



**Distinción
Periodismo Especializado 1972,
Sociedad Central de Arquitectos.**

**Medalla de Plata,
Congreso Mundial de la Unión
Internacional de Arquitectos
(UIA) - Madrid, 1975.**

**Premio APTA
Fundación Antonio Rizzuto, 1976.**

**Distinción Nacional
"Por un Ambiente Mejor",
Subsecretaría
de Ordenamiento Ambiental,
SETOP, 1979.**

74 Medio ambiente

El saneamiento de la cuenca
del Río Matanza - Riachuelo

Juan Augusto Montani, ing.

76 Servicio de novedades

Sección a cargo de Marina
Waisman, arq.

80 Bibliográficas

Sección a cargo de Alcira
González Malleville

83 Informe especial

Sección a cargo de Julio
Cacciatore, Myriam Kitroser, arqs.;
Marcelo Martín

Fotografía
para arquitectos

90 Empresas y productos

Sección a cargo de Marcelo
Martín

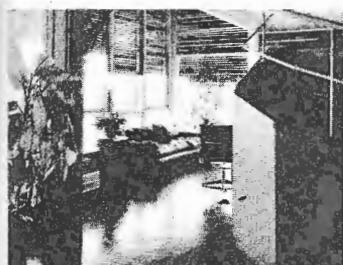
Próximo número: summa 162

Número dedicado a la obra
del Estudio Kocourek

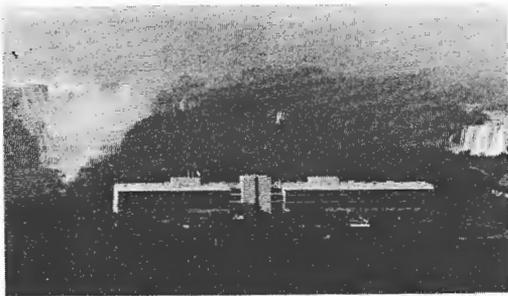
Presentación de la actividad
profesional de un estudio que a lo
largo de veinticinco años
de ejercicio de la arquitectura
ha capitalizado una producción de
amplia gama temática:
urbanizaciones, country club,
hoteles, viviendas en propiedad
horizontal, centros deportivos,
etcétera

Informe especial: Estructuras
para grandes luces

Diseño de interiores: oficinas de
compañía cerealera Continental;
Proconsult SA



▲ Departamento Lopatin



▲ Hotel Iguazu

summa

Directora: Lala Méndez Mosquera, arq.

Asesores: Gui Bonsiepe; Jorge J. Goldemberg, arq.
Carlos A. Méndez Mosquera, arq.; Luis M. Morea, arq.

Secretario de redacción: Julio A. Cacciatore, arq.
Documentación: Myriam Kitroser, arq.; Marcelo M. Martín
Corrector: Jorge M. Rodríguez Novo

Colaboradores especiales: Gui Bonsiepe; Eduardo Gaggiano, arq.;
Juan Luis Mascaró, doctor ing.; Moisés Resnick Brenner, ing.;
Odilia Suárez, arq.; Héctor Guillermo Villar, lic.; Marina
Waisman, arq.

Colaboradores permanentes: Alberto Petrina;
Eduardo Elguezábal, arqs.

Jefa de diseño gráfico: Silvia Muisés

Diseño gráfico: Lucrecia Barbella; Irma Amato

Corresponsales: en Brasil: Lucía R. de Mascaró, arq.; Juan
Luis Mascaró, doctor ing. (Porto Alegre). Lilita Hilda Amorín
de Halbittner, arq. (Rio de Janeiro). En Chile: Claudio López
de la Maza, arq. (Santiago). En España: Ignacio Mendaro
Corsini, arq. (Madrid). En Perú: Juvenal Baracco, arq. (Lima).

Ediciones Summa SA

Presidente: Lala Méndez Mosquera, arq.
Vicepresidente: Carlos A. Méndez Mosquera, arq.
Directora editorial: Alcira González Malleville

Jefa de ventas: Patricia Hoogen

Gerente de publicidad: Lorenzo Posse
Jefa de publicidad: Haydée R. de Scaglia
Promotores: Guillermo E. Grande, Néstor Juan Prat

Gerente de comercialización de guía: Fernando Gallego, lic.
Supervisor ventas guía: Hugo Oscar Madero

Gerente de producción: Jorge Alonso
Producción: Juan Carlos Frega

Gerente administrativo: Héctor Bompadre

Impresión: Compañía General Fabril Financiera SA,
California 2098, Buenos Aires
Fotocomposición: Compañía General Fabril Financiera SA
Películas: Titán y Lima, México 768, Buenos Aires

Los artículos firmados no expresan necesariamente
la opinión de la revista.

Miembro de la Asociación Argentina de Editores de Revistas
Registro de la Propiedad Intelectual N° 1.153.784 ISSN 0325-4615

Representante exclusivo para suscripciones en Capital Federal,
provincia de Buenos Aires y Santa Fe: Tramma SRL - Perú 726, Piso A,
1068 Buenos Aires Tel. 30-9720

Buenos Aires, Argentina. Tel.: 30-8823 y 30-9720, de 9 a 16.
Dirección cablegráfica internacional: Edisumma

No es común que el proceso constructivo de un edificio y el nombre del arquitecto acaparen la atención del hombre de la calle.

Sin embargo, esto es lo que ha ocurrido recientemente con Mario Roberto Alvarez y el edificio IBM en Catalinas Norte —nuestra pequeña Manhattan—, que tuvieron la virtud de despertar el interés poco frecuente del habitante eminentemente diurno de la zona. Las miradas de los peatones y las que partían del flujo nervioso de automóviles a la hora del "rush" mañanero quedaban detenidas, un desconcertado instante, en una insólita muchedumbre de pequeñas columnas de hormigón. A la hora del "rush" vespertino se repetía la sorpresa desde la perspectiva opuesta. Para los arquitectos se agregaba la inevitable observación de que el nuevo edificio haría la interesante vista de la "espalda" del Conurbán, esa torre de ladrillos que con notable armonía diseñó el Estudio Kocourek. Por fin un día, al desaparecer el bosque de columnitas accesorias, utilizadas para el encofrado, se resolvió el interrogante y emergió, ya fraguada, la airosa plataforma de concreto que marca la base del tronco principal del edificio, en voladizo desde el sólido núcleo central. Presentamos el proyecto en la página 31.

El polifacético Clorindo Testa y su habitual compañero de tareas Héctor Lacarra, en responsabilidad compartida con Héctor Jorge Korn e Ignacio Lopatín, son los autores del segundo proyecto que presentamos: el grupo de edificios para departamentos que está levantándose en el solar de Castex al 3000. Testa y Lacarra han sido ampliamente presentados en *summa*; Korn, Lopatín y Asociados constituyen un Estudio que fue integrante habitual de las listas de premiados en la añorada época de los concursos. Su abundante actuación en nuestro país se acompaña con la del Estudio paralelo que han establecido en Caracas, con una producción que ya excede los 100.000 m², centrada, sobre todo, en los temas de viviendas y oficinas.

Raíña Veloso, Alvarez, Forster, son autores del Aeropuerto Internacional de Asunción, interesante obra que, por circunstancias diversas, espera aún su publicación en *summa*.

En este número, el Estudio está representado por el proyecto para el Banco de Tokyo, cuyo emplazamiento original frente al Correo Central suscitó una aguda polémica de la que todo el periodismo se hizo cargo oportunamente y cuyo resultado fue la construcción del edificio en otro predio. Tras veinte años de existencia, este equipo capitaliza en su haber numerosas viviendas y oficinas en propiedad horizontal y, entre otras obras, la sede porteña del Banco do Brasil, publicada en *summa* N° 139; también es destacable su participación en los recientes proyectos para escuelas de la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires.

La obra de Julio César Silva, autor del cuarto proyecto que publicamos, por orden de aparición —tres torres con galerías comerciales, oficinas y viviendas en Marcelo T. de Alvear y Talcahuano—, gira en torno de las viviendas unifamiliares, la propiedad horizontal, los conjuntos de interés social, las torres para oficinas con su equipamiento incluido, los proyectos para "countries" y los conjuntos habitacionales en lugares de veraneo. Los lectores de *summa* lo recordarán, sin duda, por su logrado edificio para Servicios Sociales presentado en el N° 144.

Concluimos en este número con la presentación de los nuevos proyectos para la ciudad de Córdoba con autoría del equipo dirigido por Miguel Angel Roca, comenzada en *summa* Nos 151 y 155. Tratándose de quien se trata, decir "concluimos" suena absolutamente transitorio, ya que su capacidad creativa, ilimitada y constante nos deparará sin duda, rápidamente, nuevas sorpresas. Hasta pronto, pues, Miguel Angel Roca.

En nuestra sección de arquitectura de interiores publicamos un ejemplo del tema, siempre interesante, de los entornos que los arquitectos crean para sí mismos. El cálido departamento de los arquitectos Ignacio Lopatín y Elisa Cohen se revela como el resultado de un planteo desprejuiciado y de un aprovechamiento diestro de la bella luz que le da su orientación y sus visuales sobre el Jardín Zoológico de esta Capital.

Mientras la humanidad busca refugio en un retorno a las fuentes, a las formas de vida naturales, notoriamente en el gusto por las artesanías y por los ámbitos menos sofisticados, la tecnología avanza firmemente e introduce sin más dilaciones una brillante, fiel y rendida servidora del profesional: la computadora. Juan Manuel Boggio Videla nos revela con bastante detalle la operatoria de una deslumbrante máquina que no solo dibuja sino que ya es, de hecho, una herramienta de proyecto insospechadamente avanzada: se denomina Sistema CAD (Computer Aided Design). El arquitecto Boggio Videla, quien ha colaborado en repetidas ocasiones con *summa*, ha sido docente en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Buenos Aires, investigador en el Centro de Investigaciones de la Vivienda, y se desempeña actualmente como Jefe de Arquitectura en la Gerencia de Obras Civiles de SADE SACCIIM.

Una meritoria iniciativa de COVA (Comisión Organizadora del Viaje del Egresado de Arquitectura de la FAU) hizo posible la reciente visita a nuestro país del eminente Charles Moore, quien fue entrevistado por Marina Waisman, Eduardo Elguezabal y Tomás Dagnino. Publicamos dicha entrevista en la página 55; en ella se nos revelan interesantes facetas de su —algo inesperada— sobria personalidad.

Cierro la presentación de este número con la mención de dos bienvenidos agregados a la lista de auspiciantes y accionistas que publicamos en *summa* 157: Estudio Bacigalupo, Guidali, Riopedre, Ugarte, y Estudio Kocourek: Estanislao Kocourek, Elvira Castillo, Martín Laborda, Victoria Bilbao, arqs.

Lala Méndez Mosquera, arq.



Charles Moore, Marina Waisman, Eduardo Elguezabal, Tomás Dagnino



Clorindo Testa, Héctor Lacarra



Julio César Silva



Miguel Angel Roca



Héctor Jorge Korn, Ignacio Lopatín



Elisa Cohen, Ignacio Lopatín



Samuel Forster, Roberto H. Alvarez, Raúl Raíña Veloso



De pie: Hernán Bernabó, Miguel A. Rivanera, Carlos Ramos, Francisco Diaz. Sentados: Víctor Sotow, Jorge Alvarez, Mario Roberto Alvarez, Manuel Izquierdo, Leonardo Kopiloff



Juan Manuel Boggio Videla

Arquitectura y computación

Desde comienzos del presente siglo se ha intensificado el surgimiento de nuevas relaciones entre distintos ámbitos de actividades del hombre, debido a la influencia ejercida sobre los mismos por las múltiples innovaciones producidas en el campo de la tecnología. Estos cambios han incidido también en la industria de la construcción, particularmente en el área de proyecto, a la que nos referiremos en adelante, colaborando de una u otra forma en el logro del objetivo de mejorar su eficiencia y capacidad operativa. Así, elementos e invenciones de importancia aparentemente secundaria tales como las máquinas para borrar, las reglas paralelas, las máquinas retrógrafas ayudaron, sin embargo, tanto al proyecto y materialización de rascacielos, cuanto a la implementación del envío del hombre al espacio.

