

Las soluciones informáticas distribuidas y su problemática

M.^a DOLORES BOLDO GASPA
MANUEL DE FORN FOXA
MANUEL MARTI RECOBER

1. INTRODUCCION

Las soluciones informáticas que se proponen para sistemas completos (conscientemente no se ha empleado el término *sistemas integrados* para evitar que el lector piense que se desea plantear únicamente la problemática relativa a grandes instalaciones y a sistemas complicados) de información y decisión se imaginan y plantean en muchos casos antes de que sean "comercialmente" instalables y, cuando llega el momento en que realmente lo serían, resultan ya sobrepasadas por la propia tecnología y los nuevos desarrollos técnicos. Ello es debido por una parte, al rápido desarrollo de la tecnología y por otra, a una insuficiente (y a veces inexistente) planificación del desarrollo e implantación de dichos sistemas de información.

Hace muy pocos años se han comenzado a imaginar, e incluso implantar en nuestro país, soluciones en las que estaba latente la existencia de unos pocos centros de cálculo que debían proporcionar servicio a la mayor parte de usuarios del país. Las máquinas disponibles hoy pueden llevar a soluciones totalmente opuestas, en las que cada usuario disponga de un hardware y un software ajustados a sus necesidades y "tamaño".

Evidentemente lo lógico, desde todos los puntos de vista, es que co-existan soluciones con ambos enfoques e incluso otras mixtas. Para que ello sea posible, es necesario, como indica LANGEFORS [1], que la definición de los datos y procesos contenidos en el sistema, deben ser desarrollados desde las concepciones del mundo del usuario y no desde las necesidades de los programas de ordenador. Ello implica que se haga un verdadero diseño lógico, en lugar de partir de una determinada solución técnica a la que luego tenga que adaptarse el entorno (de hecho esta es una problemática que desborda el campo de la informática y que afecta a toda nuestra civilización).

La denominada "informática distribuida" es ya hoy una opción real de diseño, que está siendo utilizada, por ejemplo, en empresas que tienen delegaciones distribuidas geográficamente, que tienen necesidades muy concretas en determinados departamentos, o que está siendo imaginada para el futuro, por ejemplo, sistema informático de la Generalitat, estructurado en centros comarcales y locales. Se ha discutido y escrito [2] [3] mucho sobre el tema y probablemente se han puesto en práctica

menos sistemas de este tipo de los que cabría esperar.

No daremos una definición formal de "informática distribuida", como por ejemplo la presentada en [4], pues nos parece extraordinariamente difícil, y puede ser más práctico a efectos ilustrativos limitarnos a resaltar las características que son esenciales para que pueda ser empleado con propiedad el concepto de "solución informática distribuida".

La primera característica está relacionada con la alternativa centralización-descentralización que se plantea constantemente a lo largo de la vida de cualquier organización. EMERY [5] define y analiza ampliamente las ventajas y desventajas de los sistemas centralizados y descentralizados (remittimos al lector a dicho artículo para una discusión detallada de esta problemática).

El sistema informático de una organización, será *centralizado* si toda la capacidad de proceso y la base de datos, están localizadas en un solo centro y, asimismo, todo el trabajo de proyecto y desarrollo de dicho sistema lo lleva a cabo una única unidad organizativa (departamento de estudios, análisis y programación). Los usuarios remotos pueden ser servidos a base de un transporte físico de entradas y salidas o estar ligados al centro por una red de telecomunicaciones del tipo "estrella". Las prioridades de asignación de recursos, también se llevan a cabo por un único centro de decisión, que puede estar definido en forma de comité de informática o bien, dejado en manos de quien, de hecho, asume la responsabilidad.

En el extremo opuesto, un sistema *descentralizado* comportará que cada unidad operativa, o grupo de ellas, de la organización dispondrá de ordenadores propios y separados. Esa unidad operativa será responsable, con sus propios recursos, del desarrollo y operación de la parte del sistema informático de la organización que precisa para sí misma.

