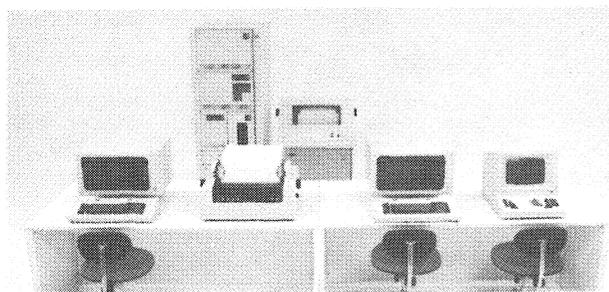


# LA INFORMATICA EN LAS EMPRESAS DE INGENIERIA CIVIL

403-3

2.ª y última parte



## LA INFORMATICA EN C. FERNANDEZ CASADO, S. A.

F. J. Manterola, Ingeniero de Caminos

Desde el momento de su fundación, en el año 1966, estuvo presente en CARLOS FERNANDEZ CASADO, S. A. la necesidad de disponer de métodos de análisis capaces de abordar los problemas que se presentan en el proyecto de puentes.

En un principio se recurrió al centro de cálculo del Instituto Eduardo Torroja y al ensayo de modelos reducidos en la propia oficina. Sin embargo el diseño de un puente requiere una interacción constante entre cálculo y proyecto que resulta imposible con cualquiera de los métodos anteriores. Por esta razón se decidió en el año 1968 la adquisición de un ordenador IBM 1130 cuyas características se detallan en la figura 1. Los dos principales programas que se utilizaron (el STRESS para el cálculo de estructuras y el COGO para los problemas de trazado) vinieron con el equipo.

Posteriormente se ha ampliado la capacidad de cálculo de la oficina con la adquisición, en el año 1976, de un ordenador General Automation 1830

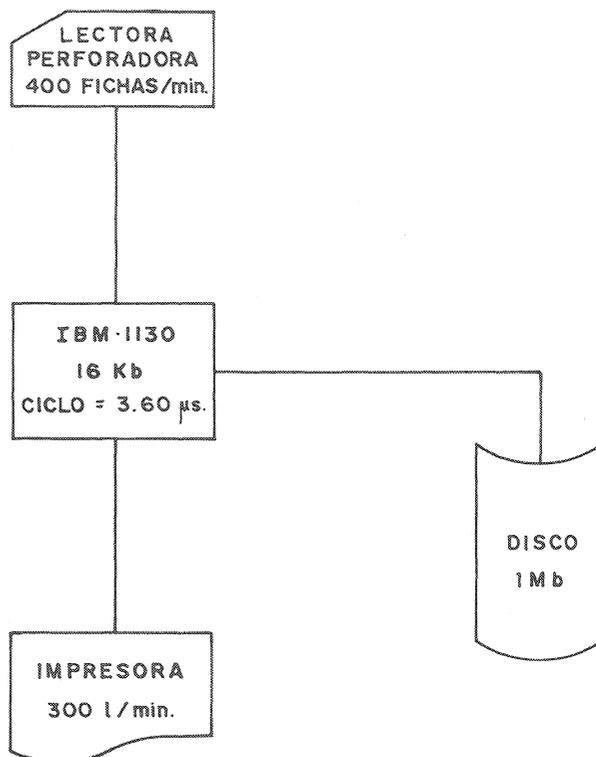


Figura 1. — Configuración IBM 1130.

totalmente compatible con el IBM 1130 (ver figura 2) y, en el año 1979, de un sistema Interdata 732 (ver figura 3). Estos dos últimos ordenadores son los que están en uso actualmente.

Los programas que se utilizaron en un principio se adquirían con los equipos y sólo se elaboraban programas de pequeña entidad, dirigidos a aplicaciones muy concretas y que no se catalogaban. Esta política se cambió en un momento dado

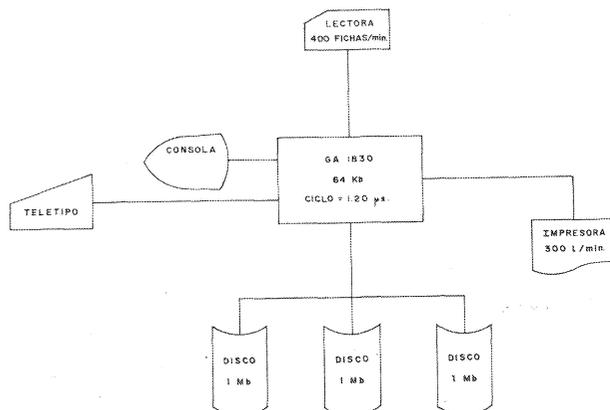


Figura 2. — Configuración GA 1830.

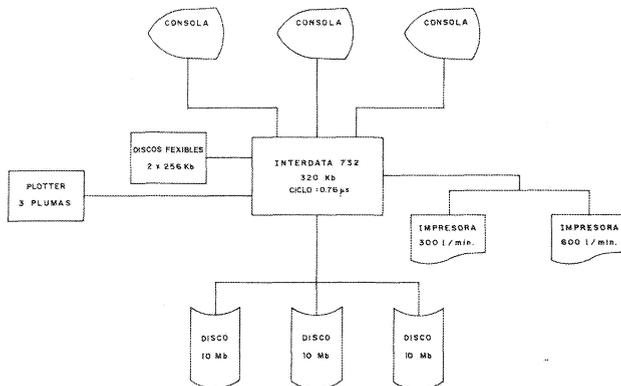


Figura 3. Configuración Interdata 732.

ya que entorpecía el funcionamiento de la oficina y este cambio ha permitido alcanzar en la actualidad la situación opuesta en que todos los programas que se utilizan han sido escritos en la oficina. Esta línea de actuación puede resultar costosa en un principio, pero es la más rentable a largo plazo ya que entraña importantes ventajas: posibilidades de trabajar con una tecnología propia y en muchos casos original, adecuación de los programas a los problemas específicos a los que van a ser aplicados y posibilidad de cambiar los programas conforme varían las posibilidades de cálculo.

Se han adoptado dos planteamientos para el análisis de los puentes en ordenador y conforme a estos planteamientos existen distintos tipos de programas. El planteamiento más general que es aplicable a cualquier tipo de puente consiste en analizar el puente mediante una serie de programas independientes (cálculo de esfuerzos, máximos y mínimos, tensiones, etc.) pero cuyos resultados se almacenan en los mismos archivos en disco lo que minimiza el volumen de datos a tratar manualmente. De todas formas este planteamiento es convencional en el sentido de que el proceso general está controlado por el calculista. El otro punto de vista consiste en dejar al ordenador el control de todo el proceso de cálculo con lo cual basta con dar unos cuantos datos (trazado y descripción del pretensado) para que el problema quede totalmente definido y el ordenador determine hipótesis de carga, esfuerzos, envolventes de esfuerzos y en última instancia armaduras. Obviamente este planteamiento sólo se puede aplicar en aquellos casos en que el volumen de proyecto merezca la inversión que se realiza en la elaboración del programa o para aquellos puentes cuyas características geométricas y mecánicas se puedan tipificar fácilmente (el caso más claro es el de los puentes de vigas).

De acuerdo con estas premisas los programas más importantes que componen la biblioteca son:

- Trazado: replanteo en planta y en alzado a partir de un eje de replanteo dado.

