) y comunicado sus mensajes mediante otros símbolos, soprotados acústica o luminosamente (banderas, espejos, humo). El hecho diferencial ahora, desde un punto de vista técnico, se encuentra en el uso casi exclusivo de un alfabeto constituido únicamente por dos símbolos (alfabeto binario) y en una expansión sin precedentes de las técnicas digitales binarias.

Dos símbolos bastan, en efecto, para representar cualquier información. Si ésta es propiamente digital, procedente, por ejemplo, de un teleimpresor o de un computador, resulta tarea fácil pues se trata de una conversión entre dos alfabetos. Cuando la información adopta la forma de una onda continua (voz, imagen, señal electroencefalográfica), es preciso tomar, cada cierto intervalo de tiempo, una muestra del valor de esa onda, cuyo valor, siendo ya número, es codificable en binario por transformación entre alfabetos. Se tiene así una información digitalizada, como ocurre con los sistemas de voz PCM (de modulación por impulsos codificados). Tanto en uno como en otro caso se está en el terreno de las comunica-

ciones digitales. Al profano podrá parecerle casi increíble, supongo, que tal maniqueísmo simbólico (sí/no, blanco/negro, todo/nada, 0/1) permita conducir la información desde un punto geográfico emisor cualquiera hasta un receptor lejano, a través de muy distintos medios propagatorios. No sólo es verdad, sino que, por añadidura, las comunicaciones digitales presentan, en relación con las comunicaciones analógicas, ventajas importantes, verbigracia, posibilidades de regeneración de la señal, de conmutación temporal y de un tratamiento común a señales de origen digital o analógicas digitalizadas.

Los computadores, capaces de realizar operaciones de cálculo, ordenación, decisión lógica y control, son binarios también y partícipes de las técnicas digitales, aunque generados por tradiciones científicas muy diferentes. Su industria ha impulsado enormemente a la industria electrónica de los circuitos integrados, repercutiendo por la vía tecnológica en una revitalización de equipos y técnicas de telecomunicación no necesariamente digitales.

Paralelamente, al convertirse en

abonados de las mismas redes de telecomunicación, han provocado un fuerte efecto incremental sobre la demanda de comunicaciones digitales en su versión pura de tráfico de datos.

Intégranse, por último, las técnicas digitales de cálculo con las técnicas digitales de comunicaciones para constituir sistemas de telecomunicación dotados de nuevas potencialidades. A título de ejemplo es dado citar el papel jugado por los computadores en el cálculo preciso de la posición de ciertos satélites de comunicaciones a efectos de orientación de las antenas situadas en los terminales transmisor y receptor. Y ¿qué decir de las relaciones computador telefónica? Existen equipos automáticos para realizar medidas de transmisión y pruebas de señalización sobre circuitos telefónicos, cuyo equipo central es un minicomputador. Computadores de bien diferentes capacidades constituyen los nodos de algunas de las redes de datos para la dirección y control del tráfico de información digital por canales telefónicos entre computadores y terminales de distintas características funcionales y operativas.

Y para terminar con los ejemplos, el corazón de una central automática telefónica puede ser ciertamente ya un complejo com-



Vista del Laboratorio de la cátedra de ordenadores, en la E.T.S.I.T.M. Es un miniordenador incomparablemente más potente que el ENIAC. SPC-16, 1976.

putador. Versatilidad, potencia, memoria y ¡un cierto grado de inteligencia! son varias de las características del valor añadido por la telecomunicación computarizada.

ENFOQUE SISTEMICO

Por caminos diferentes el hombre ha llegado a poner a punto muy diversos sistemas instrumentales de medición, de recogida de información, incluso débil o lejana, de almacenamiento indefinido de la in-

formación tanto digital como analógica, de transmisión y recepción, de encaminamiento selectivo de la información, de cálculo, y de reproducción de la información. No pocos de estos sistemas pueden combinarse en variadas formas para constituir sistemas más complejos y más capaces. Estamos en la era de los sistemas, según Ackoff, lo que exige también métodos más potentes para la organización y el control de la tecnología y de la técnica.

Se poseen hoy los instrumentos técnicos para constituir auténticos sistemas nerviosos en la sociedad, con las consecuencias que tal poder conlleva. Una porción muy importante de estos instrumentos son las telecomunicaciones. Un reciente informe, elaborado a petición del presidente francés, subraya a las telecomunicaciones, especialmente en su dimensión telemática (telecomunicaciones y redes de ordenadores), como factor estratégico en el terreno de la independencia nacional en cuanto a la información (S. Nora). La telegrafía, la telefonía y las radiocomunicaciones, siempre renovadas, acompañan e impulsan, para bien o para mal, a todas las actividades de la vida moderna.