EMERY señala también, que el concepto de sistema distribuido viene siendo utilizado para describir cualquier caso que se encuentre entre una red en estrella centralizada y un sistema totalmente descentralizado, pero que en todo caso es útil limitar la definición a los sistemas que poseen las siguientes características:

- "Emplean múltiples procesadores con capacidades de computación de tipo general (posiblemente con

el soporte de una base de datos local).

- Líneas de comunicación (a menudo funcionando sólo intermitentemente) entre los procesadores.
- Interacciones relativamente vagas entre los subsistemas distribuidos, que normalmente dan servicio a subunidades organizativas separadas.
- Una coordinación "considerablemente" centralizada en el diseño y la operación de los subsistemas de proceso separados."

La problemática de la centralización versus descentralización es totalmente general, y abarca desde problemas puramente políticos, hasta los puramente empresariales o los ligados a la administración pública. De hecho está ligada a la capacidad de imaginar, diseñar y hacer operativos sistemas que estén a una escala realmente humana.

Otra característica está relacionada con la concepción de organización de ACKOFF [6] como sistema capaz de fijarse sus propios propósitos y objetivos, y que, para alcanzarlos, necesita una capacidad de adaptación y aprendizaje. Como consecuencia de ello el sistema de información de la organización deberá contribuir a dicha capacidad de adaptación y aprendizaje, o por lo menos no oponerse a ella con excesiva "rigidez".

Es evidente, y queda implícito en lo ya escrito hasta aquí, que el desarrollo tecnológico es el que ha permitido diseñar sistemas distribuidos. Corresponde a otros artículos del presente número monográfico [7] [8] [9] desarrollar este aspecto, remitiendo en todo caso al lector a la conferencia de BORGERSON [10].

Sin embargo debemos hacer énfasis en unos pocos aspectos.

En primer lugar, se dispone de ordenadores que a un coste reducido proporcionan la posibilidad de realizar un proceso transaccional (tratar completamente las transacciones una a una, en lugar de hacerlo mediante procesos por lotes o "batch"). El software correspondiente es potente y suficiente en la mayor parte de los casos y la capacidad de almacenamiento es grande. El uso de estas máquinas hace que la operación sea más sencilla que en el caso de usar una máquina centralizada con terminales en estrella. El coste, por esta misma razón y por la eliminación de al menos una parte de las comunicaciones, también puede reducirse. Es importante notar que incluso los grandes constructores (IBM, UNIVAC, Honeywell, ...) han entrado en la comercialización de los denominados minicomputadores.

Otra posibilidad, aunque puede incluir la anterior, es la del empleo de redes de telecomunicación malladas y jerarquizadas. En este caso la tecnología requiere desarrollos importantes para que su uso sea realmente sencillo.

Finalmente, en lo que respecta al software para el uso de bases de datos, en muchos casos no está totalmente a punto para ser fácilmente operativo y está prácticamente por desarrollar el que se refiere a bases de datos distribuidas.

Desarrollo teórico sobre los sistemas de información

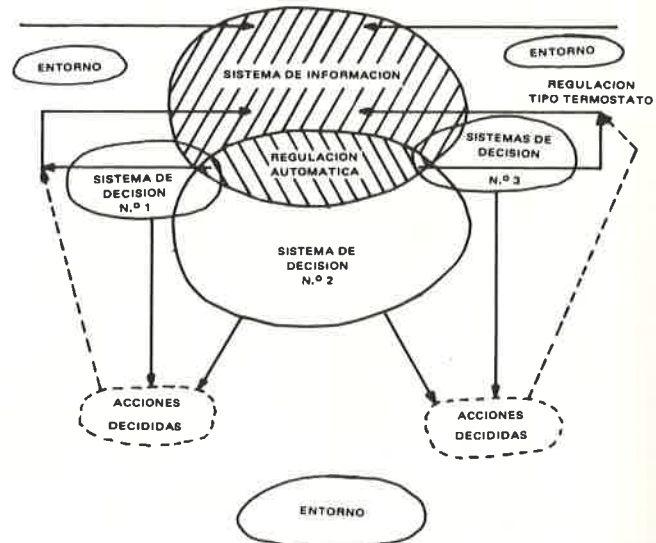
Paralelamente al desarrollo de la tecnología ha surgido una evolución importante de la teoría de los sistemas de información. Pasadas las etapas iniciales de aprendizaje del tratamiento de la información y los sueños conducentes a sistemas automáticos de dirección de las organizaciones, se ha logrado, con el apoyo de la teoría de sistemas, encontrar un concepto claro de sistema de información: es el instrumento de memorización de las transac-