Durante las últimas décadas transcurridas aparecieron también las cámaras fotostáticas, las copiadoras heliográficas, las simbologías sobre materiales autoadhesivos, los filmes plásticos para dibujo, las tarjetas de apertura de microfilmación, etcétera, elementos que se han transformado en auxiliares imprescindibles para las tareas de proyecto.

Paralelamente a la aparición de este tipo de innovaciones, los sucesivos avances acontecidos en el área de la computación produjeron cambios sustanciales en todos los órdenes, incluyendo, por supuesto, el área del diseño y ejecución de obras de arquitectura e ingeniería.

Hace ya varios años que la utilización de recursos computacionales se incorporó a nuestro medio.

Su aplicación entre nosotros, es ya de rigor en la gestión gerencial contable y administrativa y va extendiéndose cada

vez más rápida e intensamente a las áreas técnicas.

Consecuente con esta tendencia y en pos de su permanente objetivo de actualización tecnológica, la empresa SADE SACCIFIM ha tratado y trata permanentemente de incrementar el uso de estos recursos en los dos campos mencionados. Dadas sus particulares características de empresa de arquitectura, ingeniería y construcción procura que las aplicaciones de la computación en las áreas técnicas de proyecto y ejecución de obras mejore continuamente su calidad y eficiencia.

En este sentido, dos son los principales objetivos perseguidos: la potenciación de las capacidades de los departamentos de proyecto de las distintas gerencias especializadas de la empresa (Obras civiles, Centrales y subestaciones e Instalaciones industriales, Líneas y redes, etcétera) y, para los departamentos de construcciones de las mismas, la posibilidad de planificar y controlar la gestión de las obras por medio de programas basados en los métodos CPM, PERT, PERT-COST, etcétera.

En lo que hace al primero de estos fines, es decir la aplicación de medios computacionales al proceso de diseño y a la resolución de sus distintas etapas, SADE ha agregado a la utilización de la computación convencional un nuevo tipo de sistema que significa una variación fundamental, de índole eminentemente cualitativa.

En efecto, a partir de enero de 1979, tiene en operación un sistema CAD (Computer Aided Design, diseño ayudado por computación; ver **summa** N° 143, noviembre de 1979).

Previamente a la puesta en marcha de este sistema, y como condición para ello, SADE realizó los correspondientes

estudios preliminares de factibilidad juntamente con DATA PROCESO, empresa del grupo dedicada al procesamiento de datos. Finalizados dichos estudios y seleccionado el sistema que se juzgó más conveniente, este fue adquirido por DATA, quien provee el correspondiente servicio y el soporte técnico necesario a los sectores usuarios de SADE.

Teniendo en cuenta la creciente difusión de la utilización de este tipo de sistemas a nivel mundial y la significación del hecho de que una empresa local disponga de su uso contemporáneamente y a la par en calidad, con los más importantes usuarios en el mundo, consideramos oportuno presentar una descripción de sus características y forma de operar, así como de las ventajas que ofrece su aplicación en el área de proyectos, particularizando el caso de las obras civiles.

A fin de brindar un panorama más completo, haremos primero una reseña histórica del desarrollo de los sistemas CAD incluyendo una descripción genérica de los mismos, para luego detallar e ilustrar en particular los equipos instalados por DATA y SADE.

Finalmente, presentaremos una breve reseña de las posibilidades futuras en este campo.

Evolución de la tecnología de la computación aplicada al proyecto y a la construcción

El creciente volumen de información y la necesidad de rápida coordinación de datos requeridos por la evolución de las distintas disciplinas científicas y técnicas, impulsaron el desarrollo de una herramienta que agilizará y automatizará las operaciones de recopilación, ordenamiento y transmisión de información, permitiendo la adopción de decisiones rápidas y precisas.

Como consecuencia, en 1946 aparece la primera computadora electrónica digital (ENIAC), que consistía en una instalación de gran tamaño, con más de 18.000 válvulas convencionales.

ENIAC se transformó posteriormente en UNIVAC, la primera computadora ofrecida comercialmente. Pese a sus inconvenientes (gran tamaño, falencias operativas y elevado costo) alcanzó una gran difusión.

La aparición de semiconductores en reemplazo de las válvulas mejoró la capacidad de memoria de los equipos y sus facilidades de comunicación con el usuario, aumentando la rapidez y eficacia al mismo tiempo que disminuían dimensiones y costos.

Paralelamente a este proceso los proyectistas y empresarios de la construcción fueron haciéndose conscientes de la necesidad de normalizar los procesos de diseño y ejecución de obras.

Estos procedimientos no habían sufrido variaciones sensibles a lo largo de siglos mientras que los problemas por afrontar y los resultados por obtener se volvieron más y más complejos, exigiendo una renovación de las herramientas de diseño disponibles.

Esta necesidad ineludible llevó a recurrir al uso de la computación, a través del sistema de procesamiento por lotes ("batch-processing") que ya estaba demostrando su eficacia en las tareas administrativo-contables.

Así, en los años 50, empresas norteamericanas de proyecto y ejecución de obras comenzaron a usar estos procedimientos de datos técnicos. En principio, tales tareas se vinculaban a procesos de cálculo que no necesariamente requerían representaciones gráficas asociadas, o que admitían que es-

tas se ejecutasen manualmente a posteriori.

Pero la existencia de problemas en que los medios gráficos se incorporan como elemento activo durante la elaboración de la solución, y la posibilidad de entrevista de que la ejecución de la documentación gráfica de un proyecto pudiera beneficiarse con el uso de la computación, impulsaron las búsquedas para implementar su aplicación en este sentido.

En consecuencia, para esa misma época y también en EE.UU., se realizan los primeros esquemas, análisis gráficos y dibujos de estructuras de edificios por medios computacionales, mediante la conversión de coordenadas gráficas a información digital. Al mismo tiempo, se puso en funcionamiento la primera mesa automática de dibujo o "plotter", una de cuyas primitivas aplicaciones consistió en el procesamiento automatizado de isometrías de cañerías. El proceso consistía en la conversión del dibujo a datos numéricos susceptibles de ser trasladados a tarjetas perforadas. Estas eran leídas por la computadora, que grababa la información en una cinta magnética, dando luego las instrucciones a un "plotter", el cual, finalmente, producía el dibujo.

La intervención del proyectista o del dibujante se producía únicamente en el origen de la información y en la revisión del resultado. Al quedar su participación reducida a ello, el proceso intermedio, propiamente computacional, permanecía ajeno a la posibilidad de actuar sobre el mismo, introduciendo variantes de aspectos parciales y apreciando resultados alternativos antes del dibujo final. De tal modo, puede decirse que el proyectista actuaba, de cierto modo, a ciegas.

Para evaluar una alternativa, era necesario realimentar el procedimiento desde su inicio y recorrerlo otra vez íntegramente.

No obstante estas dificultades y lo caro y voluminoso de las instalaciones, las ventajas de estos sistemas eran evidentes.

La posterior evolución, que condujo, en cuanto a procedimientos, a la aparición de los sistemas gráficos interactivos y, en cuanto a equipos, a instalaciones cada vez más baratas y manuales, fue la respuesta eficiente a los problemas que afectaban a los usuarios.

Tres hechos casi simultáneos

permitieron la concreción de los sistemas de dibujo y diseño interactivo por computación (CAD, Computer Aided Drafting): el decrecimiento relativo del costo de las instalaciones, la aparición de microcircuitos que posibilitó la construcción de "minicomputadoras" y la extensión del concepto de coordenadas cartesianas a los medios computacionales, a través de digitalizadores x-y que transforman directa y automáticamente datos gráficos en información digital. Complementariamente, el paso lógico inmediato consistió en la introducción del eje z, dando lugar a la posibilidad de generar imágenes tridimensionales, obtener representaciones gráficas de perspectivas por medio del "plotter" y también modelos tridimensionales (particularmente útiles en topografía y mecánica) por medio de "estereoplotters".

La utilización de estos sistemas comenzó en las industrias electrónica y aeronáutica, para extenderse luego a las eléctricas y mecánicas en general. Su primera vinculación con la industria de la construcción se produce a través de la topografía y el diseño vial. La incorporación de pleno derecho a los procesos de diseño en el área de las obras de arquitectura e ingeniería es relativamente reciente y está en pleno auge.

Así, en 1972, el 95 % de los cien sistemas CAD que operaban en EE.UU. se aplicaba a la industria electrónica. A partir de entonces, el crecimiento del uso de estos sistemas, extendido ahora a toda clase de aplicaciones, puede representarse por una curva de tipo exponencial. En el volumen actual de los sistemas instalados puede estimarse que la utilización en el área del proyecto y construcción civiles alcanza el orden del 10 % del total.

Este uso cada vez más generalizado de tales sistemas en la industria de la construcción, juntamente con la extensión en la misma del procesamiento por computación de los métodos CPM, PERT y PERT-COST hace que los proveedores de sistemas de computación deban renovar esfuerzos para satisfacer los requerimientos siempre crecientes en magnitud y calidad de un mercado en expansión.

El sistema CAD

Análogamente a todo sistema de computación, un sistema CAD está constituido por una serie de equipos electrónicos vinculados entre sí, denominada "hardware", y un conjunto de instrucciones o

programas para su operación, el "software".

En el caso del CAD, el "hardware" está compuesto por ciertos dispositivos destinados al "input", o entrada de datos al sistema, otros dedicados a almacenar y procesar dichos datos y, finalmente, otros cuyo objeto es el "output" o salida de resultados. El "hardware" destinado al "input" de datos conforma lo que se denomina una terminal gráfica. La misma está compuesta de una (o más) pantallas de rayos catódicos, un teclado para entrada de datos alfanuméricos, y una tableta electrónica digitalizadora con un cursor, para entrada de datos gráficos. Estos elementos están vinculados entre sí y a un minicomputador.

El minicomputador, juntamente con unidades de memoria de disco, constituyen el centro de almacenamiento y procesamiento de datos. Cada uno de estos minicomputadores puede tener conectado un determinado número de terminales gráficas, variando el mismo según los sistemas.

El "output" tiene dos aspectos. Por tratarse de un sistema interactivo hay un primer "output" gráfico que se produce a nivel de las terminales.

En efecto, en las pantallas de video de las mismas el usuario puede ver registrado cada uno de los datos que va entrando al sistema, en forma dinámica e inmediata. Asimismo, la terminal tiene asociada una copiadora de mesa, capaz de reproducir en el papel, cada vez que se le ordene, la imagen que en ese momento contiene la pantalla.

El "output" final, es decir la producción del documento gráfico terminado (un plano de fachada, por ejemplo) se lleva a cabo por medio de "plotters", que pueden ser de diversas características y estar conectados al sistema según distintas modalidades, como se verá más adelante.

El "software" se divide en un "software" básico, consistente en programas que otorgan al sistema sus capacidades operativas fundamentales, y un "software" compuesto de programas de aplicación, que agrega a aquellas otras capacidades referidas a las necesidades particulares del usuario.

Las características particulares de ambos tipos de "software" pueden ser muy variadas y detallaremos una mejor ilustración acerca de las posibilidades que brindan, al describir a continuación el siste-

ma que en este momento están operando SADE y DATA.

El sistema instalado en SADE

Comenzaremos por la descripción de los elementos de ingreso de datos. Ellos están constituidos por terminales gráficas compuestas de dos pantallas de video "storage-refresh",¹ un teclado alfanumérico y una tableta digitalizadora con cursor (fotos 1 y 2).

Las dos pantallas están vinculadas de tal modo que una de ellas almacena la totalidad del documento gráfico que está procesándose, por ejemplo un plano de planta (esta pantalla se denomina esclava —"slave"—), en tanto que la otra (llamada maestra —"master"—) es capaz de reproducir selectivamente un sector de dicho plano elegido arbitrariamente por el operador, en forma de detalle ampliado.

