



Las ilustraciones del presente texto están basadas en el artículo "Information Revolution", aparecido en National Geographic, vol. 188, núm. 4, octubre de 1995, pp. 5-37.

Las generaciones de computadoras

JESUS LEYVA RAMOS

Mediante su desarrollo, las computadoras han presentado características muy particulares en diferentes periodos llamados generaciones. En la actualidad se consideran únicamente cinco periodos, y el siguiente siglo traerá nuevas generaciones con impresionantes tecnologías.

Antecedentes históricos

Las civilizaciones antiguas, como la caldea, sumeria, babilónica y egipcia, utilizaban de manera cotidiana números, cuentas, representaciones y procesos matemáticos en sus operaciones más elementales. Por su parte, los mayas lograron definir el ciclo lunar con un error inferior a 8 horas en 300 años; los árabes introdujeron el sistema decimal, el más usual de los sistemas numéricos que se utilizan hasta la fecha, y aportaron también el álgebra, punto de partida de la trigonometría, el cálculo integral y diferencial, y otras tantas metodologías matemáticas que constituyen las principales herramientas de los científicos modernos. Además, los griegos también hicieron grandes descubrimientos y aportaciones en este campo.

Tener instrumentos para realizar operaciones aritméticas

ha sido siempre una de las principales necesidades del hombre. Uno de los instrumentos más antiguos e ingeniosos para realizar operaciones es el ábaco, que fue inventado independientemente por los chinos y los griegos entre los 2000 y 3000 años a.C. Este instrumento primitivo, antecesor de las computadoras modernas, consiste en un cuadro rectangular, que tiene varios alambres paralelos, y cada uno de ellos soporta un número de esferitas que se pueden deslizar a lo largo de los mismos. Los romanos llamaron a estas bolitas *calculi*, plural de *calculus* que quiere decir guijarro o piedra, y esta raíz latina ha llevado a la palabra cálculo, que hoy en día es muy usada. Con la manipulación apropiada de las bolitas, un operador experto puede sumar, restar, multiplicar o dividir con sorprendente velocidad. Sin embargo, la ciencia tiene la última palabra y en la actualidad las supercomputadoras más complejas pueden realizar sus operaciones en un billonésimo de segundo.



Un instrumento muy común que fue usado por mucho tiempo para realizar operaciones, aproximadamente durante 350 años, es la regla de cálculo, inventada por William Oughtred en 1621 y basada en los logaritmos neperianos, en tanto que las calculadoras, incluyendo dispositivos tan familiares como las máquinas sumadoras, calculadoras de escritorio y cajas registradoras fueron inventadas más recientemente. Un paso importante en el desarrollo de tales máquinas calculadoras ocurrió en 1642, cuando el matemático, filósofo y escritor francés Blaise Pascal, a los 19 años, cansado de hacer largas sumas, diseñó y construyó una máquina sumadora: la Pascalina,¹ de la que todavía existen auténticos modelos. El concepto primario que introdujo esta máquina fue la mecanización del acarreo, pues sumaba y restaba directamente, pero las multiplicaciones y divisiones se obtenían con sumas y restas repetidas. Durante otros 300 años, este tipo de acarreo automático constituyó el principio fundamental de todos los instrumentos de cálculo, desde el odómetro del automóvil hasta las calculadoras de escritorio.

En el año 1833, el matemático inglés Charles Babbage inventó la llamada máquina analítica, que tiene los mismos principios básicos empleados en las computadoras digitales modernas. Babbage fue tal vez el primer hombre que visualizó una computadora completa de propósito general, con un esquema de programación y una unidad de memoria, la cual tenía el mismo principio de las tarjetas perforadas de Jacquard como entrada y salida, pero por desgracia la computadora de Babbage nunca fue terminada, pues los desarrollos tecnológicos de aquel tiempo no eran lo suficientemente avanzados para producir componentes con las tolerancias requeridas.

En el año de 1854, el matemático inglés George Boole publicó su libro titulado *Una investigación de las leyes del pensamiento, en las cuales están basadas las teorías matemáticas de la lógica y la probabilidad*. Este trabajo sentó las bases del álgebra booleana, en la cual las leyes del pensamiento están representadas de manera matemática. La idea básica de Boole era que si las simples proposiciones de la lógica podían representarse por medio de símbolos precisos, las relaciones entre dos proposiciones se leerían en forma tan exacta como una ecuación algebraica. La intención de George Boole era realizar un análisis matemático de la lógica y no relacionó su teoría con dispositivos mecánicos o eléctricos.