ciones con el entorno y en el interior del sistema objeto de estudio [11].

El sistema de información no depende, pues, de la tecnología sino de los fines y estructura de la organización que lo soporta y su función principal consiste en tratar y difundir adecuadamente las transacciones o representaciones de los sucesos que afectan a dicha organización.

Por esta misma definición se puede establecer una clara separación entre sistema de información y sistemas de decisión. El sistema de información es único para toda la organización, mientras que existen múltiples decisiones que están a distintos niveles y que definen sus propios esquemas y sistemas de decisión. Estos sistemas de decisión se conectan al sistema de información según sus necesidades.

Le Moigne [12] expresa gráficamente esta idea de separación entre sistema de información y sistemas de decisión de la siguiente manera:



Subsistema informático

Del concepto genérico de sistema de información, ligado al sistema objeto de estudio, se deducen dos subconjuntos acotados:

- El sistema de información formalizado, que está compuesto por todos aquellos elementos del sistema de información que pueden prefijarse, tanto a nivel manual como automático, y

- El subsistema informático, que es aquella parte del sistema anterior que utiliza como instrumento del tratamiento de base, el ordenador y que viene definido como "la parte del sistema de información formalizado que, a partir de unos datos de entrada, proporciona unos datos de salida (resultados), según unas operaciones predeterminadas, bajo control de unas normas y empleando, en general, otros datos suministrados previamente al sistema. Las operaciones predeterminadas se realizan por medios humanos o con ordenador, siendo esta última característica determinante para poder aplicar al sistema la calidad de informático" (véase grupo de Metodología de Análisis de Guide [13]).

Una característica fundamental del sistema informático es que al quedar definido por los resultados que proporciona a partir de los datos de entrada, existen muchos posibles sistemas equivalentes, es decir, sistemas de estructuras diferentes. Las diferencias más claras entre sistemas equivalentes son las ligadas al hardware, pero también pueden darse en el software o descripción del sistema.

Para analizar el subsistema informático se puede observar desde la perspectiva de su estructura y componentes o bien, se puede considerar como un conjunto de descripciones.

Desde la perspectiva estructural, se compone de: Hardware, Software, Archivos, Procedimientos y Personal. Una visión esquemática puede encontrarse en [15] y una descripción de los componentes en [14]. Desde la perspectiva de las descripciones se puede desglosar de la siguiente manera:

- Descripción de subsistemas.
- Descripción de datos y su representación en soportes.
- Descripción de tratamientos y programas que los contienen.
- Descripción de circuitos (o sea el orden de operaciones a efectuar con los datos).
- Descripción de costes y beneficios.
- Descripción del hardware y software básico a emplear.

Desde luego para poder llegar a tener un sistema informático construido es necesario, por lo menos, una descripción del sistema tecnológico que pueda ser traducida por los autómatas disponibles de modo que pueda ser ejecutada por el ordenador.

