

EL ORDENADOR EN LA ENSEÑANZA Y LA ENSEÑANZA DEL ORDENADOR

por J.I. Carbonell, Ing. Minas
J.M. Minguet, Dr. Ing. Minas
R. Portaencasa, Dr. Ing. Te-
lecomunicación

Trabajo presentado al I Congreso Hispano-Luso de Informática
Noviembre 1.971

Hace poco más de veinte años, pequeños grupos de personas, en muy pocas Universidades del mundo, construían y usaban los primeros ordenadores electrónicos; hoy podríamos calificarlos de científicos del ordenador. Actualmente son muy pocas las Universidades de los Estados Unidos y Europa que no disponen de uno o más ordenadores, o que, al menos, tienen acceso a instalaciones del ordenador, pero bastantes han establecido, incluso, Departamentos, Cátedras o cursos monográficos.

En los últimos veinte años, la materia que fue considerada -- inicialmente una actividad de investigación, se enseña en cursos normales a muchos de los licenciados e ingenieros, y ahora, en algunos países, se presenta como materia propia de la segunda enseñanza. El incremento, en el número y variedad de las aplicaciones, justifica plenamente el establecimiento de estas enseñanzas y la creación de Departamento o Institutos de Informática. El otro aspecto de esta justificación reside en el desarrollo de la materia misma y la presencia de una cohesión entre sus diferentes partes.

Los ordenadores resultan interesantes para mucha gente, primero por las cosas que pueden hacer y segundo por la aparentemente misteriosa forma en que lo hacen. Los diversos tipos de enseñanza en una Universidad deben descifrar el misterio y lo desconocido, exponiendo las características comunes de los métodos usados en muchas aplicaciones y, sobre todo, dar a los estudiantes una preparación que les permita asimilar y avanzar en los futuros desarrollos en ese campo. Si admitimos esto, los fines de los Departamentos de Ordenadores son lo mismo que los de otros muchos departamentos científicos. La distinción proviene de a quiénes se enseña, qué se enseña y cómo se les enseña.

Dentro de la población estudiantil podemos establecer cuatro categorías, diferentes en la forma y en el fondo de cursar estas materias. Una categoría es la de aquellos estudiantes que emplean la mayor parte de su tiempo de estudio sólo en ordenadores, los conocidos como estudiantes de Ciencia Superior del Ordenador en América; dentro incluso de esta categoría pueden existir dos subdivisiones perfectamente definidas: la relativa a la parte física de la máquina, el "hardware" del ordenador y la que corresponde a

los programas y sistemas operativos que lo gobiernan, el "software". La segunda categoría es la integrada por aquellos estudiantes que dedican al estudio del cálculo con ordenador una sustancial parte de su tiempo, como un gran competente de sus estudios, pero no con profundidad y amplitud de especialistas. A continuación están los que estudian la asignatura con objeto de poder usar el ordenador como instrumento al servicio de sus propias asignaturas; por ejemplo, físicos, ingenieros, químicos, economistas y alumnos de ciencias sociales y humanas, entre otros. Finalmente están los otros muchos que pueden dedicar sólo muy poco tiempo de sus estudios a este fin, pero que desean alguna introducción al cálculo con ordenador, tanto porque no tienen más tiempo, aunque desearían estudiar más, como por el deseo de ampliar su educación. En nuestro país, algunas de las cátedras de nuestras Escuelas de Ingenieros y Facultades, atienden de modo encomiable desde hace años la mayoría de estos campos. El Instituto de Informática, creado el pasado año, complementará estas enseñanzas.

El gran desafío consiste en las materias que hay que enseñar al especialista. Por un lado, el cálculo con ordenador es una asignatura práctica, y se debe dar a los estudiantes la oportunidad de obtener la mayor experiencia posible; por otro lado, se les debe enseñar materias teóricas, todavía en proceso de rápida evolución. Por el lado práctico, señalemos dos aspectos que introducen una cohesión a los diferentes ejemplos sobre los que los estudiantes pueden trabajar; nos referimos al concepto del algoritmo y al de la organización de recursos.