Esta circunstancia queda reflejada en la pantalla esclava mediante un rectángulo luminoso parpadeante ("window", ventana) que circunda la zona tomada como detalle en la pantalla maestra (foto 3). Dado que el área ampliada ("zoom") puede ser del tamaño que se desee, abarcando más o menos elementos del plano de conjunto, el operador puede disponer en la pantalla maestra de un detalle de dicho plano de tamaño tan grande como fuere necesario, salvando el hecho de que cuanto mayor sea la ampliación, menor será el área de dibujo abarcada en pantalla.

Ello le permite trabajar con gran facilidad y precisión sobre el detalle en la pantalla maestra, agregando o modificando información.

Todo lo que así ejecute va reproduciéndose automáticamente en la pantalla esclava a tamaño reducido, y tratándose de modificaciones, con imágenes superpuestas a las precedentes.

Cuando el operador considera que su tarea está terminada en el sector del plano sobre el que está trabajando ordena la actualización ("up-date") de la imagen en la pantalla esclava. Previo borrado de la imagen anterior y sus modificaciones, el sistema devuelve entonces a la pantalla el plano completo con la zona trabajada en su estado definitivo.

A fin de facilitar la tarea del operador, la pantalla presenta una grilla de referencia formada mediante puntos distribuidos en cuadrícula. La distancia unitaria entre puntos de dicha cuadrícula puede recibir

una determinada magnitud, arbitrariamente elegida por el operador, que definirá el rango de precisión adoptado para un trabajo dado. En la documentación de obra civil se ha asumido que, en general, el elemento unitario de la cuadrícula de referencia es de 10 cm por 10 cm.

Es necesario aclarar aquí que esto no significa adoptar una escala por cuanto el sistema acepta los datos en verdadera magnitud, es decir un metro vale un metro, independientemente del tamaño de su representación en la pantalla.

Recién en el momento de ordenar que se dibuje el documento mediante el "plotter" se indica en qué escala se desea el dibujo y entonces, automáticamente, la información 1:1 es transformada a la escala estipulada, cualquiera que ella fuere.

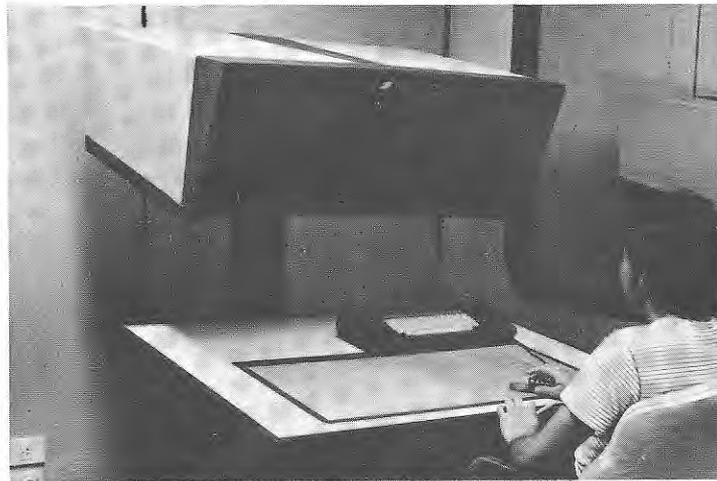
Todas las operaciones relativas a la introducción de datos en las pantallas son comandadas mediante el teclado alfanumérico y la tableta digitalizadora con su cursor, o mediante una combinación de ambos².

El cursor, al desplazarse sobre la tableta digitalizadora, refleja su movimiento en la pantalla mediante la imagen de un punto móvil.

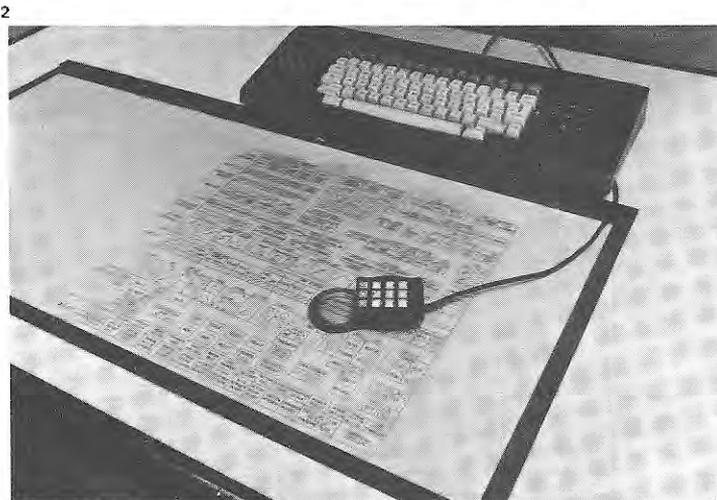
Para introducir un dato alfanumérico (una cota, una nota), se selecciona mediante la posición de dicho punto el sitio en el que dicho dato debe aparecer y luego se tecléa el mismo en forma similar a cómo se haría mediante una máquina dactilográfica.

Para introducir elementos gráficos se utiliza la tableta y cursor con un elemento adicional, el menú de comandos (foto 4). Por ejemplo, para insertar una recta en la pantalla se ordena el "comando recta" apoyando el centro del cursor sobre el mismo y apretando la tecla correspondiente y se definen los extremos ubicándolos en la pantalla mediante el punto flotante del cursor, apareciendo entonces el trazo en forma inmediata. Para dibujar una circunferencia, se utiliza el comando correspondiente y puede ejecutarse la operación seleccionando el centro y un punto que sería el extremo del radio, indicando tres puntos por los que pasará la circunferencia, o, en el caso de pretender una medida perfectamente determinada de la figura, indicando el centro e introduciendo el valor preciso del radio mediante el teclado alfanumérico.

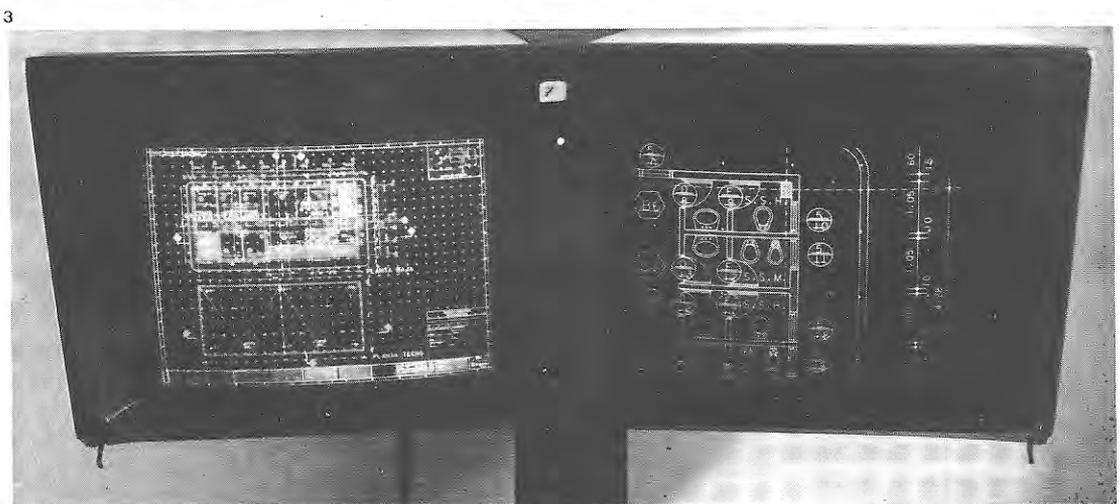
Algunas de las terminales están provistas de un tablero di-



1 Vista de conjunto de una terminal gráfica operando



2 Teclado alfanumérico, tableta digitalizadora y cursor. En la parte superior del cursor puede apreciarse un círculo transparente en el que se cruzan dos hilos eléctricos que señalan su centro. Este centro se manifiesta en la pantalla como un punto en forma de cruz, cuya imagen se desplaza sobre aquella siguiendo los movimientos del cursor sobre la tableta



3 Vista de detalle de las pantallas. A la izquierda, pantalla esclava mostrando el conjunto de un plano. A la derecha, pantalla maestra mostrando un detalle del mismo



4 Menú de comandos y cursor. Las teclas ubicadas sobre el cursor, al ser presionadas por el operador, "ordenan" la ejecución de un comando previamente seleccionado sobre el menú, colocando el centro del cursor sobre el mismo

gitalizador. Este funciona básicamente como una gran tableta (del tamaño aproximado de una mesa de dibujo estándar) sobre la que puede desplazarse el cursor. Mediante su uso es factible digitalizar un plano ya elaborado, seleccionando puntos relevantes del trazado mediante el cursor, entre cuyos puntos el sistema completa el dibujo en forma automática.

Estos elementos permiten al operador introducir toda clase de elementos gráficos simples o compuestos y operar con ellos en forma combinada, tomándolos aisladamente o en su conjunto.

El sistema provee, además, una serie de facilidades adicionales para la entrada y manipulación de datos gráficos que sería largo detallar, pero de las que podemos señalar tres principales:

— La operación admite la posibilidad de realizar, en forma automática e inmediata y mediante el simple uso de comandos del menú, la duplicación, multiplicación, reproducción especular, traslación, rotación, cambio de escala en el sentido de una o ambas coordenadas, etcétera, de cualquier figura contenida en la pantalla; asimismo permite también rayar o texturar una determinada superficie en forma automática ("pattern").

— El sistema puede almacenar en memoria bajo forma de las denominadas "celdas de diseño", unidades de dibujo complejas, que, no obstante, pueden ser manipuladas luego con las mismas facilidades que las unidades gráficas simples.

Esto permite disponer de una biblioteca de celdas conteniendo todo el repertorio de símbolos habituales en el dibujo (norte; indicaciones de nivel, de corte, de detalle; artefactos y piezas para instalaciones sanitarias; símbolos eléctricos; muebles, automóviles, siluetas humanas, siluetas de vegetación; textos típicos para notas o especificaciones, etcétera).

Ante la necesidad de usar uno cualquiera de estos elementos, basta indicar su código para poder luego aplicarlo repetitivamente en cualquier punto del plano donde fuere necesario, mediando solo una orden a través de un comando del cursor.

□ El sistema dispone de sesenta y tres niveles ("lays") de diseño para cargar información.

Esto equivale a que, si se trata de dibujar al modo tradi-

cional, se dispondría de sesenta y tres transparentes superpuestos en los que pudiera dibujarse utilizándolos todos, eligiendo selectivamente uno o varios de ellos, pero colocando la información discriminada en cada nivel, según un código indicado previamente. Así por ejemplo, puede establecerse que todas las líneas auxiliares de un plano (ejes, cotas, progresivas) figurarán en un nivel, los elementos de estructuras en otro, así como también las mamposterías, las aberturas y carpinterías, la instalación sanitaria, etcétera. El sistema permite, entonces, con fines analíticos, ver en pantalla cada uno de estos niveles con su información por separado (por ejemplo: ver solo la estructura) o ver dos o más niveles superpuestos para detectar interferencias (por ejemplo: la estructura más la instalación sanitaria), o bien el conjunto necesario para tener un determinado plano completo.

Todas estas capacidades del sistema para cargar y manipular datos permiten que el usuario, a partir de un croquis indicativo del documento por procesar, generado por él mismo o provisto por un tercero, proceda a desarrollar dicho documento en pantalla, a través de un diálogo interactivo hombre-máquina.

Como para cada nuevo documento se genera un archivo de diseño propio del mismo (esto es un espacio de memoria del sistema que contiene los datos de ese documento) y a su vez la información procesada se distribuye en los distintos niveles, es factible que, al iniciar un nuevo plano, se copien en el nuevo archivo datos ya procesados para otro anterior, con lo que se ahorra tiempo y trabajo. Es decir que, por ejemplo, habiendo ejecutado un plano de planta de arquitectura, puede copiarse del mismo la información relativa a ejes, posición de estructura, etcétera, para realizar un plano de encofrados, sin tener que generar nuevamente dichos datos.

Todas las operaciones explicadas son ejecutadas mediante el "software" básico del sistema, denominado IGDS (Interactive Graphic Design System) que en su nueva versión, actualmente en proceso de implementación, incluye una posibilidad adicional consistente en la generación automática de imágenes de representación tridimensional a partir de las geométrales procesadas en el sistema.