Un modelo general para el sistema de información formalizado

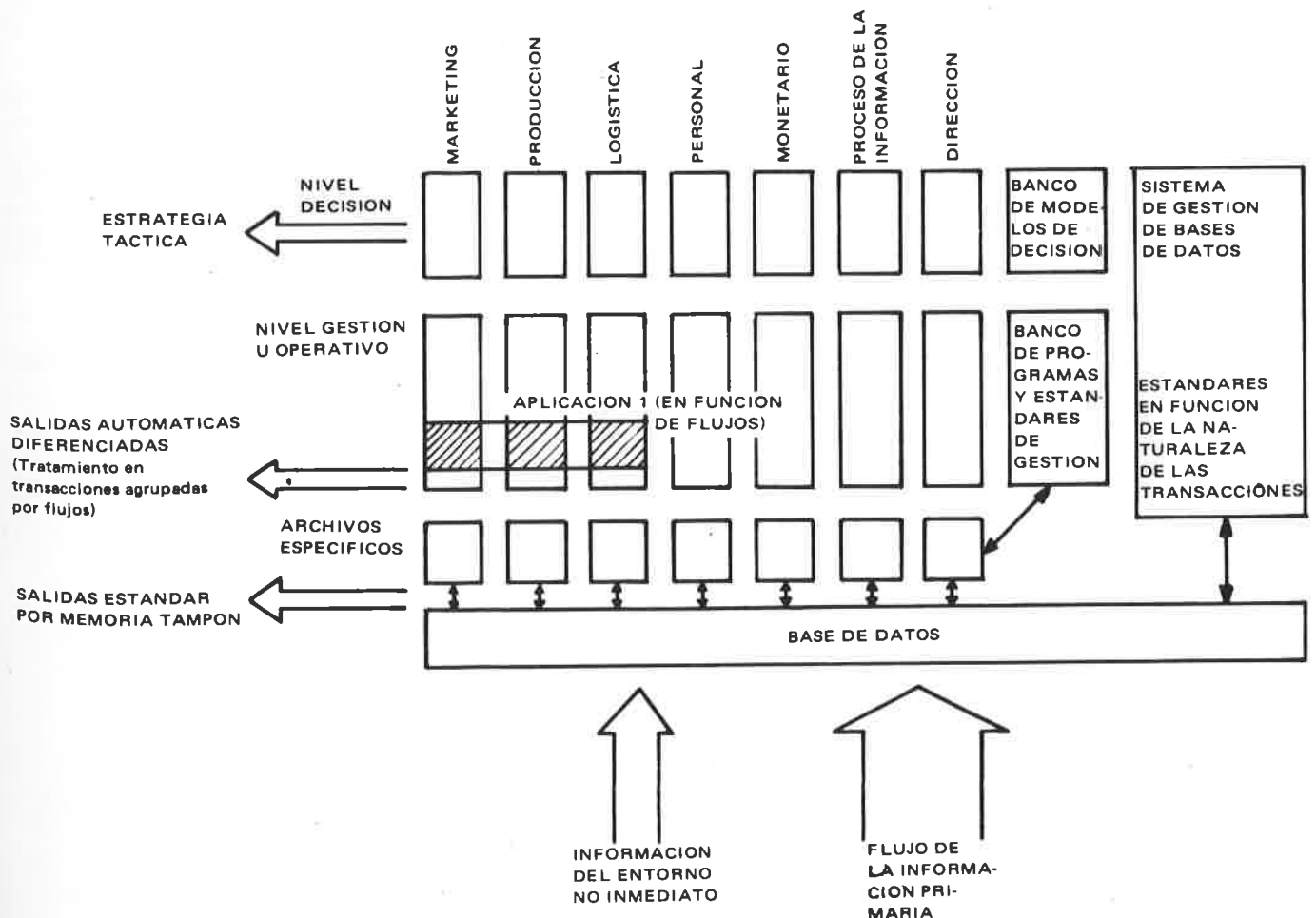
De lo escrito anteriormente, se deduce que cualquier sistema informático no es más que una de las posibles formalizaciones de una parte del sistema de información formalizado. Es decir, que puede imaginarse un esquema general de sistema de información y plantearse distintas soluciones tecnológicas.

Existen dos caminos en la definición de un modelo del sistema de información formalizado, el primero en función de la estructura organizativa de la empresa que lo soporta y el segundo en función de las características asociadas a las transacciones.

En el primer caso se parte de una agrupación de informaciones y procesos cruzando cuatro niveles de decisión (transaccional, operacional, management y planificación estratégica) con los subsistemas definidos por la propia estructura y funciones de la organización (personal, producción, marketing, logística, etc.). Véase el capítulo 8 de DAVIS [14].

En el segundo caso la clasificación de las transacciones se realiza en función de su propia naturaleza. Para ello se determinan los flujos de información que circulan por las organizaciones (monetario, personal, estructura y productos), que junto con el de la información primaria, componen los ejes de agrupación y combinación con las funciones de la organización. Véase LE MOIGNE [12].

Consideramos que un modelo coherente debe tener en cuenta ambas alternativas de diseño y se



propone en la figura, un modelo de referencia que sirve de esquema general para el sistema de información formalizado.

Esta explicación esquemática del nivel de desarrollo actual de la teoría, permite extraer los elementos que se consideran importantes en el momento del diseño del sistema de información y de sus soluciones tecnológicas. Ello permite analizar los sistemas distribuidos desde un marco general y ver que partes se pueden distribuir realmente, en cada caso, del conjunto esquematizado. Por ejemplo, capacidad de proceso, bases de datos, entrada de informaciones primarias, archivos específicos, bancos de modelos y programas, etc.

2. CARACTERÍSTICAS DE LAS APROXIMACIONES EXISTENTES A LOS SISTEMAS DISTRIBUIDOS

Al analizar los sistemas distribuidos que están funcionando en la actualidad y de los que se tiene referencia, se observa una gran diversidad, tanto en el concepto como en las realizaciones. Ello impide hacer una tipología exhaustiva de los mismos, pero permite extraer algunas de las características o razones que han inducido a la distribución.

Como hemos visto anteriormente, la autonomización del sistema de información lleva aparejada, asimismo, una separación relativa entre sistema lógico y sistema tecnológico en el interior del propio sistema informático. Ello permite que se establezca una relación clara entre la problemática desencadenante de una solución distribuida y el cómo de dicha solución.

Los posibles puntos de partida que en el momento actual llevan a una solución distribuida obedecen a tres posibles causas:

- Específicas del propio sistema de información (por ejemplo: necesidad de un tiempo de respuesta más corto, imposibilidad de gobernar un gran sistema, etc.)
- Ligadas a la estructura de la empresa que lo soporta (política de la organización).
- Externas a ambas pero pertenecientes en su entorno (desarrollo de nueva tecnología de comunicaciones, por ejemplo).

Estas causas producen una serie de factores desencadenantes de las soluciones actuales. Los factores principales son los siguientes:

- Técnicos: Hardware, software y tecnología de comunicaciones, por ejemplo, desarrollo de minis y micros.
- Estructura de la información almacenada; ficheros, bases de datos.
- Flujos de información: tratamiento trasaccional de un censo de población, por ejemplo.
- Forma de tomar las decisiones: Organización, departamentos o funciones y distintos niveles de decisión.
- situación geográfica.
- Transparencia: control del sistema.
- Costes.
- Política de ventas de los fabricantes.
- Éxito de realizaciones concretas existentes en el sector (moda, caja de resonancia).

Generalmente, uno sólo de estos factores será el que provoque plantearse una solución distribuida, sin embargo, un planteo correcto debe tener presente el máximo número de ellos, especialmente los que son específicos del sistema de información tal como se ha reflejado en el modelo general del apartado anterior.

3. PROBLEMÁTICA PROPIA DE LAS SOLUCIONES DISTRIBUIDAS

De lo dicho anteriormente se deduce que la inserción del concepto de Sistema Distribuido en el campo informático, se lleva a cabo a través de dos campos de interés distintos. Por una parte, existe un esquema teórico que con un gran nivel de abstracción se plantea soluciones distribuidas que parecen posibles y eficientes (Emery, Ackoff, Le Moigne). Por otra parte, y a nivel técnico, existen instrumentos capaces de resolver funciones, aunque muy concretas, del tipo de las propuestas por dicho esquema teórico.

Sin embargo, el planteamiento en la actualidad, de situaciones reales, y su solución de diseño y mantenimiento, se realizan en condiciones precarias, intuitivas y parciales debido a la falta de background a todos los niveles: usuarios, teoría de la organización, listas de tareas, organización de la producción, circuitos de adaptación del sistema, técnicas de recuperación, lenguajes, etc.

Lo que se pretende ahora es dar un esbozo de los problemas que pueden plantearse al intentar soluciones distribuidas, dado que existe una determinada experiencia, estructura organizativa, forma habitual de enfoque, etc. en el diseño, puesta en funcionamiento de sistemas informáticos. Para ello se han agrupado en grandes áreas temáticas, aunque sin ningún ánimo de exhaustividad.

Ambito metodológico

El primer problema que se plantea en este terreno, es el de la falta de consenso sobre el método de abordar no sólo el desarrollo de soluciones distribuidas, sino el de creación de sistemas informáticos, digamos más convencionales.

Existe una doble vertiente metodológica al plantear los sistemas distribuidos: el sistema global y el de cada uno de los subsistemas en que se divide. Parece que el diseño de cada una de las partes distribuidas puede solventarse con la experiencia metodológica convencional. Sin embargo, para el diseño global del sistema se carece de una lista amplia y aceptada de tareas a realizar, cuestiones a plantearse, aspectos a tener en cuenta en cada una de las etapas definidas, etc. Esta situación puede conducir a dudar, incluso, sobre la eficacia y eficiencia de los sistemas diseñados

Ambito del diseño lógico

La existencia de estándares, tanto a nivel funciones a realizar por el sistema, como de las informaciones que le son propias y sus interrelaciones, es vital para la eficacia de un Sistema Distribuido. Su definición es problemática por el consenso de participantes que exige. La capacidad de adaptación del sistema puede ser favorecida o penalizada por estos estándares, ya que según sea su definición, podrán facilitar la diversificación y complejificación de funciones, o convertir al sistema en un conglomerado de niveles inconexos.

Quizás un ejemplo clarifique lo que se intenta decir. Supongamos el caso de banca y sus funciones: tarjeta de crédito, cuentas corrientes, servicio de valores, pago de recibos y facturas, etc. Los problemas consisten en definir cuál es la información propia de cada función, cómo dispondrán de la necesaria las otras funciones, cómo las interrelaciones propias a cada función pueden integrarse en una común estructura de la información, etc. Todo ello representa poner de acuerdo a muchos usuarios,

definir protocolos, poner en cuestión muchas de las funciones que se realizan en la actualidad, etc.

Otro problema es el del sistema de recuperación en caso de mal funcionamiento del sistema.

El problema recuperación puede desdoblarse en dos: individual o propio de cada subsistema, y general, o del conjunto de partes. Una de las ventajas que se dan a los sistemas distribuidos, es el de que son poco frágiles, es decir, que facilitan el funcionamiento degradado del mismo en caso de fallo en alguno o algunos de los subsistemas. El aspecto recuperación en un subsistema puede decirse que su problemática es más parecida a la existente con sistemas convencionales aunque participa de alguna manera en las características de la recuperación general del sistema. En este caso, la recuperación aparece como una solución no trivial, pues existen muchas posibilidades según la estructura de interrelaciones definidas, la elección de puntos privilegiados en la red, el reparto jerarquizado de funciones de recuperación, la definición de qué gama de informaciones y/o funciones deben recuperarse, etc.

En cuanto a la privacidad, si bien un sistema distribuido permite, en mayor o menor grado, desvincular el problema de su aspecto tecnológico al responsabilizar más a cada participante, exige sin embargo un complicado juego de barreras y semibarreras a nivel de todo el sistema que deben considerarse con sumo cuidado, ya que en definitiva se trata de la definición de los estándares generales de control del sistema.

Ambito tecnológico

El desarrollo tecnológico actual, en cuanto a hardware, software y comunicaciones, es altamente diversificado, lo que plantea un posible problema: el llegar a conocer las especificaciones de todos los instrumentos existentes en el mercado candidatos a solucionar un caso concreto.

En el caso específico de las comunicaciones se debe tener en cuenta que buena parte de las soluciones técnicas posibles no están comercializadas, aunque sus desarrollos a nivel de laboratorio o prototipos están en fase avanzada. Es decir, una solución buena y factible a pequeña escala requiere retoques fundamentales y redefinición de objetivos cuando aumenta el tamaño de la red y el número de usuarios.

AMBITO ORGANIZATIVO

El entorno organizativo del sistema distribuido ha de permitir incorporar aprendizaje sobre el sistema y controlar su adaptación:

- recogida de información sobre estándares, su utilidad y las necesidades no admitidas y frecuencia con que se presentan,
- estructura de decisión que permita tener en cuenta las exigencias de todos los usuarios y no permita la dominación de uno de ellos,
- estructura de la tarea del diseño que no permita la elaboración de estándares sólo justificados desde un punto de vista técnico,
- la vida y desarrollo del sistema distribuido depende de la actuación y coordinación de sus partes, las cuales constituyen interfases con el sistema objeto y por tanto participan de la evolución de éste. Por el contrario en los sistemas centralizados, en general, la interacción entre quienes realizan el mantenimiento del sistema informático y el sistema objeto es más indeterminada,



- estructura del personal informático y sus especializaciones,
- regulación del sistema en cuanto al desarrollo de cada parte, de forma que se ajuste a las exigencias del sistema global y se diseñe en función de las necesidades de cada una de las partes interesadas en tal diseño,
- valoración en términos de coste económico de las implicaciones futuras de las soluciones de diseño y mantenimiento propuestas, ya que la calidad de diseño es aquí un posible factor de costos diferidos al impedir una adaptación del sistema.

4. POSIBILIDADES Y PROYECCION DE LAS SOLUCIONES DISTRIBUIDAS

La razón última de que exista la tendencia a diseñar *soluciones informáticas distribuidas* es que posibilita una mejor adecuación entre recursos y necesidades. Esta adecuación podrá ser mejor empleando una solución distribuida siempre que exista alguno de los aspectos que a continuación se analizan (la comprobación de que efectivamente es una solución mejor sólo podrá hacerse después del correspondiente estudio de costes-beneficios que compare las distintas alternativas de diseño lógico).

Un primer aspecto puede ser la existencia de una *localización o concentración geográfica o funcional*. El ejemplo que ya empieza a ser clásico en la literatura sobre el tema es el de los grupos de sucursales bancarias próximas entre sí; se ha comprobado en casos prácticos [2] que hasta el 90 % de transacciones originadas en uno de tales grupos se refieren a registros que pueden estar almacenados en el mismo grupo. Otro ejemplo es el de los sistemas reserva de plazas de compañías aéreas que están sobre ordenadores distintos de los sistemas de control de pasajeros y carga de vuelos.

En definitiva se trata de que en el lugar en que se precisen, están disponibles los medios para la entrada/salida, la capacidad de cálculo necesaria, así como la de almacenamiento y únicamente con la dimensión y capacidad que el subsistema correspondiente precise para su funcionamiento. La relación entre estos medios se llevará a cabo a través de una conexión de teleproceso o mediante el transporte físico de un soporte magnético o cualquier otro medio imaginable, en función de las necesidades específicas, que además pueden ser distintas según el lugar geográfico de que se trate.

