

APLICACIONES DE LA COMPUTACION A LOS PROYECTOS DE INGENIERIA

Ing. DIEGO ANDRADE STACEY

CONTENIDO

- Introducción.
- El Desarrollo tecnológico de los últimos años.
- El Desarrollo de la computación en nuestro país.
- Principales aplicaciones de la computación a la Consultoría y a la Construcción.
- Conclusiones.



INTRODUCCION

El vertiginoso avance de la computación, acaso la invención más trascendental del siglo XX después de la Segunda Guerra Mundial; ha hecho que todas las actividades del hombre actual, inclusive las familiares estén hoy en día relacionadas con la intervención del computador.

Es indudable que en todas las ciencias interviene la computación sea para facilitar la ejecución de proyectos, mantener información actualizada, mediante los bancos de datos para ser utilizada oportunamente, para administrar más eficientemente las empresas públicas y privadas, etc.

En la Ingeniería Civil actualmente existen paquetes de programas de aplicación prácticamente en todas sus ramas y especializaciones, esto ha permitido no solamente una mayor confiabilidad en los resultados de los estudios de consultoría sino que ha posibilitado la inclusión de mayores y más especializados análisis en determinados aspectos del estudio. En la construcción, es notorio que para llevar adelante proyectos de la envergadura de los que hoy se tiene en el país, la aplicación de programas de administración y control se hace casi obligatorio.

En consecuencia, la Ingeniería y el profesional actual no pueden estar desligados de la utilización del computador sea como usuarios de grandes Centros de Cómputo o con una dedicación más personal en su propio mini o micro computador.

El Desarrollo Tecnológico de los Últimos Años.

Debemos ante todo distinguir las aplicaciones eminentemente técnicas de la de índole comercial o administrativo que son indudablemente más antiguas.

En la década de los años 60 y en parte de la de los años 70 el desarrollo de la técnica de computadores estaban casi restringida a procesadores pequeños y medianos en capacidad de memoria, no existía aún la multiprogramación ni el tiempo compartido, aún la principal forma de comunicación con el computador estaba constituida por la tarjeta perforada; es decir en definitiva el computador era una máquina misteriosa, desconocida para el usuario y bastante alejada a él. De todas maneras las aplicaciones hechas en esa época aún se conservan y se siguen utilizando en la actualidad, en efecto aún se encuentran hoy en día muchos libros y programas hechos por ejemplo para el Sistema IBM 1130, sistema que lo considero uno de los mejores para su época sobre todo como máquina de aplicaciones científicas pese a su reducida capacidad de memoria principal.

El gran salto que dio la tecnología de los computadores al promediar la década de los 70 con la aparición de procesadores denominados minicomputadores y más recientemente con el advenimiento de los microcomputadores es lo que ha permitido que el hombre esté actualmente más en contacto con el computador que en décadas pasadas. El ingreso o comunicación directa del usuario a través de terminales, la multiprogramación y hasta el multiprocesamiento, todo esto unido a enormes capacidades de memoria directa y de almacenamiento en discos y otros dispositivos son algunas de las ventajas que ofrecen los procesadores actuales y que han permitido que se construyan y generen mayores aplicaciones, que comprenden programas y sistemas que ocupan centenares de k de memoria, en diversos lenguajes de programación.

Aparte de los mini y microprocesadores existen obviamente grandes instalaciones que manejan enormes cantidades de datos. Estas instalaciones indudablemente debe estar concentradas preferentemente en la empresa pública aunque los podemos observar también en los Bancos y tienen otro tipo de aplicación, por ejemplo el contable y comercial. La tecnología actual también está presente en estas instalaciones pero no constituye aparentemente el procesador ideal para que sea utilizado por usuarios particulares como son las empresas de Ingeniería de Consulta o Construcción.

La separación entre grandes, mini y micro procesadores está sobre todo basada en el precio, así un procesador grande es aquel en que el precio está sobre los US. 2'000.000 de dólares, un mini computador oscila en el precio entre los US. 80.000 dólares y los US. 2'000.000 en tanto que los microprocesadores puede adquirirse por valores que oscilan inclusive entre los US. 6.000 o US. 7.000 dólares en adelante hasta un máximo de US. 60.000 a US. 80.000 dólares.