Existen también otros paquetes de "software" que operan sobre el "hardware" del sistema gráfico tales como el

DMRS (Data Management Retrieval System) paquete básico destinado al manejo de datos para obtener, a partir de los "inputs" gráficos, cómputos y listas de materiales, o como los programas de aplicación para "piping" y "wiring" destinados al diseño, graficación y cómputo de instalaciones de cañerías y de cableado eléctrico, etcétera.

El sistema permite también que el usuario pueda desarrollar nuevos comandos o nuevos programas de aplicación relativos a sus necesidades específicas. A tal fin se dispone de otro tipo de terminales conectadas al sistema. Se trata de terminales alfanuméricas (foto 5) con las cuales pueden implementarse tareas de desarrollo y también operar capacidades del sistema que no requieran expresamente el uso de las terminales gráficas, tales como procesar textos, obtener cómputos, etcétera. Ello permite aprovechar la capacidad de las terminales gráficas íntegramente para producción, sin distraerla en tareas colaterales.

Las terminales gráficas, actualmente diez, y las alfanuméricas, en número de seis, están soportadas por una minicomputadora con una capacidad de memoria de 384 Kwords complementada por tres unidades de memoria de disco de 300 Mbytes cada una (foto 6).

También existen dos unidades de cinta magnética de 45 ips. Estas unidades se utilizan para pasar los archivos de diseño, correspondientes a un determinado documento gráfico ya procesado, de la memoria de disco a una cinta, cuando el operador de la terminal solicita que se dibuje dicho documento mediante el "plotter", como veremos luego.

En un futuro inmediato la capacidad de la minicomputadora será ampliada a 500 Kwords y la velocidad de las cintas a 125 ips. La salida ("output") gráfica del sistema tiene tres aspectos básicos. El primero consiste en la imagen en las pantallas de las terminales, de carácter interactivo, con la finalidad de permitir las operaciones necesarias para generar un documento. El segundo consiste en salidas gráficas impresas sobre papel por procedimiento fotosensible.

Estas salidas pueden obtenerse en una copiadora (foto 7) conectada "on line" a las terminales, y reproducen en forma inmediata el contenido de la pantalla mediante una orden del operador.

El dibujo así logrado, si bien

no tiene una escala determinada, permite el control por parte del proyectista, quien puede entonces indicar sus observaciones sin interferir la marcha del sistema.

Una vez obtenido el visto bueno final para un documento dado, el operador trasmite la orden de dibujar dicho documento, lo que se efectúa por medio del "plotter" y constituye la tercera instancia del "output".

El "plotter" actualmente en operación por SADE es un "plotter" de mesa plana horizontal³. Consiste, como su nombre lo indica, en una mesa automática de dibujo de aproximadamente 1,20 m por 2,20 m, en posición horizontal (foto 8). Sobre la misma se fija el filme "mylar", provisto en rollo, mediante succión de vacío a través de una retícula de pequeños agujeros existentes en dicha mesa. A lo largo del plano de dibujo se desplaza una regla transversal con un carro que se mueve en el sentido del ancho de la mesa y sobre el que están montadas las puntas de dibujo, que pueden ser de tipo bolígrafo o de tipo Rapidograph. Estas puntas, en número de cuatro, actúan alternativamente de acuerdo con los espesores y/o colores indicados para los trazos al generar el documento en el sistema.

La tinta es presurizada para asegurar su flujo en el momento en que una punta actúa sobre el papel y succionada cuando la punta está inactiva, para evitar derrames indebidos.

De la composición de los movimientos de la regla y del carro y del accionar de las puntas surgen las distintas posibilidades de trazado de líneas sobre el papel. Estos trazos pueden tener cuatro colores (uno por punta) y/o cuatro espesores, aunque variando las puntas o repasando los trazos pueden obtenerse hasta treinta y dos espesores diferentes en un mismo plano.

Este "plotter" está instalado "off-line" en relación con el sistema⁴. Por lo tanto, una vez generado un plano en pantalla, al solicitar el operador su procesamiento en el "plotter", se copia en cinta el archivo de diseño correspondiente, residente en una unidad de disco. Dicha cinta es enviada al "plotter", donde mediante un controlador se convierte la misma en las órdenes de movimiento mecánicas necesarias para producir el dibujo (foto 9). Mediante este procedimiento puede lograrse un dibujo de absoluta precisión con enorme rapidez (fotos 10, 11, 12 y 13).

Considerando el procedimiento en su conjunto, podemos decir que en el momento actual está obteniéndose un rendimiento de velocidad promedio del orden 1:4 en relación con el trabajo tradicional en tablero, con costos aproximadamente equivalentes.

Básicamente, podemos estimar que, también como promedio, un plano estándar de arquitectura (plantas, cortes o vistas, por ejemplo) se realiza en aproximadamente doce horas de proceso en terminal, y aproximadamente de media hora a una hora de ejecución en el "plotter".

Corresponde aclarar aquí que estos valores se aplican exclusivamente a la etapa de dibujo del plano, por cuanto la etapa de gestación es común y equivalente, sea que el plano se dibuje por medios tradicionales o utilizando el sistema.

Finalmente podemos decir que a fin de agilizar el procesamiento de la documentación, SADE está instalando actualmente un "plotter" fotosensible de tambor, conectado "online" al sistema.

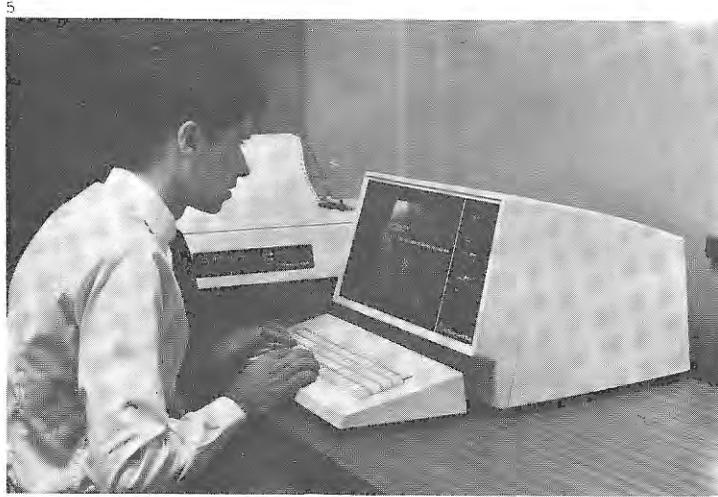
Perspectivas futuras

La evolución futura de este tipo de aplicación de la computación tiende a producirse a lo largo de ciertas líneas de acción básica que señalaremos brevemente a continuación:

- "Hardware" con mayor capacidad y refinamiento de aptitudes, pero más simple y fácilmente operable y más barato.
- Mayores facilidades para la instalación de unidades terminales de "input" y "output" directamente junto al usuario.
- Mayor interactividad entre el usuario y el sistema.
- Integración de los programas de aplicación en sistemas coherentes, en función de base de datos, modelización geométrica tridimensional y lenguajes de "interface" que permitirán utilizar al sistema más y más como instrumento de diseño, además de herramienta de dibujo.

Una descripción detallada de las posibilidades futuras que brindan cada una de estas áreas para el desarrollo de la computación gráfica, excede los fines y posibilidades de este artículo.

No obstante, por tratarse de temas de particular relevancia, en especial el último de los mencionados, consideramos probable volver sobre ellos en un futuro cercano.

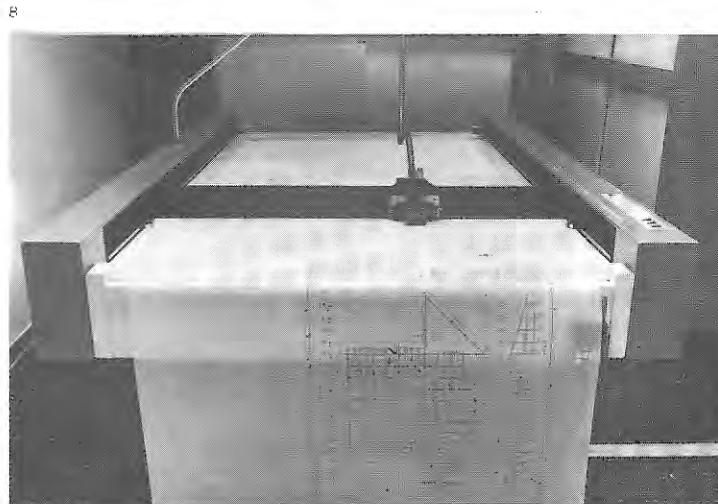


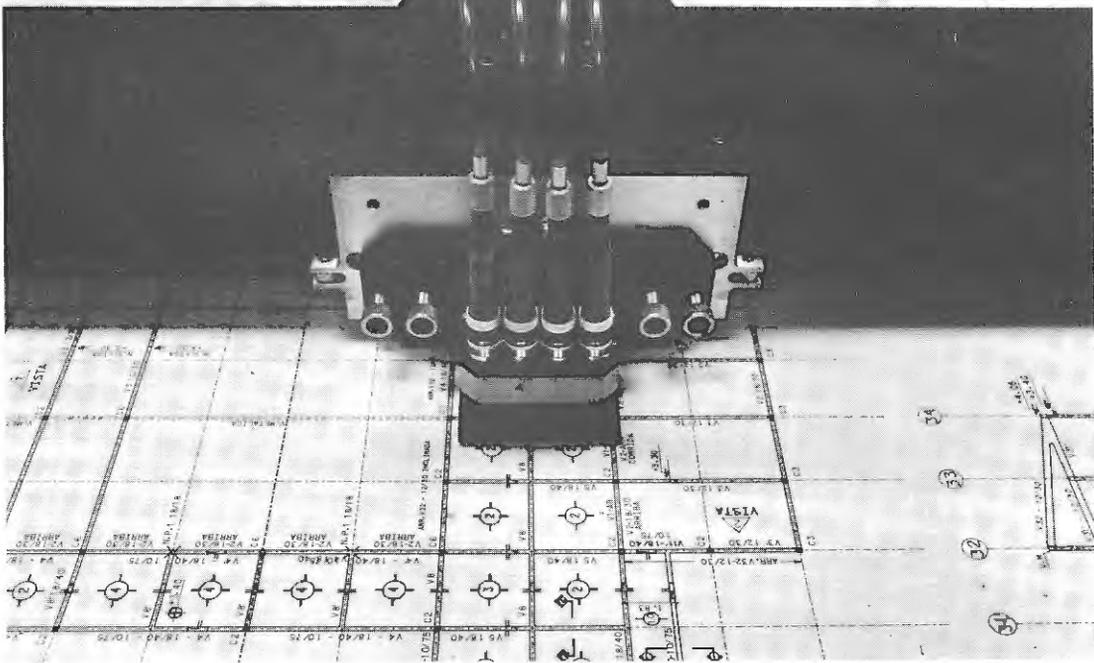
5 Terminal alfanumérica, utilizada para tareas complementarias del sistema gráfico y de desarrollo