Con posterioridad, en el año de 1899, el americano William S. Burroughs, hijo de un mecánico, inventó la máquina calculadora de multiplicación directa, que se volvería muy popular en todo el mundo, al introducirse en las oficinas como un instrumento eficaz para acelerar la contabilidad. Las máquinas calculadoras mecánicas, que posteriormente se transformaron en eléctricas, se produjeron en serie por importantes compañías y se difundieron con rapidez en todo el mundo de los negocios.

En el año de 1937, en el Instituto Tecnológico de Massachusetts, el americano Claude Shannon describió el empleo de la lógica binaria para simplificar los circuitos eléctricos a base de relevadores e interruptores, y su trabajo dio una base teórica para la utilización de circuitos de cálculo en los procesadores electrónicos numéricos.

En 1944, y después de siete años de estudios, Howard H. Aiken, de la Universidad de Harvard, en colaboración con IBM desarrolló la primera calculadora automática universal, y en ella se aplican parte de las intuiciones de Charles Babbage y la idea de las tarjetas perforadas del telar de Jacquard. Conocida como MARK 1, la calculadora (Automatic Sequence Controlled Calculator) está guiada en su funcionamiento por una serie de instrucciones, y los datos son introducidos mediante tarjetas perforadas en una cinta de papel. Leyendo estas instrucciones y los datos, la máquina continúa trabajando sola sin intervención humana, y da los resultados del cálculo perforándolos sobre tarjetas o imprimiéndolos por medio de dos máquinas eléctricas de escribir. Dicha calculadora usaba una combinación de dispositivos electromecánicos y estuvo en operación por algún tiempo, generando múltiples tablas matemáticas. La máquina de Aiken fue una revolución en su tiempo, pero estaba limitada en velocidad por el uso de relevadores más que dispositivos electrónicos y por el empleo de tarjetas perforadas para la secuencia de las operaciones.

La primera computadora electrónica

Lo que marca el inicio de la tecnología de las computadoras modernas es el hecho de que, en 1943, investigadores de la Universidad de Pennsylvania proponen al Ejército de los Estados Unidos la realización de una má-

quina capaz de resolver problemas balísticos de artillería a alta velocidad. Proyectada por J. Presper Eckert y John W. Mauchly, la calculadora empieza a funcionar en febrero de 1946 con el nombre de ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator), y se emplea para ejecutar, además de los cálculos balísticos, otros trabajos científicos que van desde el estudio de los rayos cósmicos hasta investigaciones sobre energía atómica. En la ENIAC se eliminan las partes mecánicas en movimiento y se sustituyen con bulbos, que se activan mediante impulsos electrónicos e indican las cifras cuando los bulbos están en estado de mayor o menor conducción.

La ENIAC era una máquina grande que pesaba más de 30 toneladas, tenía aproximadamente 19 mil bulbos y cientos de miles de resistencias, capacitores e inductores. Ocupaba un área de 1 400 metros cuadrados y consumía más de 200 kilovatios de potencia; sin embargo, sólo podía ejecutar cinco mil sumas por segundo. Fue construida para desarrollar un trabajo único, el de los cálculos relativos a trayectorias balísticas, pero a fin de resolver un problema diferente era necesario modificar manualmente la posición de los diversos interruptores y las conexiones de los cables eléctricos, empleando gran cantidad de personal durante varios días.

Ya desde 1943, el científico de origen húngaro John von Neumann proyectó en el Instituto de Estudios Avanzados de la Universidad de Princeton lo que hoy es universalmente reconocido como el verdadero prototipo de las computadoras electrónicas modernas. La nueva máquina, que se llamó EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer), está basada en el concepto de almacenamiento de un programa; es decir, registra en su interior no sólo los datos para ser procesados, sino también las instrucciones para su propio funcionamiento, expresadas bajo la forma de números, y de esta manera se pasa de una instrucción a la otra, según las necesidades para resolver problemas diferentes. La máquina de Von Neumann fue producida concretamente en los años subsiguientes y comenzó a funcionar durante 1952 en la Universidad de Princeton.

La flexibilidad operativa introducida por Von Neumann permite el aprovechamiento de una máquina no sólo dedicada a un círculo muy estrecho de matemáticos y científicos, sino que facilita su aplicación para resolver los más variados problemas de orden administrativo, productivo y económico.



co. La máquina se convierte en procesador por su capacidad para ejecutar operaciones aritméticas a altas velocidades, además de procesar cualquier otro tipo de información. Los caminos hasta ahora del todo separados por los científicos para mecanizar sus propios cálculos, y por los hombres de negocios para organizar y elaborar los datos, convergen en una máquina única.