Aparte de esta clasificación referente al precio denominaríamos a los microprocesadores como el computador de tipo personal en vista de que generalmente es una sola persona la que, en la mayoría de los casos, está en contacto

con el procesador a través de la única terminal consola del equipo. De todas maneras actualmente, algunas firmas proveedoras de equipos microprocesadores presentan sistemas con diversos terminales, accediendo desde cada una de ellas al sistema operativo y con diferentes lenguajes de programación. Debido a la comunicación interactiva entre el procesador y el usuario el lenguaje más utilizado frecuentemente en los microprocesadores es el BASIC aunque existen también lenguajes de más alto nivel como FORTRAN, COBOL, etc.

En cuanto a memoria principal presente en las instalaciones una micro o mini pueden llegar a grandes cantidades del orden de los megabytes de memoria (1 megabyte = 1024 k de memoria) y actualmente varias empresas proveedoras de equipos presentan productos miniprocadores con memoria virtual; que es una memoria ficticia creada temporalmente para poder procesar y ejecutar programas de varios centenares de k que excederían las capacidades de memoria normalmente disponibles para el usuario.

En definitiva en la actualidad, el mundo de los procesadores se ha dirigido fundamentalmente hacia los mini y micro computadores debido a su menor costo, su mayor facilidad de manejo y uso, su menor costo de mantenimiento y operación y por sobre todo porque pueden llegar a realizar en la generalidad de los casos el mismo tipo de procesamiento que un computador grande.

El Desarrollo de la Computadora en nuestro país.

Como indicaba anteriormente en el inicio del tema anterior las aplicaciones comerciales y contables han sido las que primero se han implantado en nuestro país mediante la utilización de lenguajes de ese tipo como RPG primero y el COBOL después. Instituciones como el IESS, Ministerio de Finanzas, Banco Central y otras han contado siempre para estas aplicaciones con sistemas grandes del procesamiento de datos.

En lo que a las aplicaciones técnicas se refiere, éstas comenzaron básicamente con los sistemas IBM 1130 en la década de los 60 con la implantación de diversos paquetes especialmente incorporados a esa máquina, entre estos primeros paquetes utilizados aún en la actualidad se tiene al STREES en el cálculo estructural, el COGO y DTM en el diseño de vías de comunicación.

En la década de los 70 y en lo que va de la de los 80, sin embargo el interés ha crecido sobre todo a nivel de nuestras universidades y politécnicas. Es así como numerosas tesis de grado se han desarrollado con temas a los cuales se ha podido aplicar la computación, en diversas especializaciones de la Ingeniería. Esta aplicación de una tecnología propia, de mecanización de conceptos, métodos y teorías de técnicos ecuatorianos es algo que complace sobremanera.

Paralelamente a este aporte nacional, con el advenimiento de procesadores de mayor capacidad fue posible la implantación de paquetes cada vez más sofisticados y completos, es así como actualmente podemos contar con procedimientos

tos computarizados completos relacionados a la Ingeniería estructural, las vías de comunicación, estudios de tráfico, proyectos hidroeléctricos, proyectos de desarrollo, etc.

En esta etapa es también destacable el hecho de que el aporte de los técnicos e ingenieros nacionales ha sido fundamental para llevar adelante estas implementaciones de paquetes o con el complemento a estos paquetes de programas para darles mayor facilidad de uso.

Cabe mencionar por ejemplo el estudio de diseño de la autopista Quito-Alóag-Jambelí, la vía Perimetral de Quito, la autopista al futuro Aeropuerto de Quito; donde en todas sus fases del estudio: tráfico, diseño geométrico, movimiento de tierras, puentes chicos y grandes hubo presente la intervención del computador y, con una teoría bastante sofisticada en el caso de los puentes de grandes luces por ejemplo.