6 Minicomputadora de 384 Kwords y unidades de disco de 300 Mbytes cada una

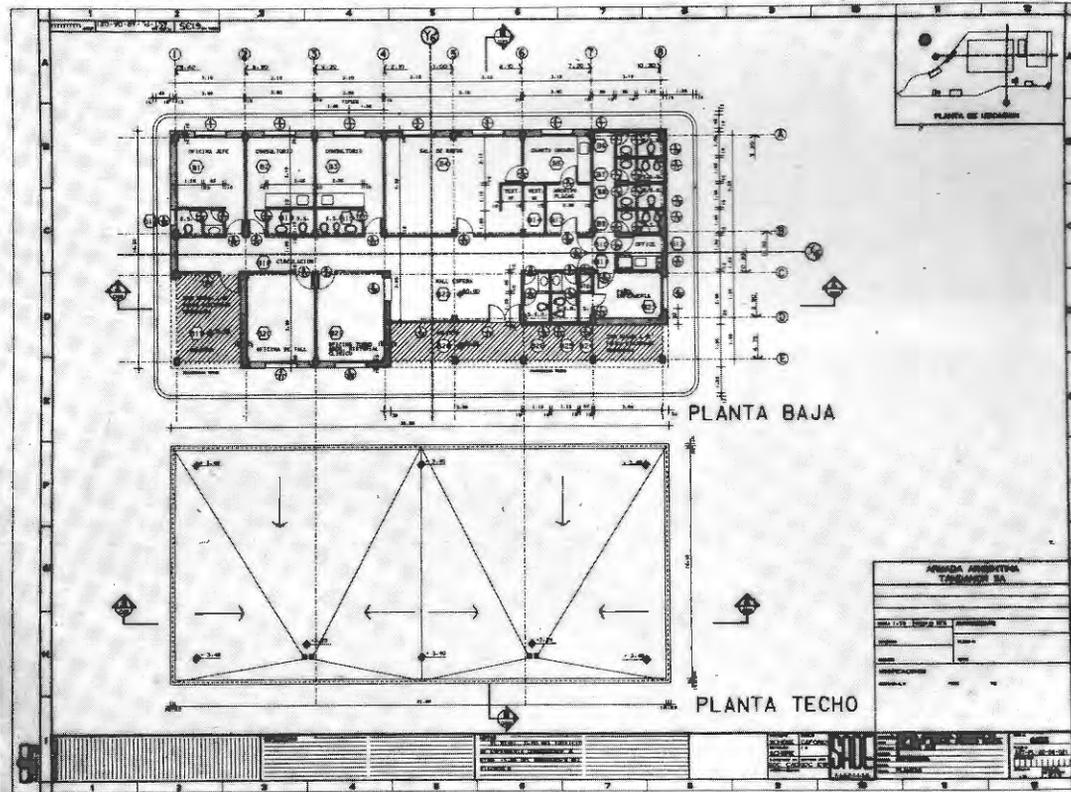
7 Copiadora fotosensible para obtención de "hard-copies" tomadas directamente de las pantallas. Puede observarse una "hardcopy" en proceso de ser emitida

8 Vista general del "plotter" con su regla y carro para las puntas de dibujo

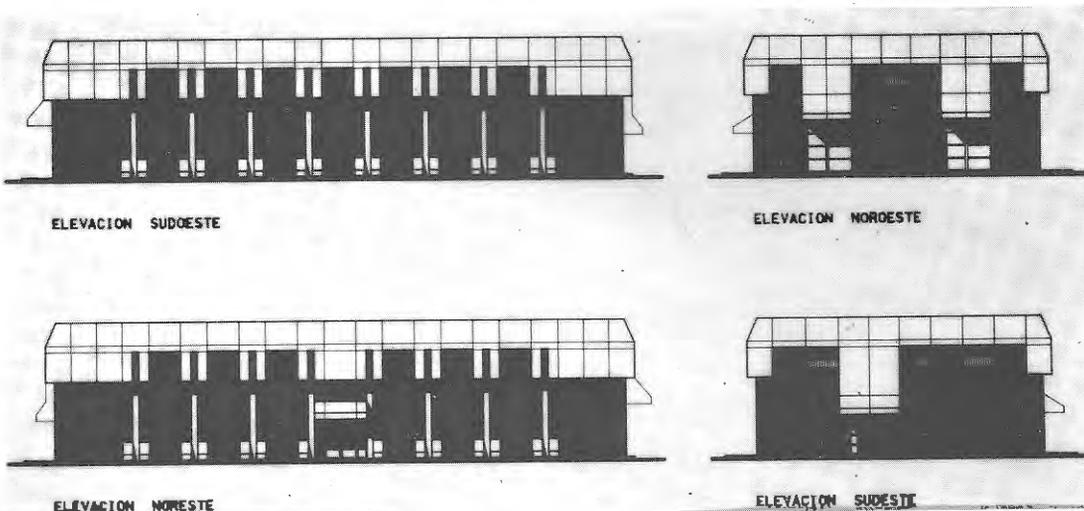




10



11



Notas

1 Las pantallas empleadas en estos sistemas se dividen en:

□ "Storage", que conserva la imagen con un alto grado de definición, lo que la hace sumamente apta para aplicaciones en trabajos técnicos. Su desventaja consiste en que cada vez que se introduce un dato gráfico modificando uno anterior, queda acumulado en la pantalla, superpuesto al precedente y solamente se "limpia" el conjunto, quedando solo los datos definitivos, mediante la operación de actualización ("up-date") para lo cual las imágenes acumuladas son borradas íntegramente para luego reconstituir la nueva imagen sobre la base de los datos válidos almacenados en la memoria del sistema. Esto implica cierta confusión visual por imágenes superpuestas y cierta lentitud por la necesidad de las actualizaciones, situación que en el caso de las terminales usadas en SADE se mejora por el hecho de operar con dos pantallas.

□ "Refresh", que regenera la imagen en forma cíclica.

□ "Raster-scan", con regeneración permanente de la imagen por barrido de puntos en la pantalla, análogamente a un tubo de televisión doméstico. La ventaja de este tipo de tubo consiste en la posibilidad de producir los cambios de la imagen en forma inmediata y dinámica, permitiendo incluso la utilización del color y técnicas de animación.

Su desventaja reside en una menor definición, pero ello está superándose actualmente y la tendencia es pasar al empleo de esta clase de tubos que serán los que tendrá el sistema usado en SADE en la próxima generación de terminales.

□ "Plasma", similares a la pantalla de algunas calculadoras de mano, con un panel de cristal dieléctrico.

La utilización de este tipo de pantalla significaría la eliminación de la última válvula subsistente en el "hardware".

2 Las operaciones que se describen en el texto como realizadas por el cursor sobre la tableta, admiten la posibilidad de ser ejecutadas por otro tipo de instrumentos tales como el "joy-stick", especie de palanca que mediante su manipulación adelante-atrás, derecha-izquierda produce efectos similares al cursor y el "ligh-pen" que consiste en un lápiz electrónico que permite actuar directamente sobre la pantalla como si esta fuese un papel y el "ligh-pen" un lápiz común.

La selección de un sistema con uno u otro de estos instrumentos dependerá de los objetivos buscados por el usuario así como del tipo de tareas por realizar.

3 En cuanto a su accionamiento los "plotters" son básicamente de dos tipos: de tambor y de mesa. En el "plotter" de tambor el dibujo se produce por la composición del movimiento transversal del carro con las plumas y el movimiento longitudinal del papel al desarrollarse la bobina. Así, el tamaño del dibujo está limitado solo en el ancho.

En el "plotter" de mesa el papel permanece fijo y las plumas componen dos direcciones de movimiento para lograr el dibujo. En cuanto a la materia e instrumentos con que se ejecuta el dibujo se tienen los "plotters" que lo hacen con tinta (usando bolígrafos o plumas tipo Rapidograph, o también el sistema "jet-ink" que permite la obtención de

9

Vista parcial de un plano en momentos en que está siendo dibujado

12

10
Plano de replanteo de arquitectura, en escala 1:50

11
Plano de fachada, escala 1:50

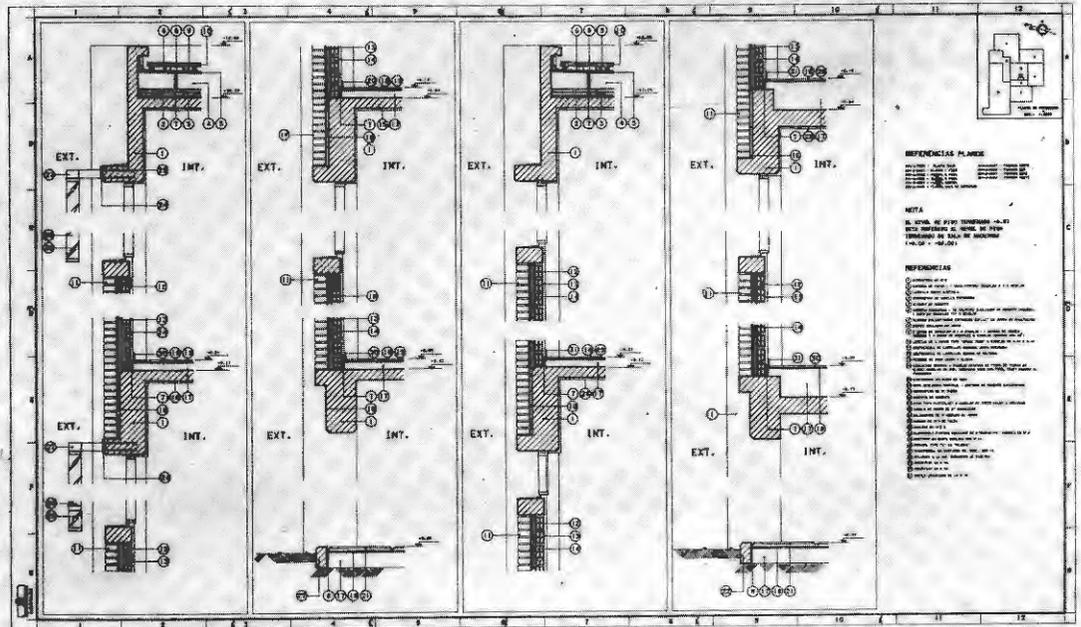
12
Plano de detalles constructivos, escala 1:10

13
Plano de replanteo de estructura en escala 1:50

superficies coloreadas y los que producen el dibujo por medios fotosensibles.

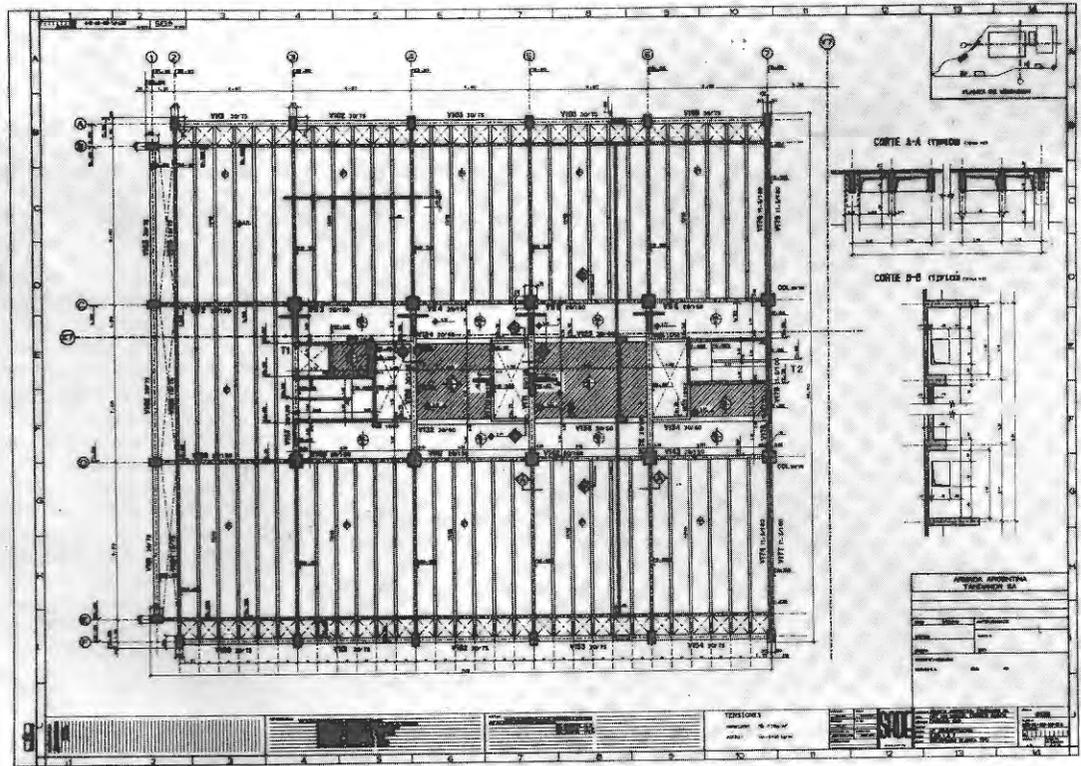
4 Un "plotter" puede estar vinculado al sistema "on-line" u "off-line". En el primer caso, ante la orden del operador de una terminal el "plotter" comienza a ejecutar el diseño generado por aquel.