- Cálculo de envolventes de esfuerzos: los esfuerzos calculados previamente se combinan de acuerdo con normas que fija el calculista en cuanto a compatibilidad de hipótesis y se obtienen los valores máximos y mínimos.
- Cálculo de tensiones: proporcionando los datos de cada sección se pueden obtener las tensiones correspondientes a hipótesis simples o a combinaciones de hipótesis cuyos esfuerzos se encuentran almacenados en disco.
- Cálculo de esfuerzos: cálculo por métodos matriciales en reticulados planos o espaciales y en emparrillados planos; los tipos de cargas admisibles son variados: gravedad, pretensado, cargas en nudos, cargas puntuales y repartidas en barras, temperatura, tensiones internas, desplazamientos de nudos. Los esfuerzos obtenidos se almacenan en disco para su tratamiento posterior. El programa no tiene más limitaciones en cuanto a número de nudos o barras que la que impone la capacidad de almacenamiento en disco.
- Dimensionamiento de armaduras: existe una serie de programas que permite determinar a partir de los esfuerzos correspondientes las ar-

SECCION A 10 METROS

LEYES DE MOMENTOS-CURVATURA Y MOMENTOS-E=1 PARA AXIL = 2196.97 FI = 2.00

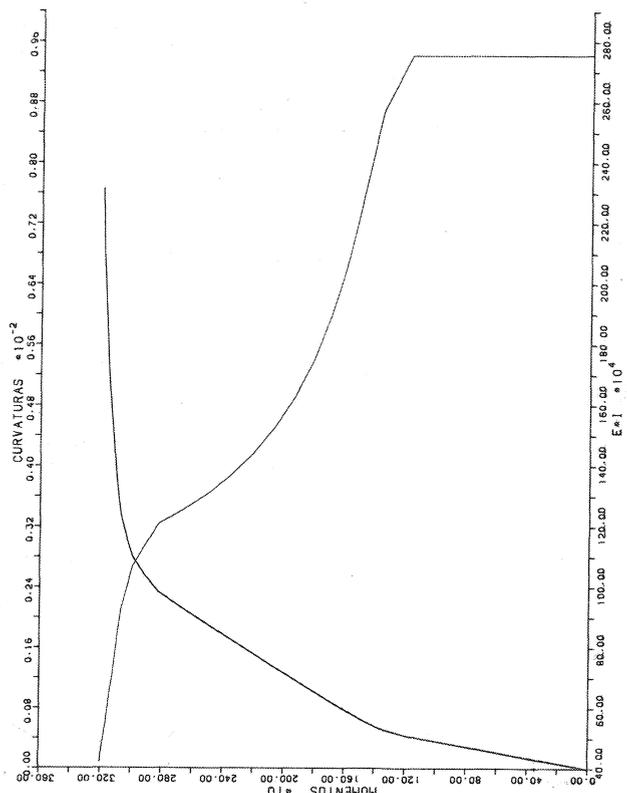


Figura 4. —Ley momento-curvatura de una sección de pila.

maduras pasivas en situaciones de flexión simple o compuesta, cortante y torsión.

- Comprobación a rotura: estos programas analizan el coeficiente de seguridad frente a rotura en situaciones de flexión simple, compuesta o esviada e incluso determinan leyes momento-curvatura de secciones de hormigón pretensado (Ver figura 4).

Además de estos programas, que completan el cálculo tradicional de todo tipo de puentes, existen otros que se usan para problemas especiales:

- Análisis dinámico: cálculo de modos de vibración y análisis de la respuesta de una estructura frente a acciones dinámicas, ya sean cargas o sismos. Este programa es totalmente compatible con los anteriores.
- Fluencia y retracción: determinación de la evolución de esfuerzos y desplazamientos en una estructura por fluencia y retracción teniendo en cuenta la presencia de armaduras activas y pasivas y la fecha de hormigonado de los distintos elementos que componen la estructura. Este programa también es compatible con los anteriores.
- Cálculo no lineal: este programa considera tanto los efectos de la no linealidad geométrica en estructuras muy flexibles como los de la no linealidad del material en ciertos elementos fuertemente solicitados. Es compatible con los programas anteriores.
- Elementos finitos: análisis de membranas, placas o láminas mediante el método de los elementos finitos. Existen en la actualidad 17 tipos de elementos pero este número aumenta según aparecen nuevas necesidades. En la figura 5 se puede apreciar la distribución de esfuerzos principales en la losa superior de un puente-cajón oblicuo biapoyado.
- Láminas plegadas: este programa, muy útil para el estudio de ciertos puentes con sección cajón, permite considerar apoyos intermedios y diafragmas transversales.

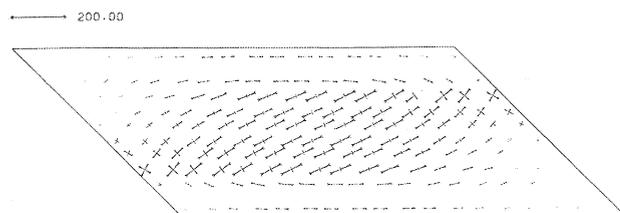


Figura 5.—Esfuerzos principales en la losa superior de un puente cajón oblicuo biapoyado.

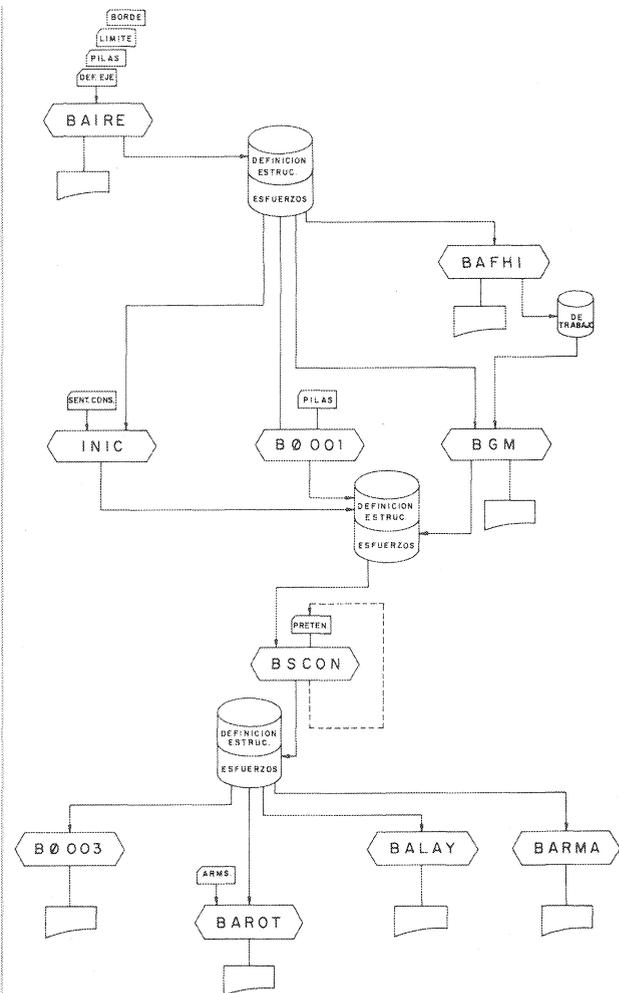


Figura 6.—Organigrama del programa de cálculo automático de puentes continuos.

Con respecto a los programas que realizan por sí solos todo el cálculo existen dos paquetes:

- Puentes de vigas: se definen los cuatro vértices de un vano, el número de vigas y sus características, las hipótesis a considerar y el programa define el modelo estructural mediante un emparrillado plano, calcula los esfuerzos y los combina para obtener los máximos y mínimos.
- Puentes continuos: este paquete de programas se elaboró para el proyecto de las autopistas AU-1 y AU-6 de Buenos Aires (viaductos urbanos de 15 km de longitud); la sección consta de dos losas aligeradas y ocasionalmente una rampa de acceso y el proceso constructivo es por cimbra autoportante. Los datos del programa incluyen únicamente el eje de replanteo, la definición de los bordes y de la posición de las pilas y, en un paso posterior, el trazado del pretensado. El programa realiza de forma automática la definición de la estructura me-

dante un emparrillado plano y de las hipótesis de carga, calcula los esfuerzos de servicio, define las diversas estructuras del proceso constructivo, calcula los esfuerzos de peso propio y pretensado (este paso se repite cuantas veces sea necesario para encajar el pretensado), combina los esfuerzos y determina en el último paso la armadura longitudinal y transversal. En la figura 6 se ha representado un organigrama de este paquete de programas.

Una característica importante de todos los programas es que se procura que la entrada de datos sea lo más sencilla posible para facilitar el acceso a los distintos programas. En efecto, la experiencia demuestra que los programas con una entrada de datos complicada dejan de usarse en cuanto existe una alternativa más cómoda. Como ejemplo puede observarse la entrada de datos necesaria para el cálculo de esfuerzos en un pórtico plano en la figura 7. En la práctica las distintas palabras se abrevian o dejan de usarse cuando no son necesarias de forma que la entrada de datos resulta muy sencilla máxime si se tiene en cuenta que el formato libre se ha generalizado en todos los programas.

Esta facilidad de acceso al ordenador es una idea que se lleva hasta sus últimas consecuencias. En efecto, se ha suprimido cualquier tipo de burocracia alrededor del ordenador no existiendo por ejemplo una sección de informática sino sólo una sección de cálculo sobre la que recae todo el peso del cálculo del puente y de la creación de nuevos programas. Esto tiene una doble ventaja. Por un lado los programas no los hacen especialistas en informática sino especialistas en el cálculo de estructuras que están al tanto de las necesidades existentes pues también son usuarios de los programas. Por otro lado, al no existir operadores es el propio usuario el que lanza sus pasadas e incluso en algunos casos las graba o perfora.

Esta facilidad de acceso al ordenador, tanto para programación como para cálculo, ha permitido llegar a niveles de informatización muy altos y ha sido determinante a la hora de elegir el ordenador ya que en la alternativa adquisición de un ordena-

```

ESTRUCTURA PORTICO DE PRUEBA
NUMERO DE NUDOS 4
NUMERO DE BARRAS 3
NUMERO DE APOYOS 2
NUMERO DE HIPOTESIS 1
TIPO PORTICO PLANO
LISTA TODO
COORDENADAS DE NUDOS
1 X Y 0. 0. S
2 X Y 0. 4.
3 X Y 10. 4.
4 X Y 10. 0. S
INCIDENCIAS DE BARRAS
1 1 2
2 2 3
3 3 4
MATERIALES DE BARRAS
1 A 3 MATERIAL 1
PROPIEDADES DE BARRAS PRISMATICAS
1 AX AY IZ 0.5 0.4 0.1
2 AX AY IZ 0.8 0.6 0.5
3 AX AY IZ 0.5 0.4 0.1
CONSTANTES DE MATERIALES
1 E G R0 3000000. 1250000. 2.5
HIPOTESIS 1 SOBRECARGA EN DINTEL
CARGAS FN BARRAS
2 FUERZA Y UNIFORME -0.5
CALCULA Y ALMACENA
PROBLEMA BIEN DEFINIDO, EMPIEZA LA EJECUCION

```

Figura 7.—Entrada de datos para el cálculo de esfuerzos en un pórtico plano.

dor propio o conexión a un ordenador exterior se decidió la primera opción por las razones expuestas anteriormente. Además el ordenador Interdata 732 dispone de tres consolas que están distribuidas por la oficina para facilitar la preparación y corrección de datos. Esta facilidad de acceso sólo tiene el inconveniente de la fijación de prioridades pero es un problema menor ya que se decide de acuerdo con las necesidades del momento. Como consecuencia del alto grado de informatización alcanzado los niveles de utilización de los ordenadores son muy altos: 9 horas diarias para el GA 1830 y 5 horas diarias para el Interdata 732. Estas horas son todas para aplicaciones técnicas ya que aunque se utiliza el ordenador para tareas de administración el tiempo de utilización es ínfimo.

En este sentido la adquisición del plotter planteó la pregunta de si se podría utilizar para tareas de delineación. La respuesta fue negativa ya que es muy difícil tipificar estos trabajos en el caso de

ESTRU P. ATIRANTADO •ESPACIAL• HIP PP. -CORRECCION DE CARGA DE CABLES-

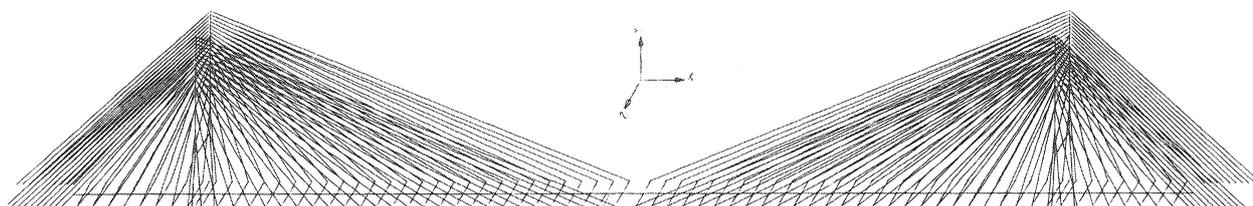


Figura 8.—Esquema del modelo espacial del puente sobre el embalse Barrios de Luna.

diseño de puentes. Por lo tanto el plotter se usa exclusivamente para tareas técnicas: dibujo de estructuras para comprobar que están bien definidas, representación de esfuerzos o de tensiones principales en el caso de los programas de elementos finitos, trazado de los cables de pretensado, diagramas de interacción para problemas de flexión esviada, leyes momento-curvatura. Como ejemplo se reproduce en la figura 8 el esquema de uno de los modelos del puente sobre el embalse Barrios de Luna.

Para tarifar los costos del ordenador, se asigna un costo a la hora de ordenador y se carga a cada proyecto la cantidad correspondiente a las horas de ordenador empleadas.

La solución futura que se puede prever tiende hacia una informatización aún mayor reforzando alguno de los puntos débiles de la cadena de programas que se usan en el proceso de cálculo de un puente. El paquete de programas de que se dispone es bastante modular y compatible y la tendencia es a hacerlo totalmente compatible de forma que se pueda reducir al mínimo la aportación humana en todos los pasos intermedios. Esto reducirá aún más la posibilidad de errores y acelerará todo el proceso de cálculo.

\* \* \*

## LOS CENTROS DE CALCULO DE IBM

J. M. Belmonte, Ingeniero de Caminos

### Evolución de la relación ordenador-usuario

En la trepidante vida del siglo XX, que asiste a la más veloz evolución de la técnica y de la ciencia que ha conocido la historia, es posiblemente el mundo del ordenador el que ha experimentado una transformación más rápida tanto en el ámbito de las prestaciones como en el de la facilidad operativa.

Pocas décadas después de sus primeros pasos, el ordenador ha experimentado drásticos cambios evolutivos, que han afectado tanto a aspectos meramente físicos (diseño, volumen, autonomía, ...) como, sobre todo, de productividad: capacidad de proceso, velocidad de proceso, consumo de energía, flexibilidad de cálculo, fiabilidad, etcétera.

Pero es en su relación con el usuario donde estos cambios han sido más importantes, o al menos

donde han tenido una mayor significación de cara a la expansión de su uso.

De una época, ya histórica, en que el usuario de ordenador debía ser un experto informático completo, y en la que la mayor parte de su tiempo era dedicado al control de la máquina en sí en detrimento de unos resultados prácticos menores, se pasó pronto a una especialización de funciones en la que un experto en proceso de datos manejaba la máquina para que un usuario, lego en esta materia, obtuviera los resultados que apetecía.

Pero la evolución no ha parado aquí. La especialización de funciones impone unas limitaciones. A veces produce inflexibilidad y otras dificultad de entendimiento. Sería mejor si el usuario obtuviera personalmente sus resultados, sin distraerse por ello de manera significativa de las tareas normales no informáticas que le son propias.

Pues bien, a este punto el ordenador ha llegado ya. Los nuevos productos informáticos se desenvuelven hoy en un ámbito en el que, sin prescindir de los expertos, necesarios para el control y organización del sistema, los usuarios pueden resolver sus problemas con el ordenador, utilizando o creando directamente programas, y con una inversión mínima en especialización en proceso de datos.

Es dentro de esta filosofía de trabajo con el ordenador de la década de los ochenta, en la que se enclavan los puntos siguientes de este artículo.

### Modalidades de utilización del proceso de datos

La evolución del ordenador ha traído consigo la aparición de una gama abundante de modalidades de uso, entre las cuales una Oficina de Proyectos (que en esto no se diferencia especialmente de una empresa u organización de tipo general) debe elegir.

El primer condicionante de la elección es el «tamaño» (más exactamente la capacidad de proceso) del ordenador. Ya que el término «ordenador» empieza a ser poco preciso y ya es de uso corriente la terminología «gran ordenador», «miniordenador», «microordenador», etc.; bien que las fronteras entre estas «categorías» no están demasiado definidas.