En resumen se puede indicar que en la actualidad, en vista de la facilidad que se tiene de adquirir sobre todo un microprocesador de mediana o gran capacidad, son numerosas las empresas de consultoría o construcciones que disponen de este medio fundamental de ayuda para la profesión como es el computador, y, si bien es cierto existen para la compra numerosos paquetes de programas de aplicaciones de diversa índole, la mayoría de programas son hechos por los propios usuarios o dueños de los equipos de cómputo; esto se ha conseguido por el enorme interés de los profesionales y estudiantes actuales en incursionar en los diferentes aspectos de la programación.

ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

Principales aplicaciones de la Computación a la Consultoría y a la Construcción.

Debemos entender básicamente que la Computación es para la ingeniería en general un auxiliar fundamental en la ejecución de proyectos sean de Consultoría o Construcción. Lo que se pretende con la utilización del Computador es facilitar los cálculos y análisis que se los efectuaba manualmente, tender a un ahorro de tiempo debido a la altísima velocidad con que el computador efectúa operaciones y transferencias de datos y asimismo procurar una mayor exactitud en los objetivos propuestos en los estudios en Ingeniería.

Además de lo expresado anteriormente el uso del Computador posibilita el manejo de grandes volúmenes de información y datos lo que ha permitido el tener análisis cada vez más completos en vista del alto número de variables que es posible manejar.

Es notorio además que con el auge de la automatización a través del uso del computador han vuelto a tener actualidad y han desplazado casi a los métodos aproximados, los métodos exactos de análisis en diversos aspectos de la Ingeniería en general y particularmente de la Ingeniería Civil. Por ejemplo, el planteamiento y resolución de sistema de ecuaciones que está siempre presente en varias especializaciones de ingeniería no presenta mayores problemas actualmente con el uso aun de calculadoras científicas programables, además de la utilización de micro o miniprosesadores.

En definitiva, estos métodos exactos de análisis han permitido la generación de diversos paquetes de programas que pueden ser utilizados eventualmente en el desarrollo de proyectos en Ingeniería.

De acuerdo a las diferentes especializaciones de la Ingeniería Civil, se tiene:

1. — Ingeniería de Estructuras: es acaso la rama en la que se han desarrollado el mayor número de programas de aplicación debido a la total vigencia que tienen hoy los métodos matriciales, tanto con la teoría clásica de los métodos de rigidez y flexibilidad así como con la teoría de elementos finitos. La ingeniería sismo-resistente también ha recibido el valioso aporte de la utilización del computador. Los más utilizados y conocidos en nuestro medio son:

- a) Programa STRESS: desarrollo por el MIT en la década de los 60, permite el análisis de estructuras espaciales y planas mediante el método general de la rigidez, sin embargo, la capacidad en cuanto a número de nudos (128) y elementos (250) es bastante reducida. Otro inconveniente que se presenta constituye la presencia, en pórticos, de elementos de gran rigidez como diafragmas.
- b) El SAP IV: desarrollado en 1973 por un comité Norteamericano-europeo, es un programa bastante completo pues, además de la resolución de los tipos de estructuras convencionales, es posible afrontar la resolución de otros tipos de estructuras más sofisticadas como placas y bóvedas con la inclusión de la teoría de elementos finitos. Además permite el cálculo de ciertos aspectos de Dinámica de la Estructuras como frecuencias y modos de vibración.
- c) Programa STRUDL: este programa, además de efectuar el análisis de 1^a estructura efectúa su diseño en hormigón armado incluyendo esquemas de los refuerzos de hierro inclusive. Este programa fue también desarrollado en el MIT.

- d) Sistema General de Cálculo de Edificios: (Programas TORSION y DELTA)
Este es un conjunto de programas desarrollados en base a la Cadena Abierta Matricial, metodología de resolución de estructuras cuyo autor es el ing. Alejandro Segovia G.

El sistema incluye inicialmente la distribución de la fuerza horizontal total por piso en los diferentes pórticos que componen la estructura. Posteriormente se analiza cada uno de los pórticos a diversos estados de carga. Debido a que la entrada de datos se efectúa directamente con las rigideces de los elementos es perfectamente posible la inclusión de piezas de sección variable, así como de diagramas o muros de corte.