13



En el segundo, existe una etapa intermedia que permite organizar turnos de ejecución del documento procesado por el usuario en función de prioridades y sin perturbar la operación del sistema.

5 Indudablemente, el futuro pasa por estos "sistemas integrados de diseño" ayudados por computación. En este sentido las investigaciones y realizaciones llevadas a cabo en Inglaterra han sido precursoras (CEDAR System, GENESIS, ARC, etcétera) y los criterios allí elaborados se han hecho extensivos a otras áreas (Francia, Australia, Japón), pero principalmente a EE.UU. donde universidades como Carnegie-Mellon, Cornell, UCLA y Michigan están desarrollando amplios programas orientados al diseño interactivo por computación. Como resultado de estas actividades, varios de los más importantes estudios y empresas de arquitectura e ingeniería y construcción han incorporado a su rutina operativa la utilización de estos medios, llegando a tener, como en el caso de SOM y CRS sectores específicos dedicados a su aplicación y desarrollo. Teniendo como meta la implementación de estos sistemas en las distintas áreas de la empresa, los profesionales y técnicos de SADE se han puesto en contacto con estos estudios y centros de investigación a fin de analizar y evaluar las experiencias ya desarrolladas por ellos.



Arquitectura y computación

Juan Manuel Boggio Videla, arq.; Carlos Alberto Amura, ing.



Juan Manuel Boggio Videla

Es arquitecto UBA y se desempeña como jefe de Arquitectura en la gerencia de Obras Industriales de SADE SACCIFIM. Actualmente integra el Comité de Dirección de la Asociación Latinoamericana de Métodos Computacionales para Ingeniería. Ha sido profesor en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo e investigador en el Centro de Investigaciones de la vivienda, ambos de la UBA. Publicó diversos artículos sobre temas de su profesión y participó en numerosos seminarios y congresos del área de su especialidad, en el país y en el exterior.



Carlos Alberto Amura

Es ingeniero civil UBA y licenciado en Ingeniería de Sistemas. Se desempeña como docente en la Facultad de Ingeniería y ha dictado cursos para graduados en el INTI y la UTN, sobre aplicaciones de la computación en la ingeniería.

Introducción

Para los lectores habituales de *summa* el título de este artículo no será novedad. Efectivamente, bajo la misma denominación se presentó, en su oportunidad, una detallada descripción de las características y capacidades de los sistemas de diseño asistidos por computación ("Arquitectura y computación", *summa* N° 161 abril 1981, págs. 61 y siguientes). En esa oportunidad se historió el desarrollo de este tipo de sistemas, conocidos genéricamente bajo la sigla CAD, proveniente de la denominación en inglés *Computer Aided Design*. Allí se trazó su evolución desde los inicios en los años 50 y 60, hasta su consolidación y auge, en la década del 70. Este proceso estuvo íntimamente vinculado al progreso de la electrónica. Con la aparición de los transistores primeros y de los circuitos integrados después, con la asociación de tubos de rayos catódicos a la computadora (dando nacimiento a la computación gráfica interactiva) y con el perfeccionamiento de los dispositivos de dibujo automático (*plotters*), se originaron y desarrollaron los sistemas CAD.

En ese artículo se describió, sobre la base del sistema en uso por SADE SACCIFIM y DATA PROCESO¹, la configuración básica del *hardware* y el *software* requerido, y se expresó en forma detallada las características de las unidades centrales de proceso, de las terminales gráficas y alfanuméricas, de los periféricos destinados a salida gráfica y de los principales programas de aplicación para los diversos usos.

Para el desarrollo del presente artículo hemos supuesto que el lector posee conocimientos sobre este tema, por lo menos hasta el nivel de lo expuesto en el número 161 de *summa*, sea por la lectura de lo publicado allí o por medio de cualquier otra fuente de información apropiada. Por lo tanto no volveremos sobre ciertos aspectos básicos que damos por sabidos y remitimos, a quienes los desconozcan, al texto mencionado.

El momento actual

En el párrafo final del artículo anterior se establecieron los carriles sobre los que se supuso iba a correr la evolución de los sistemas CAD en el futuro inmediato, resumiéndolos en los siguientes puntos:

□ *Hardware* con capacidades y velocidades crecientes de procesamiento, soportadas por confi-

guraciones de tamaño cada vez más reducidas, de más fácil operación y de menor costo.

□ Incorporación de las pantallas de tubos a color como elemento de rutina.

□ Mayor interactividad entre el sistema y el usuario.

□ Integración de las operaciones de los programas de aplicación y de estos entre sí, formando sistemas coherentes para cada disciplina de diseño, en función de bases de datos, capacidad de modelación geométrica tridimensional y lenguajes de "interface"² (sistemas integrados de diseño).

□ Correlativamente, evolución de los sistemas CAD desde ser preponderantemente herramienta de dibujo (*Computer Aided Drafting*) hasta convertirse, sin desmedro de lo anterior, en un real instrumento de diseño (*Computer Aided Design and Drafting*).

Asimismo, en la última de las notas complementarias se dijo: "indudablemente, el futuro pasa por estos 'sistemas integrados de diseño' ayudados por computación" y se acompañó esta afirmación con un resumido panorama del estado de las investigaciones en la materia, hasta ese momento objeto de desarrollo en laboratorios y universidades y tema de búsqueda para algunos pioneros entre los usuarios. Hoy, la evolución prevista en tales aseveraciones se ha cumplido y podemos decir que la misma ha satisfecho (y en ciertos aspectos con creces) aquellas expectativas.

En el presente artículo, continuación y complemento del citado más arriba, trataremos de reflejar el actual "estado del arte" de los sistemas integrados de diseño ayudados por computación y sus aplicaciones específicas, en particular en cuanto se refiere a su empleo para arquitectura.

Significación del uso de los sistemas de diseño asistidos por computación

El método tradicional para desarrollar un proyecto consiste en un trabajo proceso de integración, que evoluciona desde la idea original hasta la documentación ejecutiva, y que involucra pasos iterativos de transferencia de información entre las diversas disciplinas que intervienen y entre los distintos individuos o sectores participantes. Estas interacciones, con efectos recíprocos de consolidación, modificación o supresión de informaciones se manifiestan no solamente en el plano técnico sino también en el de gestión y control y, no pocas

veces, acciones originadas en este último afectan sustancialmente aspectos del primero.

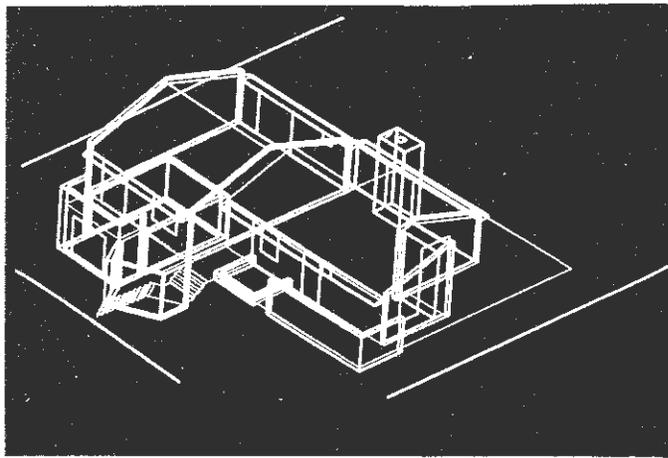
Este conjunto, constituido por la información, los documentos y las interacciones, modifica permanentemente su configuración, generando nuevos estados en los que los cambios producidos, son unas veces coherentes y otras discrepantes y donde se generan redundancias o faltas de datos, consistencia o inconsistencia de la información contenida en documentos diferentes referidos a un mismo hecho o circunstancia, etcétera, perturbando el adecuado control del proceso en su totalidad. A estas dificultades deben sumarse las producidas por la multiplicación de códigos, simbologías, normas y procedimientos, etcétera. Este conjunto de problemas, de efectos acumulativos, genera finalmente grandes incrementos en el costo, atrasos significativos en los plazos de ejecución y baja calidad en el producto final.

El advenimiento de los sistemas interactivos de diseño asistidos por computación y, en particular, el desarrollo de los sistemas integrados que vamos a describir, unidos a los programas de gestión y control, introducen una curva revolucionaria en el proceso de desarrollo de proyecto. La computación se integra al hombre en el campo del razonamiento, mediante la inteligencia artificial, en el de la imaginación, mediante los sistemas gráficos y en el de la ejecución, mediante la cibernética y la robótica.

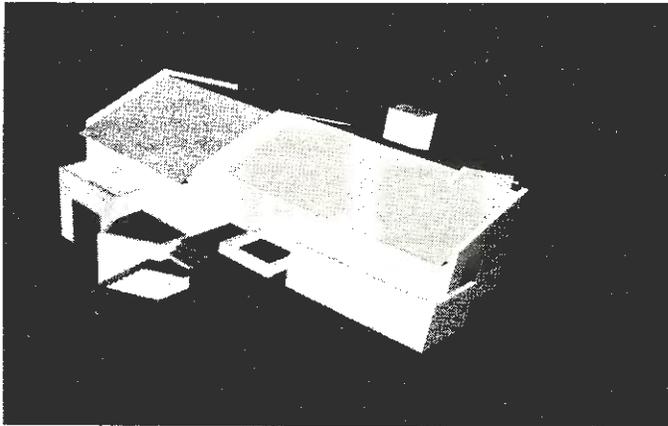
Estas facilidades se constituyen en un medio eficiente y "natural" para el ser humano, quien puede usarlo para diseñar y comprender objetos con un alcance que en el pasado estaba fuera de los límites de las posibilidades del más diestro proyectista.

La computación gráfica, con su capacidad de modelación tridimensional de sólidos, vinculada a lenguajes de relación hombre-sistema cada vez más conaturales al usuario, es la herramienta básica de esta nueva concepción del proceso de diseño.

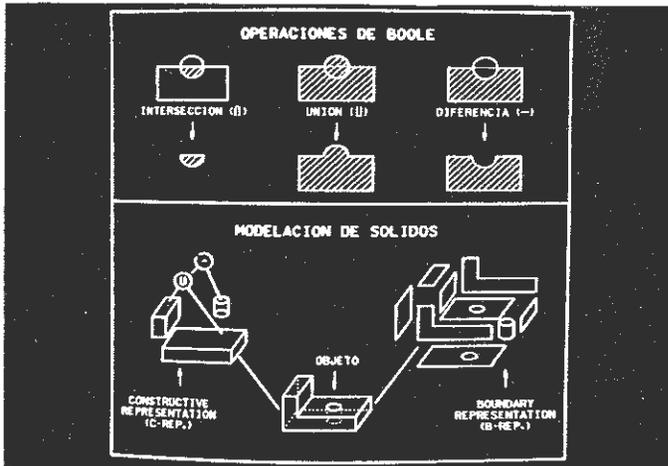
Las bases de datos, con su posibilidad de almacenar todas las características aportadas al objeto diseñado por las diferentes especialidades que intervienen en su definición (integrándolas en un modelo único y dejándolas permanentemente disponibles para su consulta o modificación) permiten garantizar la permanente consistencia de la información relativa a dicho objeto, mediante la



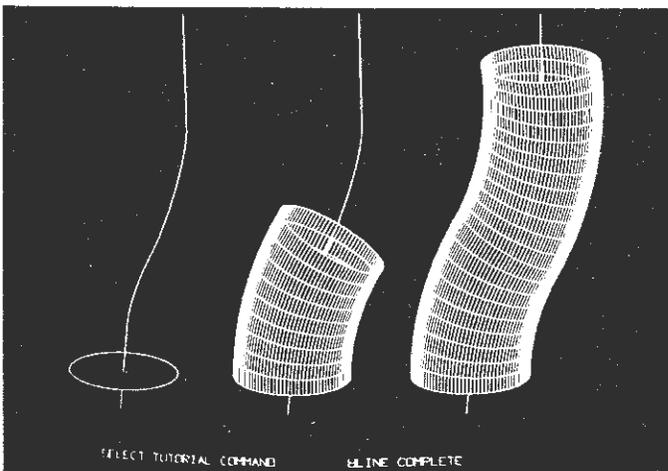
1
Modelo de alambres (wire frame)



2
Modelo sólido (solid modeling)



3
Representación esquemática del procedimiento de modelación de sólidos



4
Generación de superficies por barrido

Las imágenes en pantalla fueron realizadas por el señor Pedro Lima, de Data Proceso. El modelo tridimensional que se ilustra en las figuras 1 y 2, corresponde a un proyecto del arquitecto Fernando de Aldecoa

capacidad de interacción automática entre las decisiones de diseño de las distintas disciplinas que intervienen en el proceso. Asimismo, la concentración de los datos antes dispersos conduce inexorablemente a la necesidad de estandarizar y unificar métodos, símbolos, normas y procedimientos, permitiendo la óptima eficiencia del conjunto. La posibilidad de transferir estos datos a cintas de control numérico, pasando en forma directa de las definiciones de diseño a las instrucciones de ejecución material permite cerrar el ciclo completo concepción-diseño-producción, dando lugar a los sistemas denominados CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing).

El nuevo concepto introducido en el proceso de diseño por estos sistemas, de importancia más relevante a medida que crece la complejidad del objeto por diseñar, puede expresarse de manera sumamente significativa resumiendo las ventajas que su aplicación proporciona:

- Generación de modelos tridimensionales sólidos: posibilidad de crear una "maqueta electrónica" del objeto proyectado con todos sus atributos físicos incorporados.
- Posibilidad de "animación", es decir observar el modelo desde distintos puntos de vista, en proyecciones planas, perspectivas, agrandando o achicando el campo de observación, en forma dinámica.
- Generación automática de todos los documentos de proyecto: planos generales, de detalle, listas de materiales, especificaciones, etcétera, a partir del modelo desarrollado. Estos documentos pueden obtenerse inmediatamente de la pantalla, en copias para control, o como producto final, a través de los *plotters*.
- Actualización o modificación automática del modelo y de los documentos ejecutivos.
- Recuperación inmediata de datos.
- Precisión y consistencia de la información.
- Visualización de fenómenos físicos (por ejemplo: estado de tensiones, temperaturas, etcétera) en imágenes gráficas del modelo, susceptibles de animación.
- Posibilidad de controlar interferencias visualmente o en forma automática en el modelo computacional, eliminando el recurrir a maquetas o la dura y costosa experiencia de descubrir la interferencia en la realidad construida.
- Aumento de la velocidad sin pérdida de confiabilidad.

- Aumento de productividad y eficiencia de conjunto.
- Transferencia inmediata de información de diseño a máquinas de control numérico.
- Reducción de plazos y costos de proyecto.
- Incremento máximo del control de calidad del producto.

Finalmente, y a modo de colofón de estos comentarios, creemos conveniente insistir en un concepto que parecería obvia por su evidencia, pero sobre el que consideramos necesario redundar. Este concepto consiste en la definición del carácter eminentemente instrumental de los sistemas integrados de diseño ayudados por computación. Ellos no dejan de ser una herramienta y, como tal, no subordinada particularmente a ninguna concepción específica de la arquitectura.

No obstante resultar evidente que su máximo aprovechamiento se da en los diseños basados en criterios de sistematización formal y constructiva, también lo es que en cualquier otro contexto, el diseñador podrá encontrar en la aplicación de este instrumento un poderoso elemento de potenciación de sus posibilidades de creación y desarrollo.

Los sistemas integrados de diseño

La descripción que a continuación haremos de los sistemas integrados de diseño requiere de parte del lector la comparación de sus características y capacidades con las de un sistema convencional de computación gráfica aplicado al diseño. Esta comparación quedará tácita, en general, en el texto que subsigue, por cuanto hacerla explícita implicaría redundar sobre conceptos anteriormente expuestos (ver *summa* N° 161, abril 1981).

Nuestro análisis de los sistemas integrados arrancará de la característica fundamental que los hace posibles: la capacidad de modelación tridimensional de sólidos (*solid modeling*) a partir de la cual se reordenan las capacidades relativas a técnicas de visualización y de representación de los sistemas computacionales gráficos convencionales, adquiriendo nuevas y más poderosas potencialidades.

Modelación tridimensional de sólidos

La manera convencional de almacenar la forma y atributos de un objeto sólido en la memoria de

un sistema CAD consiste en ingresar a la misma la descripción de "dibujos del objeto" pero no un "modelo" del objeto real. A partir de una descripción bidimensional dada en coordenadas x: y en el modo en que opera el CAD convencional, resulta imposible producir cualquier vista del objeto que no haya sido previamente dibujada y almacenada.

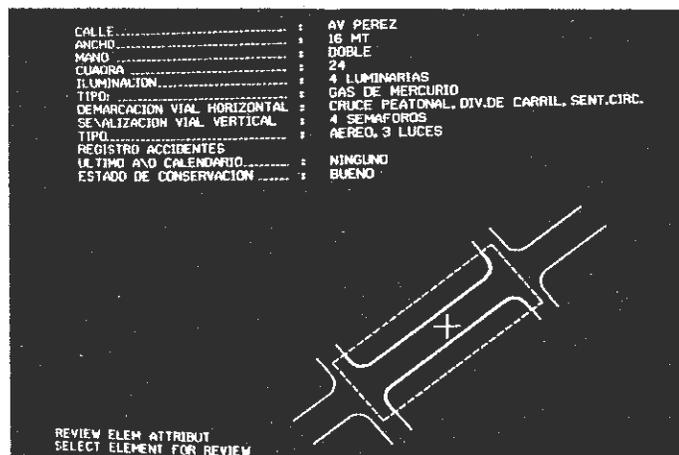
Las formas tradicionales de representación plana fueron mejoradas por los métodos de representación espacial de puntos y líneas, obteniéndose modelos *wire frame* (equivalentes a una maqueta hecha con alambres) a partir de los cuales pueden obtenerse perspectivas con punto de vista arbitrario y proyecciones planas, pero no secciones, ni líneas o superficies ocultas, ni cintas de control numérico para fabricación o maquinado (figura 1). Esta técnica, en general, adolece de las mismas limitaciones que un modelo físico de alambres, o sea no da noción cierta de las superficies que limitan al sólido.

La modelación tridimensional de sólidos, en cambio, es un conjunto de técnicas que permite, tanto para la forma de un objeto como para los datos asociados a la misma, su eficiente almacenamiento

en una computadora bajo la forma de un modelo "real" (algo que podríamos definir como "maqueta electrónica" del objeto) y de modo que resulten accesibles de manera apropiada para los que requieran conocer información sobre dicho objeto o actuar sobre ella (figura 2).

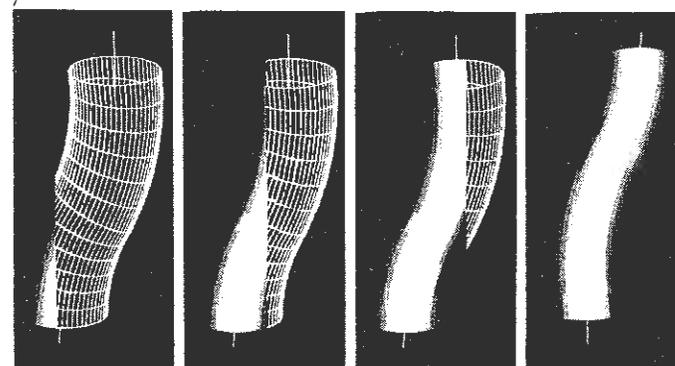
La esencia de la modelación de sólidos está en la capacidad del sistema para decidir si un punto se encuentra dentro, en la superficie o afuera de un cuerpo. Si esta cuestión puede ser resuelta en forma no ambigua, puede decirse que toda otra circunstancia relativa a interrogantes geométricos sobre el sólido puede ser resuelta. En particular resultará así factible que el *software* controle si el objeto diseñado es físicamente posible y si no existen interferencias indeseadas entre sus partes o con otros componentes.

Básicamente, existen dos modalidades para efectuar esta representación: *boundary representation (b-rep)*; *constructive representation (c-rep)*; *b-rep* consiste en definir una secuencia de caras y aristas, todas las que conforman el objeto, incluyendo a veces también los vértices, ligando todos estos elementos geométricos mediante una compleja es-

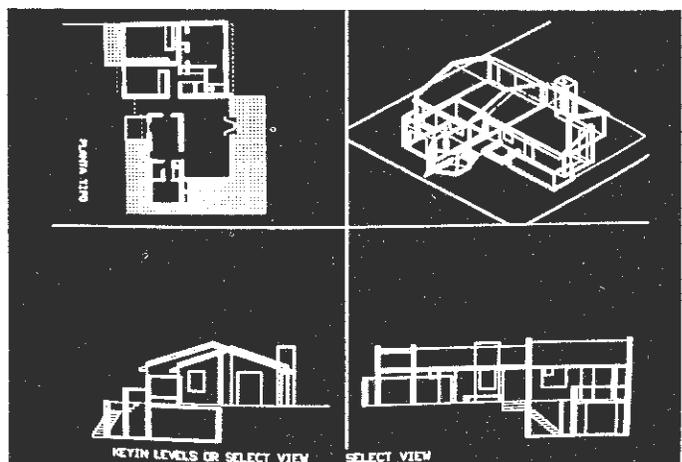


5
Modelo urbano, mostrando la base de datos asociada a una cuadra determinada

6
El modelo mostrado, aun cuando visualmente aparece como *wire frame*, es un modelo sólido al que todavía no se le han eliminado las líneas ocultas



7/7a/7b/7c
Secuencia de imágenes mostrando la eliminación de líneas ocultas y el sombreado del objeto según la iluminación elegida



6

estructura de datos en modo gráfico, en la cual las superficies curvas que no admiten caras y aristas, son representadas por aproximación poliédrica. Puede decirse que el *wire frame* anteriormente descrito resulta un caso particular de este modo de representación; *c-rep* reside en definir un conjunto estructurado de formas geométricas básicas de tal manera que el modelo tiene como una estructura árbol en la cual las "hojas" son sólidos primitivos (objetos geométricos simples) y los nodos son operaciones de tipo booleano (álgebra de Boole)³ o sea uniones, intersecciones, etcétera, mediante cuyos operadores se integra el modelo del objeto a partir de los sólidos primitivos (figura 3). Cada una de estas modalidades tiene distintas virtudes y carencias resultando de mayor o menor aplicación en cada caso, sin un predominio neto de una de ellas como más adecuada para cualquier alternativa.

Entre las características propias de las técnicas de representación tridimensional se destaca la llamada rango de cobertura geométrica, que define la variedad de objetos geométricos representable. El sistema incluye superficies y cuerpos planos, ci-

líndricos, cónicos, esféricos, tóricos y, además (para el caso de *b-rep*), superficies de contornos continuos complejos, no definibles por expresiones matemáticas sencillas y que se representan mediante superficies interpolantes. Son superficies que se ajustan a la forma buscada mediante la determinación de parámetros adecuados, denominadas en inglés *sculptured surfaces*. Otra característica significativa de estas técnicas es la integridad de la representación, en el sentido de que resulte completa e interpretable sin ambigüedades.

La modelación en 3D es finalmente útil cuando ofrece una técnica de construcción y edición del modelo adecuada a las aptitudes de quien la usa. Una "interface" de usuario bien diseñada y que facilite la comunicación con el sistema en los términos usuales de la arquitectura es parte esencial de cualquier sistema de computación dedicado a esta especialidad. La experiencia enseña que los sistemas manejados por menú⁴ son preferibles a los manejados por lenguaje, en los que las instrucciones son ingresadas por teclado según una sintaxis que debe ser memorizada por el usuario.

De todas formas, lo reciente de las técnicas de modelación hace difícil el pronóstico sobre cuáles técnicas de construcción y edición prevalecerán.

Trabajando con menú, se dispone visualmente de una matriz en la cual se pueden seleccionar los distintos comandos, particularmente aquellos que incorporan al modelo elementos geométricos simples como líneas, formas curvas definidas por parámetros, etcétera. Los contornos de superficies pueden ser generados por "barrido" mediante el desplazamiento de una forma a lo largo de una trayectoria (figura 4).