A mi entender, ha de ser el enfoque sistémico el próximo factor

PREVISIONES RELATIVAS AL TRAFICO DE DATOS EN ESTADOS UNIDOS

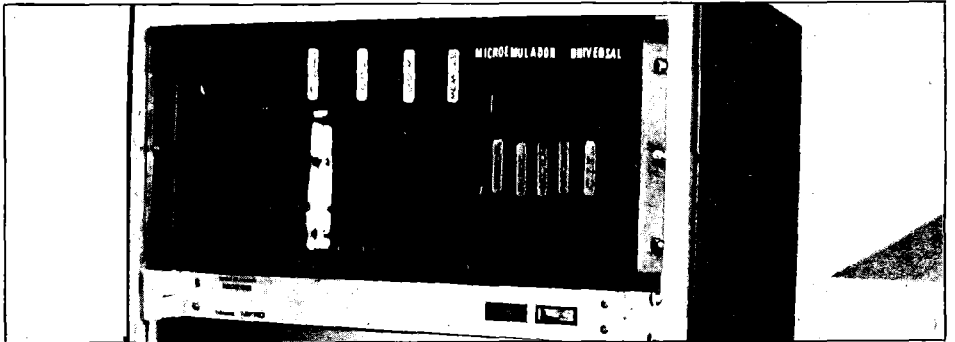
	1.970	1.974	1.980
NUMERO DE TRANSACCIONES (EN MILES DE MILLONES)	14	50	250
NUMERO DE LLAMADAS (EN MILES DE MILLONES)	3.7	12	32
NUMERO DE TERMINALES (EN MILLARES)	185	800	2.500
NUMERO DE PUNTOS SERVIDOS (EN MILLARES)	84	310	1.000

Cuadro de tráfico de Datos en USA

de evolución de las telecomunicaciones, sin merma de los anteriores, pero trascendiéndolos a un nivel organizativo y metodológico. Un autor francés, De Rosnay, describe el enfoque sistémico como "una metodología que permite reunir y organizar los conocimientos para una mayor eficacia en la acción". Enraizado en la doctrina del pensamiento expansionista, que siempre contempla un problema como elemento integrante de un problema mayor, quiero ver el enfoque sistémico (systems thinking, systems approach) en tanto que fenómeno convergente con los desarrollos científico-técnicos de nuestros días. Distintos pensadores, y entre ellos Carrel, hace ya bastantes años, han insistido en la conveniencia de inyectar esta forma de pensamiento, complementaria del pensamiento básicamente analítico, en las aulas universitarias. Es cierto que, a menudo, se han introducido programas interdisciplinarios, pero en bastantes casos bajo una concepción de sistemas cerrados, si bien de orden superior. Muchos creemos, hoy, que ya no hay que hablar de conveniencia sino de necesidad.

Naturalmente, el enfoque sistémico no es necesario exclusivamente para la mejor integración de los sistemas de telecomunicación entre sí y con otros sistemas, esto se desprende por sí sólo. Lo que ocurre es que, aquí, la reflexión se mueve en el ámbito específico de las telecomunicaciones. Autores como Russell Ackoff y Stafford Beer, que no son en absoluto técnicos de esta rama, reconocen a los sistemas de generación, almacenamiento, transmisión y manipulación de símbolos (telecomunicaciones, instrumentación y computadores) como herramientas de nuestros días para rediseñar y actualizar nuestras instituciones, de acuerdo a la naturaleza de los complejos problemas planteados. A condición, nos dicen, de que tales herramientas sean manejadas con criterios sistémicos (técnicas de la cibernética, investigación operativa, etc.).

Una última aclaración. La con-



cepción que estoy presentando aquí es eminentemente técnica. No pretende ir más allá de referirse a que las máquinas pueden ser más eficaces y organizarse más eficazmente, pero reconoce dimensiones prioritarias, de índole ética y política, que informarán en instancia definitiva decisiones importantes para la sociedad.

SIGNIFICACION E INTERRELACIONES DE LOS FACTORES ANTERIORES

De manera muy esquemática, como interesa aquí, cabe decir que los factores estudiados suponen dominaciones progresivas de los electrones, de los símbolos y de los procedimientos organizativos, respectivamente. Más aún, estas dominaciones poseen las características de todo proceso de integración:

- La tecnología electrónica se produce como integración de materiales por técnicas físico-químicas.
- Las técnicas digitales son un producto del proceso de unifica-

ción de la representación y manipulación de las informaciones a través de un alfabeto muy restringido.

- El enfoque sistémico es, o pretende ser, un planteamiento trans- e interdisciplinario que busca integrar elementos (técnicas, métodos, sistemas) como partes de sistemas de orden superior.

Los dos primeros factores se desarrollan parejos y se favorecen mutuamente, cosa que puede demostrarse con numerosísimos ejemplos. Pero su relación con el tercer factor, que es factor para el futuro —no lo olvidemos—, es más compleja. De un lado proveen instrumentos para el diseño y construcción de sistemas de telecomunicación cada vez más potentes. De otro lado, su rutilante trayectoria, su mismo poder, pueden desbordar las capacidades de los diseñadores de sistemas y de sistemas de sistemas y, por consiguiente, favorecer una tendencia a la hipertrofia tecnológica e instrumental. Este es el punto sobre el que hay que meditar, me parece. F.S.V.

REFERENCIAS

- P.C. Goldmark
Communication and the Community
Scientific American, Sept. 1972, Vol. 227, nº 3.
- M.A. Arbib
Los Ordenadores y la Sociedad cibernética
Editorial AC, 1978
- J. de Rosnay
El macroscopio
Editorial AC, 1977
- R. Ackoff
Redesigning the future. A systems approach to societal problems.
J. Wiley, 1974.
- S. Beer
Designing freedom
J. Wiley, 1974.
- A. Carrel
La incógnita del hombre
Editorial Iberia 10ª. Ed. 1953
- S. Nora, A. Minc
L'informatisation de la société
Ed. du Seuil, 1978.