Estos programas fueron desarrollados originalmente en 1974 en la Universidad Central del Ecuador, habiendo sufrido posteriormente diferentes modificaciones y mejoras.

- e) Aparte de los sistemas anteriormente citados cabe resaltar el hecho de que no representa mucha dificultad la elaboración de programas para diseño de elementos en hormigón armado, así como para análisis y diseño de cimentaciones sean aisladas o combinadas.

De igual forma, y en lo que a cimentación se refiere, actualmente se utilizan las vigas continuas de cimentación sobre medio elástico o las losas de cimentación. El auge de estos tipos de cimentación se debe indudablemente a modelo más real de trabajo de suelo al considerarlos como material deformable en vez del modelo de cimentación rígida utilizado frecuentemente en el pasado. Para el análisis de losas o vigas de cimentación se han adoptado métodos de elementos finitos, existiendo también la contribución ecuatoriana mediante la aplicación de la misma metodología de la Cadena Abierta Matricial.

Tanto los programas elementales de diseño como los de cimentación o vigas no requieren para su elaboración de máquinas demasiado grandes, pudiendo utilizarse simples calculadoras programables.

ANALISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS APORTICADAS POR COMPUTADOR

PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS

- Determinación de cargas sobre los elementos.
- Formación de pórticos.
 - Cálculo de rigideces k , k' , α .
- 1.—Alternativa:
 - Cálculo de momentos de empotramiento.
 - Cálculo de momentos de volado.
- 2.—Alternativa:
 - Cálculo de cargas distribuidas o puntuales sobre los elementos.

CALCULO DEL EMPUJE SISMICO

- En dos sentidos ortogonales.
- Luces máximas en cada sentido.
- Centros de masa de cada nivel.
- Distancias de localización de pórticos respecto a un sistema de coordenadas global.

ANALISIS TORSIONAL EXACTO EN PLANTA

METODO: ING. SEGOVIA

RESULTADOS:

- Momentos torsores.
- Excentricidades.
- Centros de rigidez.
- Cargas sísmicas en cada sentido y en cada pórtico.
- Cortes parciales por torsión mayorada o accidental.
- Desplazamientos reales máximos.

ANALISIS SIN TORSION

- Cálculo de cargas sísmicas en cada pórtico y en cada sentido.

ANALISIS DE PORTICOS POR:

- Sismo.
- Carga vertical.
- Cargas de columnas.

OBTENIENDO:

Momentos flectores y cortes en extremos de los elementos y desplazamientos.

DISEÑO DE ELEMENTOS

Losas

Vigas

Columnas

Vigas de cimentación

CONTROL DE OBRA

CPM - PERT

f) En lo que a puentes se refiere la estructura puede idealizarse a fin de utilizar alguno de los programas de índole general como STRESS SAP IV, etc. En lo que ha diseño se refiere pueden también llegar a elaborarse programas de diseño de hormigón preesforzado u hormigón armado. Evidentemente, para puentes especiales, esviados, curvos o de grandes luces la adaptación de la estructura a los programas standar no resulta tan sencillo siendo más conveniente el desarrollo o adquirir programas con ese fin. Cabe destacar, como un valiosísimo aporte de la Ingeniería de nuestro país el sistema desarrollado para el análisis y diseño, en todos sus aspectos, de los puentes de grandes luces tales como los que serán construidos en la Autopista al futuro Aeropuerto de Quito.

2.— Ingeniería de Vías y Transportes: en este campo, la facilidad más importante es la del almacenamiento de la información de datos provenientes del terreno, los mismos que son muy numerosos. En lo que tiene que ver con el diseño geométrico si bien existen sistemas importantes que reúnen en un solo programa un sin número de posibles cálculos que frecuentemente se presentan tales como cálculos de coordenadas, intersecciones, curvas circulares y espirales, etc. es posible también con una calculadora pequeña programable elaborar programas parciales para esa finalidad.