Un algoritmo es una fórmula que establece sin ambigüedad una secuencia de operaciones, finita en número y definida en cada fase, para permitir a un ordenador alcanzar un objetivo deseado y preciso. Deben de tenerse en cuenta, particularmente, las características de finitud, definición y carencia de ambigüedad. La finitud es esencial para que el proceso termine en algún instante; debe ser carente de ambigüedad y definido para que exista una secuencia precisa de las operaciones prescritas para cada caso que pueda presentarse en la ejecución de un algoritmo. Un algoritmo es preciso para saber cómo son los cálculos de un proceso para valores dados de los parámetros. Un algoritmo es preciso para poder calcular el desglose de moneda que compone la paga de un empleado. Un algoritmo es necesario para determinar, al detalle, los pasos precisos para reconocer un carácter impreso a partir de las señales emitidas por un dispositivo de explotación óptica. Un algoritmo es necesario para especificar las instrucciones precisas para exhibir en perspectiva una imagen sobre una pantalla de tubo de rayos catódicos. Un algoritmo es necesario para poder partir una palabra en un texto por el lugar adecuado, al final de una línea. Un algoritmo es necesario para poder reconocer las diferentes clases de electrocardiogramas, según sus gráficos. Un algoritmo es preciso para especificar las operaciones que implica la composición de música por el ordenador o el juego del ajedrez. No importa cuál sea la aplicación del ordenador, los algoritmos son necesarios y merecen estudio.

El otro concepto cohesivo implica la utilización de los recursos. Todos los ordenadores son finitos en tamaño; algunos tienen más de una parte y menos de otra; pueden tener más almacenamiento de memoria o una impresora más rápida; puede existir una gran variedad de diferentes velocidades, dispositivos de entrada o almacenamiento de datos. La idea de un uso óptimo de los recursos totales lleva implícito los siguientes factores: el "hardware" del ordenador, los recursos humanos de las personas implicadas en la actividad del ordenador, la urgencia de hacer un trabajo y su coste.

Estos son los dos temas principales de todos los de la enseñanza, y aparecen de forma diferente a través de los varios cursos que los estudiantes siguen en todo el mundo. Están referidos al diseño e implementación de sistemas operativos que sean potentes y convenientes para la resolución de varias clases de problemas. Surgen del diseño y de la implementación de sistemas operativos que proporcionen la clase de instalaciones que requieran los usuarios. A nivel de aplicación implican la selección de un método, un lenguaje y posiblemente un sistema, para la mejor consecución de esa aplicación.

Una parte fundamental del proceso de decidir la mejor manera de hacer frente a un problema en un ordenador es la forma en que la información que va a ser manipulada debe ser representada dentro de la máquina. Por ello, el científico del ordenador necesita tener en cuenta las diferentes formas en que los caracteres individuales se pueden representar dentro y fuera de la máquina. En la selección de una adecuada representación influirán primordialmente las operaciones que se ha decidido hacer con los caracteres.

Por ejemplo, si los caracteres han de ser transmitidos a distancia, a través de un canal de comunicación no demasiado seguro, la operación de comprobación de la información transmitida será importante y se podrán diseñar códigos para facilitar estas operaciones. Los procesos de ordenador encaminados a la producción de textos de Braille, o a la composición de música, o a las descripciones de movimientos de ballet y aplicaciones semejantes requieren la representación en el ordenador de formas codificadas. Una aplicación menos especializada es, por supuesto, la necesidad para el diseñador del "hardware" de un lenguaje de alto nivel, para definir la forma en que los números se representarán en el ordenador, de qué tipo de números se abastecerá, qué precisión necesita y cuáles son las consecuencias de sus elecciones.

Se dan frecuentemente aplicaciones que implican gran información. Es necesario almacenar en soportes, que puedan ser leídos por el ordenador, la información contenida en artículos de investigación publicados sobre algún campo de interés científico, por ejemplo, la medicina.