El usuario Oficina de Proyectos deberá elegir pues, en primer lugar, entre servirse de un gran ordenador u optar por un miniordenador u ordenador más pequeño. Si su experiencia informática es amplia, y si a lo largo de ella ha ido incorporando progresivamente el ordenador a su metodología de trabajo, normalmente tendrá una carga de mecanización alta y habrá optado por un ordenador de

nivel alto, en el que encontrará ventajas importantes en economías de escala, polivalencia, capacidad, etcétera.

Pero si el usuario Oficina de Proyectos es un usuario que comienza o que lleva poco tiempo de trabajo mecanizado, todavía subsisten para él dos posibilidades: centrar su mecanización en un miniordenador o utilizar los servicios de un gran ordenador a través de una Oficina de Servicios.

Ambas opciones tienen sus aspectos positivos y menos positivos:

El miniordenador le podrá plantear dificultades ante un eventual crecimiento o migración; puede resultarle «estrecho» (limitado) si el usuario a pesar de estar comenzando necesita procesar aplicaciones voluminosas; y puede requerirle una cierta inversión en formación para conseguir una explotación racional de sus posibilidades.

Por contra, el miniordenador ofrece ventajas en autonomía, sin limitaciones de horarios; inversión fija (y en general única); y suele ser suficiente para las etapas iniciales de una mecanización.

Las Oficinas de Servicios (también llamadas Centros de Cálculo) pueden ser más caras, ya que aportan más valor añadido; y pueden plantear problemas de situación física y de horarios.

Pero como ventajas para un usuario en los primeros años de informáticos, suelen ofrecer una mayor especialización en aplicaciones y un mayor soporte; ausencia de limitaciones de capacidad; y una desvinculación de compromisos económicos que permite pagar (en general) en función de lo que se consume.

Todas las soluciones tienen, pues, sus ventajas y sus inconvenientes; aunque por considerarla más adecuada en su conjunto para las Oficinas de Proyectos hemos orientado la continuación de este artículo hacia las Oficinas de Servicios, y en concreto a la oferta en este área de los Centros de Cálculo de IBM, sobre la que se van a desarrollar los puntos que siguen.

### Los Servicios de Proceso de Datos

La actividad de las Oficinas de Servicios de Proceso de Datos está basada en ofrecer a sus usuarios la utilización de los ordenadores de que disponen (en general de alto rango). Oferta que se ve complementada con las correspondientes aplicaciones de tipo general y específico, y con el soporte humano necesario para atender las necesidades de sus potenciales clientes y hacerles la oferta atractiva y fácil de usar.

Los servicios que ofrecen tienen habitualmente una clara distinción entre servicios «locales» y

servicios «remotos». Los primeros, consecuencia en fase de extinción de las etapas primeras de la informática, en las que ésta no había comenzado su estrecha relación actual con las telecomunicaciones, requieren que el usuario acuda a los locales de la Oficina de Servicios a procesar sus datos, o a entregarlos (y recogerlos después) para que se procesen.

Los segundos, servicios remotos, se aprovechan ya de las ventajas de la conjunción ordenador-telecomunicaciones (teleproceso); y en ellos el usuario instala un terminal en sus oficinas y por medio de una línea telefónica lo conecta al Centro de Cálculo. Naturalmente esta modalidad es mucho más confortable y operativa, ya que le permite enviar datos y recibir resultados sin moverse de sus dependencias.

Otra forma de analizar las ofertas de servicios es en relación con el tipo del servicio en sí, con el área informática o técnica a la que se dirigen. Y así, se pueden distinguir servicios para desarrollo de aplicaciones, dirigidos a informáticos especialistas en desarrollo de nuevos sistemas; servicios de proceso de datos personalizado, orientados a profesionales que se ayudan en su trabajo utilizando directamente el ordenador; y servicios de mecanización integral, en los que se ofrecen aplicaciones y programas listos para usar y para resolver problemas concretos de gestión, tanto en áreas generales (contabilidad, nómina, etc.) como específicos (ingeniería, estadísticas, etc.).

A estos dos últimos tipos de servicios, desde la óptica de la oferta de los Centros de Cálculo de IBM y en sus posibilidades para las oficinas de Proyectos vamos a dedicar los últimos puntos de este artículo.

### Herramientas mecanizadas para la Oficina de Proyectos

Quizá una visión inicial simplista del problema de mecanización de una Oficina de Proyectos podría llevar a la conclusión de que es en el área del cálculo técnico en la que más aportación puede recibir del ordenador.

Sin duda la ayuda posible en ese ámbito es muy significativa, pero no es la única. La aplicación del ordenador es hoy suficientemente versátil y probada en casi todos los sectores, como para permitir a la oficina de Proyectos poder aspirar a mecanizar no solamente aspectos técnicos, sino también administrativos, comerciales y de gestión en general.

En los puntos que siguen vamos a analizar la aportación que pueden realizar los productos de servicios y aplicaciones de los Centros de Cálculo de IBM a la mecanización de la Oficina de Proyectos, estudiando los sectores más significativos.

### Gestión administrativa y comercial

Los aspectos administrativos y comerciales no son, en principio, los identificativos de una Oficina de Proyectos. Pero, indudablemente, su gestión tiene una importancia máxima en la contribución a los resultados finales, y un funcionamiento incorrecto de ella puede enturbiar o enmascarar resultados eficientes de las funciones técnicas.

La Oficina de Proyectos hoy día no puede olvidarse de problemas tan importantes para cualquier entidad como una eficiente gestión contable, la atención debida al área de personal y nómina, la vigilancia de la gestión y planificación financiera, la optimización de sus procedimientos administrativos, etcétera.

El responsable de la gerencia de la Oficina de Proyectos puede esperar encontrar las soluciones mecanizadas adecuadas a estos problemas que, desde luego, están a su disposición.

La informática dispone en estas áreas de una experiencia abundante y en línea con ella, los Centros de Cálculo de IBM cuentan con una amplia gama de herramientas y aplicaciones ya programadas dirigidas a estas funciones.

Aplicaciones de Contabilidad General y Analítica, Gestión de Nómina, Gestión de Personal, Planificación Financiera, Estadística, etc. pueden ser fácilmente explotadas desde un terminal situado en la propia Oficina de Proyectos, que ésta podrá utilizar también, como veremos después, para resolver sus problemas de cálculo técnico con los programas existentes en ese sector.

Adicionalmente, y de cara a los problemas específicos no cubiertos por aplicaciones ya programadas, los lenguajes de programación disponibles permiten abordar cualquier solución concreta que pueda ser necesaria.

### Gestión personal

Una modalidad de utilización del ordenador de creciente importancia, a la que ya hemos hecho referencia con anterioridad, es el proceso de datos personalizado.

Está basado en sistemas de organización y explotación del ordenador orientados a su utilización por no expertos en proceso de datos. Su objetivo es permitir que cualquier profesional, con una inversión mínima en formación informática, puede resolver directamente su problema en diálogo con el ordenador a través, en general, de una pantalla de representación visual. Las áreas de aplicación abarcan una amplia gama, que va desde problemas técnicos o de cálculo de máxima sofisticación, hasta actividades de manejo de textos, pa-

sando por cualquier problema de tratamiento o gestión de información.

El Sistema de proceso de datos personalizado de los Centros de Cálculo de IBM (Servicio VSPC) permite al usuario relacionarse con el ordenador por medio de un sencillo conjunto de mandatos (unas pocas palabras), con los que controla y dirige su trabajo con él.

Dentro del servicio VSPC el lenguaje APL (A Programming Language) está especialmente concebido como la herramienta con la que programar y ejecutar cualquier problema de cálculo personal.

Por su versatilidad, APL es una de las herramientas más adecuadas para ayudar a una Oficina de Proyectos. Diseñado para aprovechar al máximo la lógica y la operativa matemática, APL tiene un singular parecido con el lenguaje algebraico normal y resulta particularmente fácil de aprender a partir de un conocimiento de éste.

Por otra parte su gran potencia para operaciones matemáticas de todo tipo y en especial matriciales le faculta para resolver problemas técnicos complejos; al mismo tiempo que su sencillez para tratar problemas de sofisticación media o pequeña permite utilizarle tras un periodo de prácticas no muy superior a 12 horas.

Pero además, **ya existen** muchas aplicaciones programadas en APL, y si el usuario quiere resolver problemas estadísticos, de previsiones, de investigación de ficheros, o de muchas otras áreas, no tiene que programar nada porque las aplicaciones están ya hechas y a su disposición.

Junto con APL el servicio VSPC cuenta también con otros lenguajes y aplicaciones que completan sus amplias facilidades adecuadas a un amplio número de problemas en distintas áreas.

### Cálculos técnicos

En el área específica de su actividad, el ordenador ofrece a la Oficina de Proyectos una ayuda que ha seguido una evolución y tiene un alcance similar al de las áreas de gestión indicadas anteriormente.

En efecto, de los programas de mero cálculo disponibles en una primera fase se ha pasado a la existencia de programas y lenguajes de utilización generalmente interactiva, a través de los cuales se controla la ejecución de las distintas fases del cálculo tomando decisiones a la vista de los resultados intermedios.

Tomando como ejemplo el caso de un cálculo de estructuras, lo que tradicionalmente suponía era la comprobación de resistencia de una estructura

partiendo de un dimensionamiento previo, repitiendo este proceso cuantas veces fuera necesario en su totalidad. En la actualidad, prescindiendo del proceso de dimensionamiento automático de la estructura a partir de una definición geométrica y de cargas, sólo abordable en la práctica para tipos muy específicos de estructuras, hay lenguajes de diseño como el universalmente conocido STRUDL que simplifican notablemente el proceso de cálculo y lo agilizan bajo el control absoluto del proyectista. Lo mismo se puede decir respecto de otras áreas de cálculo, como el control de proyectos mediante técnicas PERT, la valoración de presupuestos para concursos de adjudicación de obras con el análisis de los componentes del coste, el estudio de problemas de optimización y asignación de recursos mediante técnicas de programación lineal, etc.

### Gráficos

En el área de delineación y diseño gráfico son dos los aspectos fundamentales en que el ordenador puede potenciar el trabajo del equipo responsable de un proyecto: a) confección y modificación de planos, b) introducción y validación de los datos a manejar en un posterior proceso de cálculo.

En ambos aspectos hay una serie de dispositivos a emplear con diversas posibilidades de combinación entre sí:

- Pantalla de visualización del tipo de las mencionadas anteriormente, para la transmisión y recepción de información alfabética y numérica.
- Digitalizador, para la introducción de datos gráficos a partir de un plano o croquis previamente existente.
- Pantalla de visualización de gráficos, con formato y nivel de resolución generalmente superiores a los de las pantallas de caracteres.
- Plotter, para la obtención de planos definitivos o intermedios en el proceso de diseño.

El esquema de trabajo con estas herramientas podría ser el descrito a continuación.

Mediante un digitalizador se hacen llegar al ordenador los datos relativos a las características geométricas del proyecto a estudiar. Bastaría para ello apuntar con el mismo sobre un croquis los nudos de una estructura, los vértices de las alineaciones de una carretera o de un sistema de conducciones hidráulicas.

Los datos no susceptibles de introducción gráfica se transmiten mediante el teclado de la pantalla

mencionada en primer lugar o, en caso de ser voluminosos, por cualquiera de los sistemas de entrada de datos a un ordenador.

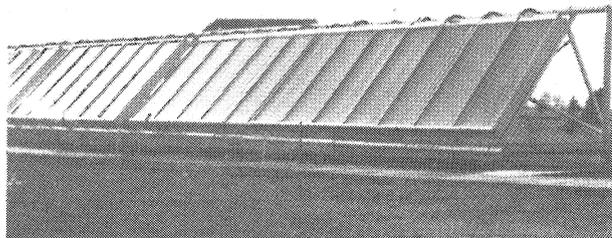
Una vez realizada así la definición del proyecto a estudiar, se puede proceder, con ayuda de herramientas de software disponibles en los servicios de Centro de Cálculo de IBM, a la visualización de los gráficos correspondientes en la pantalla gráfica, con lo cual se detectan posibles errores que se podrían corregir en el momento.

Otra posibilidad es obtener un dibujo mediante plotter, necesario en caso de que se desee una mayor precisión, si bien esto excluye la posibilidad de ejecución interactiva.

\* \* \*

## LA RED DE SERVICIOS CYBERNET DE CONTROL DATA

C. Manrique  
Ingeniero de Caminos



### Aplicaciones informáticas en ingeniería

Por todos es conocida la importancia que la informática ha adquirido en los últimos años en el mundo empresarial. Actualmente no se concibe ninguna actividad profesional en la que no participe en mayor o menor medida como herramienta de trabajo fundamental.

Las áreas en las que una empresa puede utilizar el soporte informático son muy variadas, siendo las más clásicas las de contabilidad, facturación, administración, etc. Todos estos son sectores en los que la informática actúa simplemente como un procesador de informes y datos, con posibilidades de rápido acceso a cualquier información, así como a su actualización y mantenimiento.

Cada empresa, en función de sus necesidades puede adoptar distintas soluciones. Desde ordenadores de gran potencia, preferentemente de ges-

tión y que centralizan toda la información, hasta ordenadores medianos y pequeños con memoria y posibilidades adaptadas a cada necesidad.

En cuanto al cálculo científico, podemos hacer algunas puntualizaciones. Junto a la gestión, con usos perfectamente definidos en cuanto a utilización y frecuencia, nos encontramos con las aplicaciones científicas, cuyo empleo se distribuye de muy diferente forma; por un lado, aquellas de uso frecuente y que es lógico pensar que estén implementadas en el ordenador y, por otro, aquellas muy específicas que por su uso esporádico no justifican la inversión que supone su compra, instalación y actualización.

Como consecuencia de todo ello ha surgido una nueva posibilidad de utilización para el usuario que mantiene las ventajas del sistema anterior y aporta además una serie de beneficios: es la **RED DE SERVICIOS**. Básicamente la idea es centralizar en ordenadores de gran potencia una biblioteca de aplicaciones lo suficientemente completa como para satisfacer todas las necesidades de cada usuario, en las distintas áreas técnicas y comerciales. Bajo estas premisas, CONTROL DATA ha creado la red de servicios CYBERNET.

La conexión a dicha red se realiza mediante un terminal instalado en las oficinas del usuario, aunque también existe la posibilidad de utilización de terminales públicos.

Actualmente se utilizan dos tipos de terminales para el acceso a la red CYBERNET:

- a) Terminales Batch, constan de impresoras, lectoras de fichas, unidades de cintas, pantallas, etcétera.
- b) Terminales ligeros, son del tamaño de una máquina de escribir y no necesitan instalación especial, sólo el uso de un acoplador acústico o de un modem.

La Red de servicios CYBERNET ofrece asimismo las siguientes ventajas:

1. Mínima inversión al no ser necesaria la compra de equipos ni programas, facturándose únicamente por los recursos utilizados durante la realización de los trabajos.
2. Acceso a una red de ordenadores de gran potencia con una completa gama de aplicaciones y un adecuado soporte por analistas especializados en cada una de ellas.
3. Selección dentro del mercado mundial de aplicaciones de los paquetes más adecuados en cada área.

4. Gran fiabilidad por ser aplicaciones utilizadas en todo el mundo por gran número de usuarios.
5. Puesta al día de los programas por parte de los propios diseñadores de forma que el usuario siempre trabaja con las últimas versiones.

En resumen, y como consecuencia de todo lo expuesto, son evidentes las ventajas que ofrece la Red CYBERNET, no sólo para empresas sin equipo informático sino también para aquellas que disponiendo de él necesitan en ocasiones complementar su potencia de proceso o sus paquetes de aplicaciones. Así, tenemos el caso de las ingenierías que aún disponiendo de un equipo y aplicaciones propias, deben utilizar para problemas poco corrientes programas muy específicos cuyo índice de utilización no justifica la inversión de su compra.

A continuación exponemos, agrupadas por áreas de actividad, algunas de las aplicaciones de uso corriente en nuestra Red de Servicios.

#### Estructuras, tuberías y diseño mecánico

**SPSTRESS:** Programa de análisis estático y lineal de estructuras reticuladas. Entre las posibilidades con que cuenta cabe destacar un potente pre-procesador para la generación automática de mallas.

**GTICES/STRUDL:** Programa basado en la versión MITICES/STRUDL, la cual ha sido mejorada y puesta al día por el Instituto Tecnológico de Georgia dando lugar a este nuevo producto. Permite el análisis estático-lineal de estructuras de barras, análisis estático lineal de modelos de elementos finitos, diversas posibilidades gráficas, análisis dinámico y análisis no lineal de estructuras reticuladas.

**STARDYNE:** Sofisticado sistema aplicado al análisis dinámico de modelos lineales de estructuras en el dominio elástico. Es un programa de elementos finitos muy orientado hacia el usuario al cual le permite una muy fácil entrada de datos mediante los potentes pre-procesadores de que está dotado.

Pueden asimismo obtenerse plotters de la estructura original y de la deformada y existen cinco potentes post-procesadores para cálculo dinámico.

**EAC/EASE 2:** Análisis estático de estructuras en el dominio lineal para sistemas de dos o tres dimensiones. Se caracteriza por una utilización muy simple y una gran rapidez de ejecución.

**ADINA:** Conjunto de dos programas (ADINA y ADINAT) basados en el método de los elementos

finitos, que además de los análisis tradicionales pueden tener en cuenta fenómenos de transmisión de calor o de conducción de electricidad.

**MARC/CDC:** Análisis no lineal de estructuras por el método de los elementos finitos. Se adapta muy bien al cálculo de grandes desplazamientos; al estudio del comportamiento de materiales en los dominios elástico, plástico y visco-elástico y a los estudios dinámicos no lineales.

**ANSYS:** Programa muy completo de análisis de estructuras, tanto por la riqueza de su biblioteca de elementos, como por la variedad de tratamientos posibles (problemas no lineales en particular).

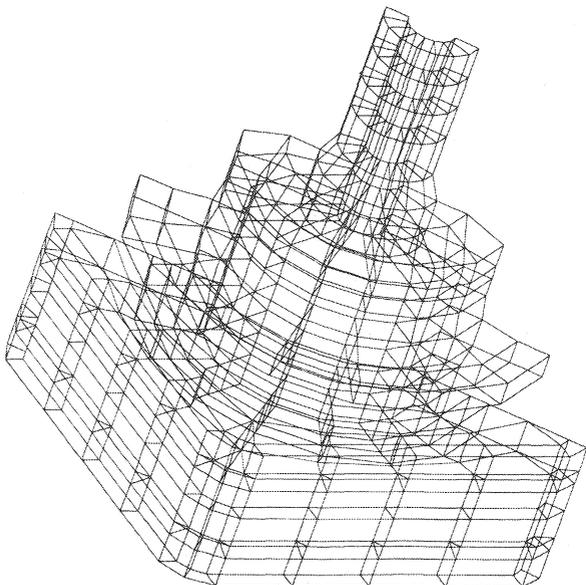
**NASTRAN:** (Versión MacNeal Schwendler del programa NASTRAN de la NASA): Programa de análisis estático y dinámico de estructuras basado en el método de los elementos finitos. Perfectamente adaptado a estructuras de grandes dimensiones.

**PISCES:** Programa general de mecánica de medios continuos, tratando por diferencias finitas los problemas de choques, explosiones y grandes deformaciones.

A los efectos del análisis de tuberías, cuya problemática es altamente singular, **CYBERNET** ofrece una gama de productos lo suficientemente versátil por ser adaptada a cualquier tipo de problemas que al usuario se le pueda presentar.

Podemos citar como programas más característicos dentro de esta disciplina, los siguientes:

**ADLPIPE, PIPESD:** Programas especializados en el estudio de tensiones en una red cualquiera de tuberías. Las cargas aplicadas pueden ser estáticas, dinámicas o térmicas. Estos programas satisfacen



las recomendaciones de los códigos ANSI y ASME.

**NUPIPE:** Programa de tuberías que permite estudiar las respuestas en temperatura, así como las consecuencias de la ruptura de una canalización (módulos PRTHRUST y PIPERUP). Los códigos ANSI y ASME forman también parte del programa.

**DIS, CAPIM:** Programas que permiten la generación de isométricas así como también lista de materiales precisos en la ejecución de un proyecto y control de las interferencias de los elementos de tubería entre sí.

**HANGIT:** Programa concebido para la optimización de soportes de tubería sometidos a los efectos combinados de expansiones térmicas y cargas colgadas. Existen asimismo tratamientos específicos para el análisis de cargas dinámicas.

**WAVENET:** Analiza regímenes estacionarios o transitorios de respuesta frente a excitaciones producidas en gases o líquidos contenidos en el interior de un sistema de tuberías. Calcula detalladamente presiones y velocidades así como también los esfuerzos provocados en los codos, apoyos y juntas.

### Ingeniería Civil

El área de la ingeniería civil se ve fuertemente complementada dentro de la red de servicios **CYBERNET** mediante una serie de programas específicos entre los que cabe destacar estos:

**CELS:** Programa especialmente ideado para el diseño de carreteras y autopistas. Este paquete científico está integrado por 15 programas que permiten al usuario un diseño más rápido y eficaz de las diferentes variables que intervienen en proyectos de este tipo.

**POSTEN:** Programa específico para el análisis de diferentes elementos de hormigón armado y pretensado de acuerdo con la norma ACI 318-77. Permite analizar elementos viga prismáticos y no prismáticos, así como también una gran variedad de formas geométricas de sección.

**SPAM:** Post-procesador gráfico del programa CELS.

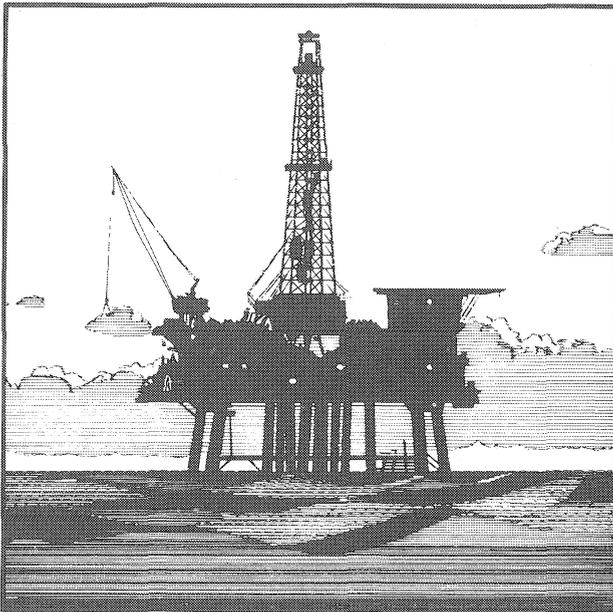
**BARS:** Programa diseñado para el análisis de tableros de puentes de muy diversas características. El análisis se realiza de acuerdo con la norma AASHTO-1974.

**DESCUS:** Permite analizar tableros de puentes curvos de muy diversa configuración de acuerdo con la norma AASHTO-1974.

## Energía

Existen una serie de programas dentro de la biblioteca de aplicaciones que permiten establecer un balance energético de un edificio, estudiando y comparando varias situaciones posibles. Podemos citar como más importantes:

ECUBE, BLAST, CALERDA, EP, NBSLD.



Para el estudio de sistemas de energía solar se encuentran los siguientes:

FCHART, RSVP, SOLCOST, TRNSYS, TRASYS.

## Planimetría y gráficos

En este área la red CYBERNET proporciona al usuario un amplio número de aplicaciones que permiten resolver cualquier tipo de problema. Entre los más característicos cabe señalar:

SACM, DISSPLA, PLOT-10, KRIGEPACK, UNIPLOT, PERSPECTIVE, SURFACE, MAP.

## Investigación operativa

Disponemos de una aplicación APEX III, que es un código de programación lineal con las características usuales de este tipo de paquetes y que además permite la programación en **variable entera**.

## Finanzas (I.F.P.S.)

Interactive Financial System Planning, es un sistema financiero de fácil manejo diseñado específicamente para profesionales no expertos en informática. Permite todo tipo de cálculos financieros y estadísticos.

## Planificación de proyectos

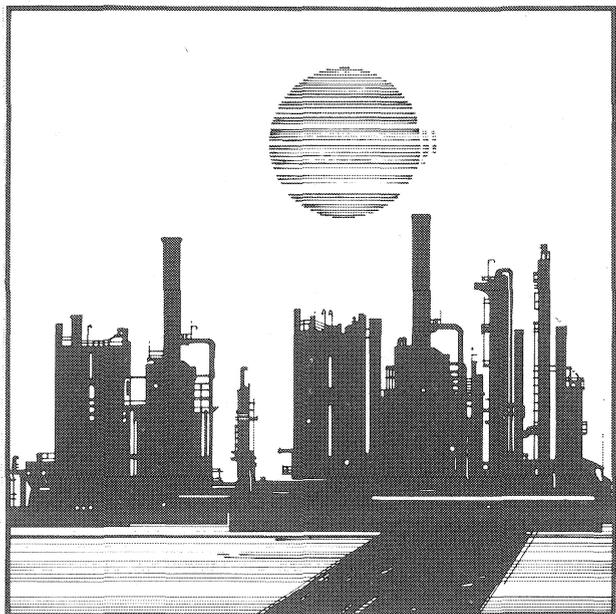
Existe el programa PROPLAN que mediante el diagrama de precedencias permite el análisis de tiempos, recursos y costos. Sus salidas abarcan diversos tipos de informes y se complementa con una salida gráfica.

## Energía y minas

En este apartado se dispone de aplicaciones que permiten diversos tipos de simulaciones así como balances de energía en las áreas de aceite, gas, petroquímica, química y otras, disponiendo de ficheros de datos con las características termodinámicas de cada elemento.

## Minería

El paquete de minería permite al profesional un cálculo más rápido de la planificación y reservas de la mina, así como de todas las operaciones que traen aparejadas estos cálculos. Herramienta fundamental en estos cálculos es el GEO-CYBER, mini-ordenador que disfruta de la posibilidad de conexión a un gran ordenador central y que a su vez puede trabajar independiente de él con los paquetes que lleva implementados.





### Gestión de bases de datos

Las aplicaciones de la Red CYBERNET a estos efectos, tienen como característica común su muy sencilla utilización a la vez que permiten analizar una amplia variedad de tratamientos de la información.

Dentro de este apartado, el usuario puede disponer de aplicaciones como:

SYSTEM 2000, TOTAL, IPF, BASIS, TECHNOC.

### Aplicaciones nucleares

Las aplicaciones nucleares estudian básicamente los siguientes temas:

#### — Seguridad Nuclear

- ★ Estudio de los efectos de L.O.C.A. (RELAP 4, TRAC).

- ★ Simulación de transitorios (DYNODE P & B; RELAP 5).

- ★ Problemas especiales de obra civil, como interacción suelo-estructura (FLUSH) e impacto (PISCES).

- Cálculos neutrónicos (AMPX, DOT 3,5, DOT IV, KENO IV, MORSE, SPAM 4).

- Ciclo del combustible nuclear (ARMP, CITATION, PDQ7SV2).

\* \* \*

## EL CENTRO DE PROCESO DE DATOS DE NCR

F. Fernández Gallego  
Ing. de Caminos

### 1) La decisión de mecanizar en la empresa de proyectos

Aunque en plena década de los 80, en que la informática se ha convertido en un artículo de consumo para la gran mayoría de las empresas de los distintos sectores, y parezca superada la alternativa de mecanizar o no, al menos formalmente es la primera cuestión a plantearse.

Descartando pequeñas asociaciones generalmente temporales de técnicos que realizan proyectos más o menos esporádicamente, y a los que la mecanización pudiera resultar un costo fijo considerable frente a la incertidumbre de la continuidad de nuevos proyectos, es decir, refiriéndonos a auténticas empresas de proyectos, la alternativa parece clara, pues para cualquier empresa de este tipo existen soluciones informáticas con costos inferiores a las ventajas que el uso racional del ordenador proporciona en forma de reducción de costos de personal en tareas rutinarias, seguridad en la realización de cálculos y en unos menores plazos de entrega.

### 2) Consideraciones de la empresa de proyectos en la selección de su solución informática

En primer lugar, debemos establecer como en cualquier otro tipo de empresas una clasificación en cuanto a su tamaño.

Para las pocas empresas grandes de proyectos existentes en nuestro país o para aquellos gabinetes de proyectos insertos en empresas o grupos de gran importancia, las posibilidades de elección son pequeñas. En este caso el peso de las aplicaciones generales de gestión decide en la mayoría de los casos el tipo y la configuración de ordenador a contratar, pues en muy raros casos se acude al servicio externo de un Centro de Proceso de Datos.

Para empresas pequeñas, por otro lado mayoritarias en este sector, una vez decidida la mecanización de las mismas, se abren distintas posibilidades a considerar.

En primer lugar, si se debe disponer de equipo propio, o por el contrario utilizar los servicios de un Centro de Proceso de Datos.

En el caso de decidirse por un equipo propio habrá que seleccionar el tipo que más se adapte a las necesidades de la empresa. Entre las posibles elecciones estarán: ordenador personal, miniordenador, equipo medio o grande. Por último, y también en el caso de contratación de equipo, se debe decidir la modalidad de contratación, entre compra, alquiler y leasing.

Como ante cualquier otro tipo de alternativa resulta comprometido dar orientaciones por muy generales que sean, pues en última instancia serán las circunstancias particulares de cada empresa las que decidirán en uno u otro sentido.

No obstante, para el tipo de empresa al que nos referimos, podemos desechar sin mucho peligro de equivocación la solución del ordenador personal, que hoy día se sitúa en un entorno del medio millón de pesetas y supone muchas ventajas sobre una buena máquina calculadora programable de bolsillo, pero nunca una auténtica mecanización.

También podemos desechar cualquier equipo de la gama media o grande (a partir de los 20 millones de pesetas), pues unido al costo del equipo en sí conlleva en la mayoría de los casos la formación de un pequeño departamento a su servicio y los costos totales desbordan los presupuestos de una empresa de este tipo.

Analizando pues la alternativa de equipo propio, parece obligada la opción de un miniordenador, cuyo precio medio de venta se sitúa en un entorno de los 5 millones de pesetas.

Antes de decidirnos por esta solución debemos realizar un detallado análisis económico de la misma.

La modalidad de contratación del equipo supera las consideraciones técnicas y deberá insertarse en la política fiscal de la empresa, planteando la contratación del ordenador como una inversión o como un gasto, lo que nos llevará a la compra, alquiler o leasing. Debemos tener en cuenta en este capítulo que el valor residual de un ordenador, debido a los rápidos avances tecnológicos, es muy bajo a partir de los 3 ó 4 años del momento de su compra, aun suponiendo, como es lo más normal, que en el momento de su adquisición posea una tecnología de vanguardia. Usualmente en el tipo de equipos al que nos referimos los modos de contrato se reparten entre la compra y el alquiler a 3 años con opción a compra, existiendo también las modalidades de alquiler a 5 años y, por supuesto, el leasing.

En cuanto a la vida útil, como ya hemos apuntado, no debemos de pensar en un horizonte superior a 5 años, en que nuestro flamante equipo

habrá sido ampliamente desbordado por nuevas tecnologías y no resultará competitivo frente a los existentes en el mercado que, al menos respecto a su hardware, ofrecerán una relación precio/potencia considerablemente inferior.

Por otra parte, en cuanto al costo real debemos pensar que los 5 millones inicialmente presupuestados, con una tasa de interés del 10 % neto suponen 8 millones al cabo de cinco años. Esto unido a otros gastos a los que nos lleva el equipo, como el disponer de un espacio físico medianamente acondicionado, los tiempos al menos parciales dedicados al aprendizaje y manejo del ordenador y al desarrollo de aplicaciones nos lleva en la mayoría de los casos a duplicar el costo teórico inicial.

Así pues, en este supuesto de miniordenador propio con un horizonte de 5 años debemos afinar nuestros cálculos y pensar que actualmente superará las 200.000 pesetas/mes.

Otro aspecto que debemos considerar, debido a la dependencia que en general se crea el cliente hacia la casa constructora, es la facilidad con que se puedan adaptar las aplicaciones del equipo contratado a otros superiores del mismo constructor. Esto nos dará idea del costo adicional que nos supondrá cambiar de ordenador al cabo de 3 ó 5 años, cuando además tendremos el ordenador saturado de aplicaciones. Este factor es importante en el caso concreto de una pequeña empresa de proyectos, en la que necesitaríamos el esfuerzo de casi todos los técnicos para una rápida conversión de un elevado número de aplicaciones.

En el capítulo de aplicaciones deberemos señalar, por obvio que parezca, que no debemos pedirle a nuestro miniordenador cosas que por sus limitaciones de capacidad de memoria, almacenamiento en disco o, tal vez, velocidad de proceso, no nos puede dar. Es decir, no podemos pretender utilizar sofisticadas aplicaciones estándar de cálculo matricial de estructuras, habituales en los equipos grandes. Esto por otra parte, en la mayoría de los casos, no es un gran inconveniente, y en este sentido tenemos ejemplos de prestigiosas oficinas de proyectos que han diseñado para su miniordenador aplicaciones de cálculo a la medida de sus necesidades.

El diseño de aplicaciones por parte del usuario tiene el inconveniente del costo del tiempo de desarrollo, pero en las empresas de proyectos compuestas por técnicos altamente cualificados este inconveniente se minimiza y se ve ampliamente compensado por el perfecto conocimiento de la aplicación y el aprovechamiento integral de sus posibilidades, frente a «alucinantes» aplicaciones estándar de cálculo de estructuras ofertadas por empresas de servicio, con un alto costo de utilización, un ínfimo aprovechamiento de sus posibil-

dades y una difícil comprensión de su exacto funcionamiento por parte del usuario.

Nos queda por último, el contemplar las posibilidades de utilización por parte de la empresa de proyectos de los servicios de un Centro de Proceso de Datos.

La ventaja evidente del Centro de Proceso de Datos es la posibilidad de utilización de los recursos de un gran ordenador. Si planteamos la alternativa de ordenador propio o Centro de Proceso de Datos deberemos someter nuestras aplicaciones informáticas habituales al banco de pruebas de su costo de proceso en un C.P.D.

En el caso del C.P.D. de NCR, tomando como ejemplo una aplicación de PERT costos/tiempos para planificación de proyectos, en una de las versiones más avanzadas del mercado, el NCR-PPC, el costo de proceso de una red de 150 actividades es de unas 4.000 pesetas por ejecución de programa, pero debemos tener en cuenta que dependiendo de la experiencia de los proyectistas son precisas de 3 a 6 ejecuciones hasta optimizar la planificación de un proyecto con un orden de magnitud de 100 a 200 actividades.

Es decir, de 12.000 a 24.000 pesetas por proyecto por tiempo de proceso.

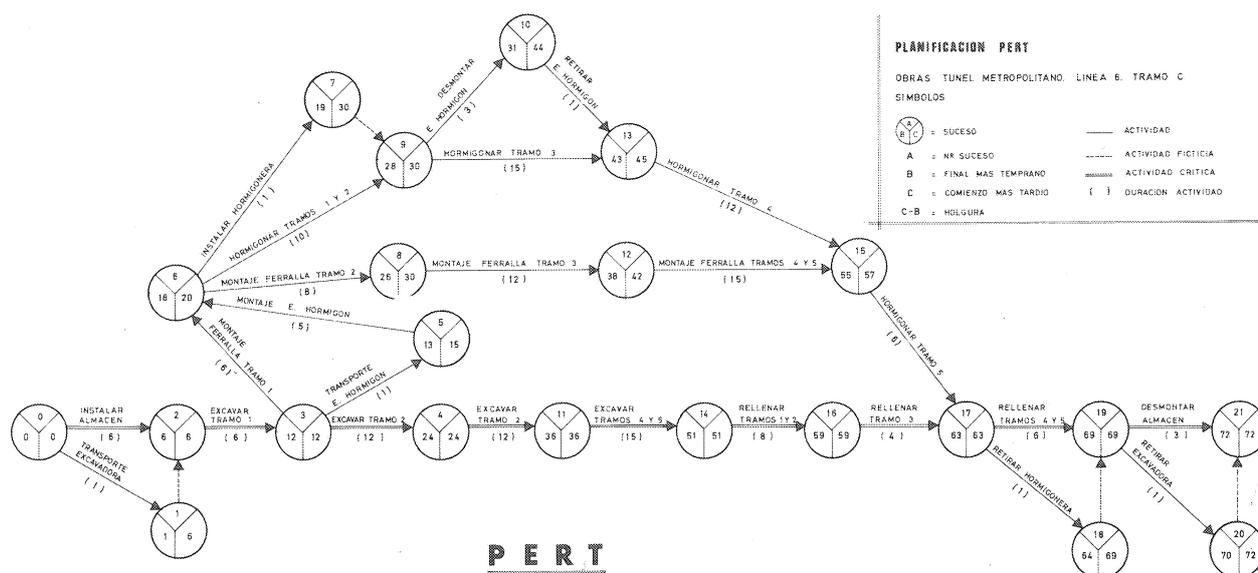
El tipo de trabajos habituales de la oficina de proyectos, si es que existe cierta especialización también es un factor importante, y puede condicionar la mecanización. Así, por ejemplo, una empresa especializada en el proyecto de viviendas unifamiliares o edificaciones de mediana importancia, una empresa especializada en proyectos de urbanismo, o una empresa especializada en cálculo de sofisticadas estructuras, requieren distintos tipos de soluciones, pues sus cálculos cuantitativa y cualitativamente son distintos. Las soluciones variarán de un miniordenador de pequeña potencia a una mayor o menor dependencia de un Centro de Proceso de Datos externo.

### 3) NCR y la planificación de proyectos

Las aportaciones de la informática a la empresa de proyectos pueden centrarse en dos áreas principales:

- ★ Planificación
- ★ Cálculo

Dejando a un lado las aplicaciones de cálculo, que por su variedad son inabordables con seriedad en un artículo de esta extensión y que, por otro lado, son específicas de cada tipo de proyecto pasamos a comentar la ayuda que el ordenador proporciona en la planificación de todo tipo de proyecto.



Entre las distintas aplicaciones de investigación operativa que NCR ofrece a través de su Centro de Proceso de Datos, se encuentra NCR-PPC, Sistema de Planificación y Control de Proyectos, que es una completa y evolucionada versión del método del camino crítico.

Esta aplicación que es con seguridad la más moderna de las existentes en el mercado, presenta dos modos complementarios de utilización como son de una parte la planificación óptima del proyecto y de otra el seguimiento del proyecto y corrección de las desviaciones que se produzcan durante su realización. Es la primera fase de planificación, la que presenta interés para las empresas de proyectos, sin perder de vista que el esquema utilizado en ella podría ser luego utilizado en su seguimiento, mediante el mismo programa en su fase de construcción.

En la fase de proyecto podemos distinguir diversas funciones:

#### Planificación:

Consisten en la definición de las actividades del proyecto y en la especificación de sus relaciones y dependencias.

#### Simulación:

Se utiliza para determinar el efecto probable de las variaciones en la carga de trabajo, asignaciones de personal y fecha.

#### Asignación de recursos:

NCR-PPC asigna mano de obra y equipos a las actividades, ateniéndose a las prioridades y restricciones.

#### Programación:

NCR-PPC establece fechas de comienzo y final de actividades, basándose en los planes, disponibilidad de recursos, prioridades y progresos en la ejecución.

#### Informe de situaciones:

NCR-PPC proporciona informes tanto gráficos como tabulares, incluyendo detallados informes para el personal y resúmenes muy condensados para la alta dirección.

#### Presupuesto:

NCR-PPC analiza e informa las posibles variaciones de los gastos realizados con las cantidades previamente presupuestadas.

Si la aplicación fuese empleada posteriormente en la fase de construcción a las funciones anteriores se añadiría la capacidad de **seguimiento de proyectos**, consistente en registrar los progresos realizados en los trabajos y compararlos con lo planificado, permitiendo los reajustes convenientes.

La aplicación no presenta limitaciones ni respecto al número de actividades ni al de relaciones entre las mismas y permite planificar simultáneamente varios proyectos interrelacionados entre sí por dependencias entre sus actividades y existencia de recursos compartidos.