Particularmente, en la generación de un modelo, ayuda el utilizar componentes o partes del mismo previamente almacenados, los que pueden ser invocados o incorporados con el auxilio de ciertos parámetros tales como: un factor general de escala; ubicación y orientación; factores independientes de medida (por ejemplo: diámetro interior de un caño); características de forma (por ejemplo: perímetro exagonal o cuadrado de una pieza de soldo); factores numéricos (por ejemplo: cantidad de paños de una ventana) y color (en caso de sistemas multicromáticos).

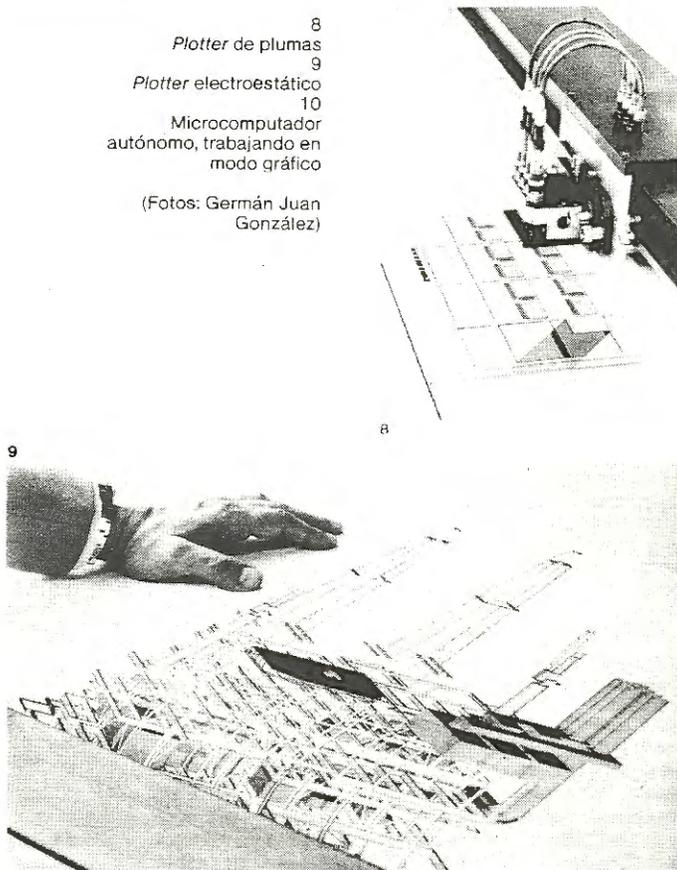
En la carga del modelo, la identificación de los elementos con los que se opera se ve grandemente facilitada cuando existe la posibilidad de "señalar", identificando gráficamente un elemento mediante cursor, en lugar de escribir por teclado su denominación. Así la operación es más ágil y natural. En los sistemas CAD corrientes se usa el señalamiento y solo se nombran los elementos para evitar ambigüedades.

Atributos no gráficos

La actividad de diseño asistido por computadora se ve potenciada cuando puede serle asociada información no gráfica a los elementos gráficos. Esto se realiza almacenando esta información no gráfica bajo una estructura de base de datos donde se la relaciona con los elementos gráficos. Los atributos no gráficos pueden ser datos estadísticos, números de partes, características del material, costos o precios o simplemente textos. Esta información previamente almacenada se incorpora automáticamente a la base de datos en forma simultánea con la carga de los elementos gráficos del modelo; es borrada si el elemento gráfico asociado es eliminado o reproducida si el mismo es copiado, y así sucesivamente.

- 8 Plotter de plumas
- 9 Plotter electrostático
- 10 Microcomputador autónomo, trabajando en modo gráfico

(Fotos: Germán Juan González)



De este modo, unas simples líneas pueden representar un tramo de calle, con un ancho determinado, con cierta señalización luminosa, con sentido de circulación y detalle del número y tipo de accidentes registrados en los últimos años (figura 5).

La base de datos organiza la información de tal manera que, adecuadamente consultada, reporta mediante planillas o resúmenes, pudiendo generarse listas de componentes, cómputos, planillas de locales u otros tipos de informes deseados por el usuario. En este sentido puede ser preparada mecánicamente la entrada de datos a programas de cálculo que complementen el diseño (como es el caso de las mallas de elementos finitos usadas para análisis elástico). También hay aplicaciones al análisis y cálculo de las propiedades de los cuerpos (volumen, superficie, etcétera) y al control de interferencias, sean de tipo constructivo, previniendo que dos componentes hayan sido emplazados en un mismo lugar, como de tipo operativo, por ejemplo: válvulas colocadas de tal manera que su operación se vea obstruida o su acceso bloqueado.

Técnicas de visualización

La naturaleza tridimensional del modelo exige al software capacidades adecuadas de presentación en pantalla, para una efectiva visualización del mismo. En este sentido resulta conveniente disponer de dos pantallas gráficas por terminal, de modo tal que el operador pueda obtener una vista general del modelo en una de ellas y representar en la otra una parte del mismo, mediante el uso de una "ventana" que permita su observación con un mayor nivel de resolución.

Las vistas del modelo, tanto generales como de detalle, pueden ser obtenidas observándolo en la dirección de los ejes coordenados x, y, z, o en una dirección oblicua, o mediante proyección cilíndrica (axonometría) o cónica (perspectiva).

Resulta también de suma utilidad la división de las pantallas en cuadrantes, asignando a cada uno de ellos una vista distinta (por ejemplo: planta, frente, lateral y axonométrica) pues así se observan todas simultáneamente (figura 6). De acuerdo a la modalidad de representación tridimensional, estas vistas mostrarán la totalidad de las caras y aristas del modelo, como si el mismo fuera transparente.

Para obtener una imagen "na-

tural" del objeto deben ser suprimidas del mismo aquellas caras o aristas que resultan ocultas por otras caras ubicadas entre ellas y el observador. Para ello se utiliza un procedimiento automático que determina en el modelo cuáles partes se ven y cuáles no desde el punto de observación elegido, y muestra en pantalla solo las líneas y caras que no resultan ocultas. En forma simultánea, este procedimiento puede, para aquellas superficies que resultan a la vista, efectuar un sombreado de acuerdo con un punto de iluminación adecuado, en función del ángulo entre la normal a cada superficie y el segmento que une la superficie con el foco (figura 7).

Técnicas de representación

De un modo semejante, puede obtenerse la representación sobre papel, mediante el uso de un medio de graficación, sea este un *plotter* de plumas o uno electrostático. En el primero la representación se realiza en modalidad "vector", o sea dibujando las líneas en secuencia, mientras que en el segundo se trabaja en modo *raster* o sea en forma de barrido con el papel desplazándose en una dirección mientras son representados todos los puntos ubicados sobre la normal a esta dirección, en forma simultánea. En las pantallas a color, que pueden mostrar simultáneamente 256 matices sobre una gama de 4096 colores posibles, el efecto de sombreado se manifiesta como degradación del color del modelo, desde un valor máximo hasta un mínimo, en una escala fijada a voluntad (figuras 8 y 9).

Descripción de los programas de aplicación

El software que soporta las capacidades de los sistemas integrados resulta estructurado en conjuntos de programas y comandos asociados por aplicación, denominados "paquetes" por su orientación a determinados aspectos o disciplinas. Así encontramos, por ejemplo, para arquitectura:

□ Producción de Planos de Arquitectura: para la elaboración de planos de plantas, elevaciones, cortes, vistas y detalles complementarios.

□ Producción de Planos de Ingeniería⁵: para la elaboración de planos de instalaciones eléctricas, de ventilación, calefacción y acondicionamiento de aire, estructuras portantes, sanitarios, etcétera.

□ Modelado Tridimensional: para la representación de exteriores de edificios, de interiores o una combinación de ambos.

□ Distribución Funcional: para el estudio de las superficies destinadas a cada función, tales como circulaciones, oficinas, servicios y la consiguiente evaluación y distribución de las mismas.

De modo semejante, existen módulos de aplicación específicos para otras disciplinas, tales como ingeniería mecánica, eléctrica, topografía, exploración petrolera, estructuras metálicas, etcétera. Estos módulos se integran constituyendo un entorno⁶ en el cual la información configura un todo orgánico, en el que los atributos gráficos del objeto almacenado (forma, color) están vinculados interactivamente con los atributos no gráficos (peso específico, momento de inercia, número de catálogo, precio, etcétera).

Conclusiones

Nuevamente corresponde cerrar este artículo, como el anterior, con el despliegue del abanico de posibilidades futuras que abre la realidad de una tecnología en permanente y acelerado cambio.

Podemos decir, casi con seguridad, que el desarrollo más importante que puede ofrecer el futuro inmediato es la afirmación de la tendencia ya iniciada hoy en el sentido del cada vez mayor acrecentamiento de las capacidades de los microcomputadores (figura 10), las cuales ya pueden ser expresadas en términos de megabytes.

Otro importante aspecto en pleno desarrollo es el concepto de conexiones en red, aprovechando las capacidades crecientes de los microcomputadores, mediante su vinculación a los sistemas centrales de gran potencia⁷. Esto significará una gran versatilidad de uso, permitiendo elaborar los aspectos más simples de proyectos complejos en microcomputadores autosuficientes a ese nivel, con la posibilidad de integrar luego ese desarrollo al sistema principal, donde se incorporará, ya procesado, a la compleja totalidad del proyecto. Esto evita sobrecargar dicho sistema, en el que en cambio se desarrollará aquellos aspectos del diseño cuya magnitud como problema requiera el sustento inevitable de un hardware y un software de gran potencia y complejidad⁸.

Otra actividad donde la evolución será sin duda explosiva, es la de la producción de software de sistemas integrados de diseño, cuya potencia y complejidad de concepción irán parejas con su simplicidad de uso.

Finalmente, la reciente aparición en el terreno comercial de los llamados "sistemas expertos" (hasta hace muy poco tema de investigación en universidades y laboratorios), introduce las técnicas de la inteligencia artificial como un nuevo factor de uso, cuyas potencialidades en el área del diseño son ciertamente incalculables. Desde esta perspectiva, no es aventurado vaticinar que no pasará mucho tiempo sin que sea necesario volver sobre esta temática, para su actualización, tal como este texto lo hace hoy con respecto del precedente.

Notas

1. Se trata de un sistema provisto por Intergraph, basado en una computadora VAX 11/780 de DIGITAL, terminales gráficas de doble pantalla fabricadas por el proveedor del sistema, discos de memoria CDC y *plotters* CALCOMP y VERSATEC.
2. Los lenguajes de interface son instrumentos que, a la manera de traductores, permiten que una parte de un sistema reciba en su idioma la información que otra parte emite en el suyo propio. Esta relación puede ser mutua y es aplicable a la vinculación sistema-usuario.
3. Algebra de Boole: definida dentro de la teoría de conjuntos, es la que establece las operaciones entre los mismos.
4. Se denomina menú a un diagrama en el cual se representan en forma tabular las distintas opciones de operación o "comandos" del sistema. Sobre el mismo se señala mediante un cursor.
5. En este caso el término toma la connotación del inglés *engineering* y engloba los aspectos enumerados bajo este ítem.
6. Entendido en el sentido de que las capacidades del sistema para estructurar la información "rodean" al usuario de modo que no requieren de su parte otra intervención que la de introducir los datos, sin necesidad de manipular su organización computacional en los archivos gráficos ni en la base de datos.
7. De hecho, esta etapa ya está comenzando a ponerse en práctica en SADE y DATA, donde se está instrumentando el uso de computadoras personales IBM, complementadas con capacidades gráficas y de modelación 3-D, del tipo VERSACAD y CUBICOMP.
8. Esta evolución permitirá al arquitecto acceder, según sus necesidades y posibilidades a una amplísima gama de sistemas, desde el computador personal hasta las instalaciones de alta complejidad. El primer escalón, el computador personal, puede considerarse desde ahora, por su costo reducido y la magnitud de sus capacidades, un recurso inmediatamente aplicable a la práctica profesional de rutina. Exigencias de proyecto de mayor envergadura pero, en general, de menor frecuencia, podrían solucionarse, entonces, mediante la oportuna conexión a alguno de los grandes sistemas existentes.