El nacimiento de la computadora, cuyas posibilidades superan en mucho a cuantos inventos habían sido realizados hasta entonces, origina una verdadera revolución científica y cultural, tal como la máquina de vapor lo había hecho posible dos siglos antes, durante la Revolución Industrial inglesa, y a lo largo del desarrollo de la computadora se han visto diferentes periodos o generaciones² que coinciden con algún aspecto en particular.

El desarrollo de las generaciones

La UNIVAC 1 (Universal Automatic Computer) fue la primera computadora electrónica digital disponible comercialmente, diseñada por Eckert y Mauchly en su propia compañía. La IBM entró a la competencia en 1953 con la IBM 701, que era una computadora grande proyectada para uso científico, y en 1954 con la IBM 650, una máquina de tamaño mucho más pequeño, usada para resolver problemas comerciales y científicos, que resultó un verdadero éxito. La IBM 701 fue la iniciadora de las series de computadoras 704, 709 y 7094, que tuvieron gran demanda en la categoría de máquinas grandes.

En 1947, la invención del transistor o dispositivo de transferencia de resistencia por William Shockley y sus colegas en los laboratorios Bell, de Murray Hill, N.J., inició la era del estado sólido en electrónica. El dispositivo estaba basado en el descubrimiento de que el flujo de electricidad a través de un sólido, como el silicio, puede ser controlado agregando impurezas con las configuraciones electrónicas apropiadas, y el bulbo o válvula termiónica era la tecnología dominante para ese trabajo en aquella época. El desplazamiento del bulbo, que es grande y caro, por el transistor pequeño, barato y que consumía poca energía, llevó a la segunda generación de computadoras y más que todo lo anterior mostró que se po-

día hacer extremadamente pequeño. El tamaño y la importancia de la industria de la computación creció a un ritmo acelerado, y así, los costos de las computadoras individuales bajaron de manera sustancial.

Las dimensiones del transistor son de algunos milímetros, en comparación con los centímetros que tienen los bulbos, permitiendo así construir máquinas con decenas de millares de circuitos complejos, contenidos en un espacio muy reducido. También aumenta la seguridad de funcionamiento porque los transistores operan en frío, evitando de este modo las fallas causadas por sobrecalentamiento, que se registraban con bastante frecuencia en los bulbos. En la práctica, la duración promedio de un transistor es por lo menos de 90 mil horas aproximadamente, equivalentes a más de 10 años de trabajo continuo. Casi diez años después, a Shockley y a sus dos colegas de los laboratorios Bell, John Bardeen y Walter Brattain, se les otorgó el premio Nobel de Física en 1956.

En la parte final de la década de los cincuenta, los investigadores desarrollaron en Fairchild el primer transistor plano, y más tarde el primer circuito integrado plano. A Jack Kilby, de Texas Instruments, se le da el crédito por haber desarrollado el primer circuito integrado, y a pesar de que no representaba un avance científico impresionante en aquella época, la invención de este circuito reveló la potencialidad de extender el costo y los beneficios operativos del transistor a cualquier circuito electrónico producido en masa, incluyendo después los microprocesadores.

La tercera generación de computadoras fue introducida en abril de 1964, cuando la corporación IBM presentó su serie 360, usando el término de "tercera generación" como una palabra clave en su publicidad, y ahora permanece para distinguir este tipo de computadoras. En este periodo se comenzó a hacer uso de circuitos integrados, por los bajos precios y la alta densidad de empaquetado de éstos, que también, como el proceso de aprendizaje, condujeron a diferencias en el diseño de sistemas con computadoras; sin embargo, éstas proliferaron y se expandió su industria enormemente.

Las computadoras de la cuarta generación son menos distinguibles de sus antecesoras, y, sin embargo, existen importantes diferencias. La manufactura de los circuitos integrados llegó a ser tan avanzada a fin de incorporar miles de compo-



nentes activos en volúmenes de la fracción de un centímetro, que esto llevó a tener computadoras más pequeñas, de bajo costo, gran memoria y enorme rapidez. Se desarrolló también una nueva tendencia, la de las llamadas microcomputadoras, que son pequeñas, baratas y manufacturadas por muy diferentes compañías y proliferaron a un ritmo impresionante.