Naturalmente el sistema puede concebirse de modo que cada usuario utilice los recursos de otros puntos distintos y la información almacenada en los mismos, en los instantes en que realmente los precise. Este aspecto podríamos denominarlo de *reparto de tratamientos e información* entre distintas partes del sistema.

Otro aspecto a tener en cuenta es el de la *simplicidad*, que frecuentemente se olvida en los sistemas informáticos por un injustificado deseo de perfeccionismo técnico y por el deseo de incluir en el "sistema formalizado" cuestiones que con una adecuada relación directa hombre-máquina pueden ser resueltos fácilmente. Piénsese, por ejemplo, en el tratamiento de las condiciones de pago especiales para unos pocos clientes y/o tipos de pedido.

Ello enlaza con el *grado de especialización del equipo humano*, tanto de los usuarios del sistema como de los responsables de su funcionamiento. Las soluciones distribuidas, permiten diseñar sistemas en los que la relación hombre-máquina potencie las capacidades específicas de ambos, en lugar de hacer que la segunda sustituya al primero, y reservando al hombre las tareas realmente inteligentes. Es muy interesante al respecto un artículo ya antiguo de Pierce [16].

Siguiendo por este camino, iríamos a parar a la discusión de aquellas áreas en las que la informática todavía no ha sido prácticamente usada, y que son, probablemente, las más atractivas y prometedoras (si son bien usadas) para el futuro. Algunas de estas áreas pueden ser las de la enseñanza, la sanidad, el ocio, etc., cuyas correspondientes soluciones parece serán distribuidas.

M.^a Dolores Boldó
Manuel de Forn
Manuel Martí



BIBLIOGRAFIA

- [1] LANGEFORS B. (1974) *Information systems*. IFIP-74, North-Holland.
- [2] CANNING, R. G. (1976) *Distributed Data Systems*. EDP Analyzer, Junio 1976.
- [3] LAMOND, F. (1976) *Les moyens et les méthodes de l'informatique distribuée*. 01 Informatique, n.º 98, 99 y 100.
- [4] Grupo de trabajo sobre sistemas de Inteligencia Distribuida de Guide Ibérica (1975). *Sistemas informáticos de inteligencia distribuida*.
- [5] EMERY, J. C. (1977) *Managerial and economic issues in distributed computing*. IFIP-77, Ed. B. Gilchrist, North-Holland Pub. Co.
- [6] ACKOFF R. L. (1971) *Towards a system of systems concepts*. Management Science, vol. 17, n.º 11, Julio 1971.
- [7] ALADJEM, *Arquitectura de sistemas distribuidos*. Novática, n.º 18.
- [8] AVILLA, *Miniinformática*. Novática, n.º 18.
- [9] Idem.
- [10] BORGERSON (1977) *Tecnología de los ordenadores*. Barcelona. Convención Informática Latina.
- [11] BOLD, CANALS, FORN (1974) *Aproximación a los sistemas de información a través de la teoría de sistemas*. ATI
- [12] LE MOIGNE, J. L. (1974) *Les systèmes d'information dans les organisations*. P.U.F., Paris.
- [13] Grupo de Metodología de Análisis de GUIDE Ibérica (1974). Pimer documento de trabajo.
- [14] DAVIS, G. B. (1974) *Management Information Systems: Conceptual, Foundations, Structure and Development*. New York, McGraw-Hill.
- [15] Documentación del curso de doctorado sobre Sistemas de Información de la Facultad de Informática de la U.P.B., desarrollado por M. Martí, M. D. Boldó, M. Forn (1977).
- [16] PIERCE, J. R. (1962). Lo que deberían estar haciendo los computadores (Palabras pronunciadas por U. Bush al final de la conferencia). Publicado por *Perspectivas de la revolución de los computadores*. 1970, Prentice-Hall, 1975, Alianza Editorial.