Con determinadas identificaciones se pueden almacenar algunos términos que representan las materias tratadas en el artículo. Si se pretende poder seleccionar para muchos investigadores, con problemas diversos, todos los documentos que les interesan sobre temas particulares, es necesario decidir la mejor manera de representar toda esa información. Debe hacerse algún intento para con-

servar, agrupados de alguna manera, todos esos artículos sobre -- las referidas materias. ¿Cómo establecer las conexiones?. ¿Qué -- clase de conexiones entre las diferentes informaciones serían más útiles?. ¿Cómo se representarían estas conexiones?. Incluso el -- aparentemente simple trabajo de organizar un archivo de informa-- ción sobre asuntos individuales marcados por el nombre o algún nú-- mero de referencia, origina muchas preguntas, como volumen de ar-- chivo, volúmenes de las informaciones individuales, frecuencia -- con que los archivos van a ser consultados, clase de preguntas -- que se les va a hacer, forma en que la información saldrá expues-- ta. Todo ello juega un papel, y el científico del ordenador debe conocer las teorías y los principios que fundamentan tales técni-- cas que tiene a su alcance. Deberá seleccionar siempre la repre-- sentación que sea más apropiada a las operaciones que han de efec-- tuarse. Estas informaciones figuran entre aquellas que cada perso-- na que estudia Informática debe conocer en mayor o menor exten-- sión.

Respecto a los que quieren usar el ordenador como herramienta, la gran mayoría desea, poniéndolo en términos infantiles, hacer -- sumas. Ciertamente, es la primera cosa que muchos de ellos quie-- ren realizar, trabajando en un curso que les proporcione una doci-- ma numérica para alguna de sus asignaturas y al mismo tiempo apor-- te una interesante alternativa para algunos de sus otros estudios. Los licenciados e ingenieros necesitan ciertamente programar en -- un lenguaje de alto nivel. Necesitan también saber algo de lo que podríamos llamar métodos numéricos, es decir, aplicar algunas de las técnicas desarrolladas para analistas numéricos para la solu-- ción de problemas de su área.

Convendría establecer dos separaciones: la primera es prepara-- rar un cuerpo con los problemas numéricos que se presentan en el contexto de la materia principal de un estudiante, pero seleccio-- nándolos cuidadosamente, de forma que ilustren los puntos de los métodos numéricos que se están enseñando, conjuntamente con la -- programación.

La otra es la preparación de los problemas, permitiendo al -- alumno encontrar por sí mismo la forma en que las técnicas numéri-- cas que ha aplicado venturosamente en otros problemas pueden fa-- llar. Es vital inculcar, en estos estudiantes que van a usar los ordenadores en sus carreras profesionales, la necesidad de aprend-- er a descubrir aquellas situaciones en las que precisan ayuda de un analista numérico profesional y distinguirlas de aquellas -- otras situaciones más rutinarias, en las que los métodos que han aprendido producen efectos perfectamente satisfactorios. Claramen-- te, estos cursos deben suponer un amplio trabajo práctico sobre -- ordenadores. Se pueden poner ejemplos a los estudiantes que impli-- quen procesos del texto natural del lenguaje, juegos y combinacio-- nes que proporcionen un vehículo atractivo para la exhibición, an-- te diferentes clases de audiencias, de formas variadas de algorit-- mos y técnicas para la representación de la información.

Por supuesto, los ejemplos más simples se refieren a las frec-- uencias de letras solas, bisílabos y trisílabos en textos, y al descifrado de códigos de sustitución. Las frecuencias de palabras

y de longitud de palabras pueden proporcionar algunas comparaciones entre autores diferentes o estilos de lenguaje distintos. Lo mismo se puede hacer con frases, y el terreno queda trillado para algunos experimentos en la identificación de diferentes autores o de algún texto que se les presente, extendiéndose también a ejemplos tales como la controversia sobre quién es el autor de las epístolas de San Pablo.

Los algoritmos para la identificación de los nombres propios, en un trozo de texto se pueden usar para exponer la dificultad de aplicar rígidamente algoritmos al lenguaje natural y lograr un cien por cien de precisión.

La construcción de diccionarios de concordancia brinda la oportunidad a los estudiantes de organizarlos por sí mismos en los dispositivos de almacenamiento de datos de sus sistemas de ordenador.

Estos son, exactamente, algunos comentarios sobre la clase de enseñanza que creemos debe impartirse en un Departamento de Ciencia del Ordenador. Se ha omitido tratar especialmente de temas más avanzados y especializados, pero es evidente que consideramos la Ciencia del Ordenador, en parte, como disciplina académica, y en parte, como asignatura tecnológica, y que esas dos partes deben combinarse fácilmente.

En España, tal como antes citábamos, son ya muchos los centros docentes superiores en donde se imparten algunos de estos temas; sin embargo, a diferencia de otros países, no se ha avanzado todavía en la introducción de estos estudios dentro de la enseñanza secundaria. Esto, en el futuro, podrá significar un retraso en la formación de nuestros técnicos. Por tanto, es urgente incorporar a ese nivel de la enseñanza los principios de los ordenadores presentándolos como una herramienta para resolver problemas, así como un factor importante en el desarrollo social.

Es evidente que vivimos una época de revolución: la de información lo que implica una ampliación del conocimiento.

El hombre se ve desbordado tanto en calidad como en cantidad por la información.

Esta expansión no hace sino revelar la debilidad de los medios tradicionales, para solucionar los problemas.

La sociedad demanda urgentemente un nivel de enseñanza más elevado. No solamente el número de personas que reciben enseñanza es mayor, sino que los niveles superiores de ella se ven cubiertos por un número creciente de alumnos.

La sociedad basada en la producción industrial camina hacia una sociedad del conocimiento, lo que provoca otra revolución en los conceptos tradicionales de los valores y las opiniones, que inducen a pensar qué es lo que enseñamos, por qué y cómo lo hacemos.

La expansión del conocimiento y los nuevos descubrimientos hacen que ciertas disciplinas pasen al campo de lo histórico y a la

vez dan lugar a la creación de otras.

Se piensa que aproximadamente el 70% de los alumnos actuales ejercerán una profesión desconocida en la actualidad.

La enseñanza tradicional no puede atender estos problemas, ni desde un punto de vista cuantitativo ni cualitativo. Se tiende actualmente hacia programas de estudios más flexibles, adaptándose a las selecciones cada estudiante en particular. Estos programas deberán ser de naturaleza tal, que mantengan al día a los profesionales durante toda su carrera. Tal enseñanza permanente puede ser llevada a cabo mediante cursos de un elevado grado de modularidad, de tal manera que puedan ser apropiados para alumnos de orígenes y conocimientos diferentes. Los cursos deberán suministrarles toda la información según sus necesidades (y aún más), permitiéndoles a la vez abandonar antiguos conocimientos y evitando el grado demasiado elevado de subordinación de los actuales programas escolares.

El ordenador responde a estas necesidades de la enseñanza permitiendo atender realmente a la capacidad intelectual del hombre, puede extender el control a una gran cantidad de datos, permite variar los parámetros observados, controlar gran cantidad de información y desarrollar nuevos aspectos en las unidades de registros interactivos y otros terminales sofisticados.

Pero el ordenador principalmente puede ser utilizado para la construcción de un nuevo estilo de enseñanza. Las actividades de tipo repetitivo o de escritura son efectuadas por el ordenador, dedicándose un mayor tiempo a la actividad creadora. Permitirá a la vez el intercambio con gran número de estudiantes sin motivaciones inquisitorias y el progreso del estudiante será seguido automáticamente y con precisión.

Naturalmente que el ordenador no es la resolución de todos los problemas de la enseñanza. Sólo una utilización crítica puede conducir a los resultados esperados; se deben definir con precisión los siguientes objetivos:

- El método de instrucción, base para el curso.
- La motivación del estudiante con el fin de mantener su atención durante el curso.
- La secuencia y la velocidad apropiadas, a la cual las diferentes secciones van a ser presentadas al estudiante según su historial y capacidad personal.