Las computadoras de la quinta generación han sido usadas predominantemente en la sociedad de la década de los noventa, porque aparte de procesar información numérica también manejan símbolos, palabras, fotografías y voz; son capaces de manipular el conocimiento, es decir, la información juzgada o acomodada de acuerdo con características intrínsecas de cómo el cerebro humano piensa y organiza sus ideas. Esta clase de computadoras es mucho más que una extensión de la tecnología para empaquetar más circuitos integrados en un pequeño espacio, pero la velocidad de tales circuitos en su presente tecnología llegó a su límite y es necesario desarrollar nuevas arquitecturas. La emergente tecnología de integración de ultra gran escala reduce los costos del equipo, de tal manera que se utiliza el procesamiento paralelo en lugar del secuencial; sin embargo lo que verdaderamente marca la identidad de esta generación es la alta intercomunicación de las computadoras. Las comunicaciones en red se vuelven muy comunes, lo que permite tener acceso a mayor información tanto científica como comercial. El desarrollo de Internet y su mejor ejemplo, la página Web, resulta de verdad impresionante y, por otra parte, las estaciones de trabajo³ surgen como una herramienta con una gran capacidad computacional, respaldadas con la cada vez más creciente incorporación de microprocesadores RISC.

Cuadro 1
Generaciones de computadoras

Generaciones Años	Primera 1946-1956	Segunda 1957-1963	Tercera 1964-1981
Ejemplos de computadoras	<ul style="list-style-type: none"> • ENIAC • EDVAC • UNIVAC I • IBM 650 	<ul style="list-style-type: none"> • NCR 501 • IBM 7094 • CDC 6600 	<ul style="list-style-type: none"> • IBM 360, 370 • PDP 11 • SPECTRA 70 • HONEYWELL 200 • ILLIAC IV • CIBER 205
<i>Hardware</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Bulbos • Tambores magnéticos • Tubo de rayos catódicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Transistores • Memoria de núcleo magnético 	<ul style="list-style-type: none"> • Circuitos integrados • Memoria con semiconductores • Discos magnéticos • Minicomputadoras • Microprocesadores
<i>Software</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Programas almacenables • Código de máquina • Ensamblador 	<ul style="list-style-type: none"> • Lenguajes de alto nivel • COBOL • ALGOL • FORTRAN 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas operativos con PASCAL • Programación estructurada • Tiempo compartido • LISP • Gráficas por computadora
Ejecución	<ul style="list-style-type: none"> • 2 kilobytes de memoria • 10 kiloinstrucciones por segundo 	<ul style="list-style-type: none"> • 32 kilobytes de memoria • 200 kiloinstrucciones por segundo 	<ul style="list-style-type: none"> • 2 Megabytes de memoria • 5 Megainstrucciones por segundo

En el cuadro 1 se presenta un resumen de lo más relevante que se ha logrado en las generaciones hasta la fecha; sin embargo, en algunos casos puede resultar difícil catalogar a cuál desarrollo corresponden en algún periodo en particular. Un desarrollo se puede dar en determinado periodo, pero su evolución se presenta en el siguiente, y el más importante de cada generación es señalado, porque se puede notar que en las primeras cuatro generaciones se presenta en el *hardware*, pero en la quinta es una combinación de *hardware* y *software*.

Características futuras

Es difícil predecir lo que se presentará en las nuevas generaciones de computadoras y cuál desarrollo tecnológico impulsará su creación. Sin embargo, se puede considerar que la sexta generación de computadoras deberá empezar con el inicio del siguiente siglo, a causa del fin del milenio, más que por un avance en particular, pero existen algunas consideraciones que probablemente aparecerán en la siguiente generación.


En forma general, las tres principales disciplinas que harán de esta nueva generación de computadoras una realidad son: 1) la microelectrónica, la cual producirá dispositivos pequeños y extremadamente rápidos, realizados con muy alta integración; 2) la inteligencia artificial, que guiará el desarrollo y la exploración de conceptos y técnicas para sistemas inteligentes, y 3) los sistemas computacionales y de arquitectura, que determinarán el perfeccionamiento del equipo,

los programas y las herramientas relacionadas con los sistemas de trabajo. En este sentido, el estudio de nuevos materiales es evidente y se desarrollarán más circuitos integrados con arsenuro de galio. Existen grandes expectativas acerca de la superconductividad, que puede revolucionar la industria de la computadora, pues, en la nueva generación, los equipos activados por voz empezarán a ser muy comunes, lo que implica un cambio de mentalidad hacia nuevas interfaces. Los diversos campos de la ciencia se verán beneficiados en gran medida, en especial la medicina y el desarrollo tan esperado de la inteligencia artificial que podrá darse finalmente e impulsará a la robótica con resultados extraordinarios.

Al inicio del próximo siglo, la forma como se habrá atacado el mercado cambiará de manera notable,⁴ porque existirá gran variedad de servidores de computadoras y una proliferación de microcomputadoras de propósito específico, que se

Cuarta 1982-1989	Quinta 1990- 1999	Sexta 2000- ?
<ul style="list-style-type: none"> • CRAY Y-MP y X-MP • IBM 3094 • AMDHL 580 	<ul style="list-style-type: none"> • IBM 390 • Cray-3 • NEC SX-3 • VAX 9000 • Hitachi S-3800 	<ul style="list-style-type: none"> • Extensivo desarrollo de sistemas computacionales • Computadoras masivamente paralelas • Desarrollo extraordinario en telecomunicaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas computacionales distribuidos • Integración de muy alta escala (VLSI) • Discos ópticos • Computadoras personales 	<ul style="list-style-type: none"> • Redes de computadoras • Estaciones de trabajo • Computadoras vectoriales • Tecnología RISC • Supercomputadoras VLSI con GaAs • Componentes ópticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Activación por voz • Arquitecturas paralelas • Neurocomputadoras • Nuevas arquitecturas • Superconductividad • Nuevos materiales
<ul style="list-style-type: none"> • Programas de muy amplio uso • Lenguajes con programa-objeto orientado • Sistemas expertos • UNIX • Lenguaje C 	<ul style="list-style-type: none"> • Internet • Página Web • Programas para aplicaciones muy complejas • Alto procesamiento simbólico (lenguaje natural, visión, reconocimiento de voz, planeación, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Grandes aplicaciones en las ciencias en general (medicina, ingeniería, etc.) • Programación altamente funcional • Gran desarrollo de la inteligencia artificial
<ul style="list-style-type: none"> • 8 Megabytes de memoria • 200 Megainstrucciones por segundo 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 a 2 gigainstrucciones por segundo 	<ul style="list-style-type: none"> • 100 gigainstrucciones a 1 terainstrucción por segundo

supercomputadoras y 9) computadoras masivamente paralelas.⁵ Esta industria ha afectado prácticamente a toda la sociedad y lo seguirá haciendo durante mucho tiempo. Algunas compañías están trabajando en computadoras específicas de fácil aplicación, dirigidas a la industria de artículos domésticos, y algunos de ellos empiezan a hacer su debut como televisiones equipadas con acceso a las páginas Web.

Una nueva generación de computadoras deberá emerger en el próximo siglo, basada cada vez más en procesadores de muy alta ejecución. Estos serán usados en gran variedad de aplicaciones, y aparecerán formas muy inteligentes de expresar el paralelismo masivo y la concurrencia. Las redes computacionales tendrán un papel cada vez más importante, no sólo al interconectar a las computadoras sino al comunicar mejor a la gente. 

agregarán a la gran diversidad de computadoras dedicadas a la oficina y a la casa. Así, las minicomputadoras, las computadoras grandes y las supercomputadoras llegarán a ser servidores sobre redes.

Comentarios finales

A lo largo de una historia de más de 50 años de computación moderna ha habido siempre un cambio. La posición actual de la industria es hoy por hoy muy sólida, y nunca ha dejado cosa alguna sola, lo cual condujo al desarrollo de mayor diversidad de equipos computacionales, entre los que se distinguen: 1) computadoras de propósito específico; 2) computadoras personales; 3) computadoras portátiles; 4) estaciones de trabajo; 5) supercomputadoras de escritorio; 6) minicomputadoras; 7) computadoras grandes; 8)

Referencias

- ¹ Bergamini, David. *Matemáticas*, colección científica de Time-Life, México, 1974, Lito Offset Latina, S.A.
- ² Kahn, Robert E. "A New Generation in Computing", *IEEE Spectrum*, Nov., 1983, pp. 36-41.
- ³ Leyva Ramos, Jesús, e Irasela Posadas Díaz. "Computadoras con microprocesadores RISC", *Ciencia y Desarrollo*, vol. XXIV, núm. 139, marzo-abril de 1998.
- ⁴ Juliussen, Egil. "Computers", *IEEE Spectrum*, Jan. 1997, pp. 49-54.
- ⁵ Schaller, Robert R. "Moore's Law: Past, Present and Future", *IEEE Spectrum*, Jun. 1997, pp. 53-59.