En este campo del tráfico en cambio el aporte de la computación es notable en vista de que nuevamente resulta sencillo el análisis y proceso de las matrices que se obtienen. Todas las conclusiones, de las encuestas de origen y destino pueden ser, asimismo, obtenidas más rápido y confiablemente.

Algunos programas más importantes son:

DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

- a) Programa COGO: este programa permite calcular los principales elementos del diseño geométrico de vías, su aparición corresponde a la década de los años 60 y fue originalmente desarrollado para el sistema IBM 1130.
- b) Programa DTM: es uno de los más utilizados desde hace varios años en nuestro medio y con él se obtienen los resultados de movimiento de tierras, como volúmenes, curvas de masas, etc.
- c) Sistema General de Procesamiento de Vías (Programa GPCP-INGO-OLIK-EWO): Este es uno de los sistemas más completos de aplicación a la Ingeniería Civil y que minimiza el trabajo manual, otrora importante en el diseño de vías.

El programa GPCP no solamente que efectúa el dibujo de la topografía de acuerdo a varios parámetros y cuya variación es arbitraria sino que almacena toda la información proveniente del terreno en forma de puntos a los que asigna las 3 coordenadas (X, Y, Z), de esta forma se dispone de un banco de datos de todos los puntos de la faja topográfica.

El programa INGO efectúa todos los cálculos de las propiedades geométricas de los elementos de la vía, llegando al obtención de todos los puntos importantes de la vía y también al dibujo, en el plotter (grafizador) de estos elementos.

El programa OGLINK es el que genera, a partir del banco de datos creado en el programa GPCP los perfiles transversales correspondientes a la línea de diseño, esto constituye indudablemente un gran ahorro de tiempo en comparación con el trabajo manual que se efectuaba en esta parte del diseño.

Los perfiles transversales generados por el OGLINK sirven para el cálculo de movimiento de tierras mediante el programa EWO.

Finalmente se efectúa en el grafizador el dibujo conjunto del plano que luego de complementarlo puede ser entregado al contratante del proyecto.

- d) Tráfico y Transporte: se había indicado anteriormente que una de las mayores ventajas del uso de la computación en Ingeniería es el hecho de poder introducir otros estudios que frecuentemente antes se los omitía, tal es el caso de los estudios de tráfico y transporte tanto para la planificación urbana como para los estudios de carreteras; toda la abundante información obtenida de las encuestas de origen y destino es procesada en el computador para obtener importantes conclusiones del flujo de tráfico, de las proyecciones futuras de una vía, de la posibilidad de construir sea una carretera, una autopista o un ferrocarril, etc. En la ciudad se encuentran disponibles, entre otros, el programa TRANAL.

DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

3.— Aplicaciones a la Ingeniería Sanitaria e Hidráulica: en estas dos importantes ramas de la Ingeniería Civil existen desde hace varios años programas de aplicación con los cuales se puede hacer el cálculo de embalses, dentro de la Hidráulica o el equilibrio de redes, de la Ingeniería Sanitaria.

En lo que tiene que ver con el análisis y diseño de presas existe en la actualidad la posibilidad de incluir para este objeto la teoría de los elementos finitos, donde se presentan apreciables sistemas matriciales, siendo obligada la utilización del computador. La importancia de la utilización de los elementos finitos radica en lo hecho de que es posible analizar más detenidamente ciertos puntos de concentración de esfuerzos en la estructura, además de poder efectuar el análisis tridimensional de la presa.

Existe también aplicaciones menores en la Ingeniería Sanitaria como diseño y selección de tuberías, caudales, etc.

Nuevamente, grandes cantidades de datos como los que se obtienen en la Hidrología pueden ser manejados por el computador para, mediante el cruce de variables, poder obtener importantes conclusiones.