Naturalmente, esto contradice los métodos clásicos de enseñanza donde en gran medida todos estos aspectos dependían de la intuición del profesor.

Por contra, el formulismo típico del ordenador se opone a la libertad de expresión y la intuición antes anotada.

Existen dos versiones en cuanto a este formulismo.

En la clásica, el profesor utiliza un lenguaje-autor para introducir la materia del curso en el ordenador y analizar las respuestas.

La segunda trata de poner a punto algoritmos que permitan al ordenador analizar un subconjunto del lenguaje natural, eliminando de esta manera el adaptarse al lenguaje-autor. En este último dominio existen numerosas tentativas para hacer posible un soporte de comunicación natural y de uso fácil para el autor-profesor, lo que le permitirá un cómodo empleo del ordenador.

El profesor puede optar por dos modalidades de enseñanza, - bien describiendo una sola unidad de enseñanza o permitiendo un diálogo dentro de un contexto limitado.

La codificación del material del curso en el lenguaje-autor - presenta la dificultad de la falta de experiencia en programación del profesor.

Otro problema es la presentación de largos textos, lo cual no es conveniente para la atención del alumno.

Naturalmente su labor será más eficaz cuando permita respuestas fácilmente codificables y le posibilite una mejor distribución del material del curso.

Existen gran cantidad de géneros de curso, distribuidos según secciones en diversos soportes principalmente discos, y con la posibilidad de llamada según reglas para el avance en el curso, - siendo también posible que el mismo ordenador proponga un problema de acuerdo con el contacto anterior del alumno.

Sin embargo, la razón de más peso y más prometedora de la codificación en lenguaje-autor consiste en la utilización de macroinstrucciones que permiten la codificación de un curso entero con la ayuda de un pequeño número de código de funcionamiento.

Estas macroinstrucciones permiten también el efectuar estadísticas, puestas al día, etc.

Podría calificarse esta enseñanza como de "tutelar" (o de profesor particular) ya que el ordenador actúa como tal, le dirige el curso, critica las respuestas, etc.

Otra vertiente, totalmente diferente permite el trabajar con total independencia, sin ninguna dirección, y pudiendo crear y -- aplicar reglas que expliquen y prevean los fenómenos. No se necesita ningún lenguaje-autor. Cualquier proceso puede ser expresado en lenguaje natural según símbolos especiales con razón económica. A esta segunda faceta pertenecen algoritmos anteriormente citados

Por las conclusiones que a continuación se citan, creemos que lo anteriormente expuesto es aplicable a los centros de enseñanza superior de carácter científico y técnico.

- Los alumnos al ingresar en estos centros deberán poseer ya conocimientos básicos de informática, los cuales deberían ser adquiridos en los cursos inmediatamente anteriores a los universitarios.

- En caso de la imposibilidad anterior, durante el primer curso deberán organizarse seminarios o cursillos obligatorios que le den una idea de las posibilidades que tanto la informática como -

el ordenador pueden darle en el futuro ejercicio de su profesión; también es posible despertar en algunos una vocación hacia estas disciplinas.

- A partir de este momento los alumnos se dividirán en dos grupos principales (excluimos los que ya llamaríamos "informáticos puros"): los que solo utilizarán la informática como herramienta y los que se dediquen a la búsqueda de nuevas aplicaciones de la informática en su ciencia específica.

- Los primeros deberán seguir exclusivamente cursillos y seminarios eminentemente prácticos de las nuevas aplicaciones y posibilidades.

- Los segundos, además de su licenciatura normal, deberán seguir cursos "full-time" de informática permitiendo el disponer de un analista en el concepto que nuestra opinión debe tener este vocablo: conocedor de una rama específica de la ciencia a la cual aplica la informática en sus diversos aspectos, ya que el analista informático puro tendría muchas dificultades al enfrentarse con problemas reales y específicos de una ciencia no cursada.

- Por último, creemos deber señalar sin intentar descubrir nada nuevo que el campo de acción de la informática es mucho más amplio que la sala del ordenador.