4.— Otras aplicaciones de la computación: Además de las aplicaciones detalladas anteriormente en las diversas ramas de la Ingeniería Civil, se puede utilizar el procesamiento de datos en diversos proyectos y estudios de factibilidad, proyectos de desarrollo rural, etc., en general, en todos aquellos estudios donde se manejan apreciables cantidades de datos provenientes de encuestas hechas en el terreno. Con estas encuestas pueden obtenerse diversos cuadros estadísticos mediante el cruce de variables o aplicar la información de las encuestas a modelos matemáticos preestablecidos. Para este fin existe un programa estadístico verdaderamente importante que es el SPSS mediante el cual es posible obtener variados cuadros demostrativos con sólo variar muy pocos parámetros en el formato general del programa.

5.— Aplicaciones de la Computación a la Construcción: Hasta el momento se ha hecho referencia a diversas aplicaciones en el consultoría, en la construcción existen también diversas aplicaciones construidas en base a la teoría de PERT-CPM.

En estos programas de aplicación se parte de la lista de actividades con su duración. La máquina entrega como resultado la ruta crítica y otros reportes de control y avance importantes. Los programas más conocidos y existentes en el medio son:

- a) Programa PCS (Project Control System); es uno de los más clásicos, fue escrito para la IBM 1130 originalmente, hacia fines de la década de los 60.
- b) Dentro de los importantes y valiosos aportes de la producción de técnicos ecuatorianos, consta el programa desarrollado por el Ing. Hugo Ruiz para control y administración de proyectos.

Conclusión:

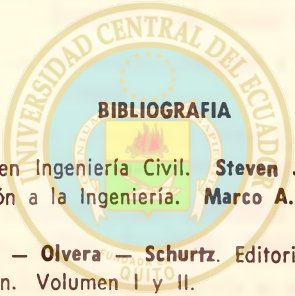
Estas notas han tenido por objeto el presentar una visión más o menos amplia del mundo de la computación y de las principales aplicaciones a disposición en el país tanto en Centros de Cómputo de Instituciones privadas como públicas. Como se indicaba al comienzo de esta nota, el avance de la técnica en la computación, tanto al nivel de Hardware como de software es tan vertiginoso que cada día o inclusive cada hora se están construyendo equipos más sofisticados, con una técnica más depurada a nivel de los circuitos electrónicos; igualmente la investigación que a nivel de universidades y empresas vendedoras de equipos se hace en lo referente a programas permite el contar siempre con un conjunto de aplicaciones igualmente más completas y depuradas.

Para la Ingeniería Civil la utilización del computador como un auxiliar fundamental ha hecho que los proyectos de ingeniería, tanto de consulta como construcción, sean más completos y técnicamente de mayor calidad. La utilización del computador no significa necesariamente una disminución apreciable de per-

sonal, las mismas personas que anteriormente efectuaban trabajos manuales pueden ahora aprender el uso de los paquetes de aplicación, aprender a introducir datos, aprender a interpretar los resultados de la máquina, etc., en definitiva con la utilización del computador se está también procurando actualizar y tecnificar más a nuestra mano de obra.

Finalmente hay que recalcar el hecho de que no es difícil incursionar en la computación, al escribir un programa para un computador se está simplemente escribiendo y grabando un proceso manual para que sea la máquina quien se encargue de repetirlo automáticamente con diversos datos numéricos variables para cada ejecución. Debe recordarse que tanto el computador como los programas son hechos por el hombre, la máquina aventaja al hombre indudablemente en la velocidad de operación; pero efectúa esas operaciones, esos procesos porque ha habido un técnico, un programador de por medio que permite que la máquina trabaje, el computador por sí sólo es incapaz de efectuar cualquier trabajo, por elemental que sea.

La actual era de los microprocesadores indudablemente ha humanizado al computador, por consiguiente, es la hora de tomar contacto con esta maravillosa invención.



BIBLIOGRAFIA

- 1.— Métodos de Computación en Ingeniería Civil. **Steven J. Fenves**. Editorial Limunsa.
- 2.— Aplicaciones de Computación a la Ingeniería. **Marco A. Murray Lasso — Enrique Chicuriel Uziel**. Editorial Limunsa.
- 3.— Métodos Numéricos. **Luthe — Olvera — Schurtz**. Editorial Limunsa.
- 4.— Ciencias de la Computación. Volumen I y II.

ÁREA HISTÓRICA

DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL