

ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE EL PASADO, EL PRESENTE Y EL FUTURO DE LOS COMPUTADORES ELECTRONICOS

Por FEDERICO ALICART GARCES

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

A continuación se incluye la Conferencia de Clausura del "Curso de Análisis y Programación sobre Computadores Electrónicos" pronunciada por el Subdirector del Gabinete de Cálculo del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. En la crónica correspondiente a este número, se incluye un resumen del citado Curso.

"Ilmo. Sr. Subsecretario, señores:

Una personalidad americana que ocupa la presidencia de una muy prestigiosa firma constructora de computadores electrónicos declaró hace pocos años, en 1963, que estas máquinas pueden proporcionar a la Humanidad mayores beneficios que cualquier otro invento.

Si pensamos en la rueda, el arado, la metalurgia, la escritura, la brújula, la imprenta, los motores, etc., quizá nos parezca un tanto exagerada esta opinión e incluso podremos creer que ha sido lanzada únicamente con fines propagandísticos.

Pero conviene advertir que el promotor americano se ha limitado a formular una hipótesis con vistas al futuro, basándose en la historia que ha vivido día a día durante diecisiete años junto a las calculadoras electrónicas y entonces sería injusto negar todo crédito a las palabras de aquel magnate.

Escuchemos ahora otra opinión expresada hace pocas semanas, en el otoño de 1967, por un gran ingeniero americano.

Se trata de John Diebold, investigador y especialista en los problemas de la moderna automatización.

Sostiene Diebold que el computador electrónico es una de las herramientas de trabajo más útiles y potentes de que dispone el hombre, pese a que carecemos todavía de una base teórica de conocimientos suficientemente firme, ni tampoco poseemos una metodología satisfactoriamente estructurada para su empleo.

También manifiesta Diebold que los Estados Unidos han comprendido mejor que Europa el inmenso potencial técnico contenido en la por-

tentosa herramienta y subraya el hecho de que el número de equipos electrónicos funcionando en el viejo continente es muy inferior al americano, y que en trabajos administrativos nos preocupamos casi exclusivamente de las funciones contables con olvido de los grandes problemas de gestión y decisión dentro de una empresa que sólo pueden resolverse a base de los modelos matemáticos y su ulterior procesamiento electrónico.

Dice, finalmente, que los Estados Unidos en el otoño de 1967 disponían de 156 000 analistas y programadores de gran competencia y que en 1970 esta plantilla será elevada a 470 000.

No debemos interpretar las palabras de Diebold como un reproche hacia el espíritu de empresa europeo por ser distinto del americano, ni a nuestros técnicos de dirección, quizá no tan avanzados como los norteamericanos, pero ellas son una advertencia que sería imprudente subestimar dada la altísima jerarquía técnica y científica de tan ilustre ingeniero.

Precisamente este curso de formación técnica en el manejo de computadores electrónicos, al que seguirán otros, son una aportación muy positiva que hace el Ministerio de Obras Públicas para el pleno logro de las transformaciones beneficiosas que las computadoras electrónicas pueden producir en nuestros trabajos técnicos y administrativos a gran escala.

No es empeño fácil para mí resumir en pocas palabras lo que representa este curso organizado por la Subsecretaría de nuestro Ministerio, pero quisiera destacar el acierto de su enfoque, del que dan suficientes testimonios la naturaleza de los temas tratados y las prác-

ticas realizadas que abarcan cuanto se debe conocer en una primera etapa hacia conocimientos tan especializados en su técnica y tan amplios en sus aplicaciones.

Realmente se está buscando la armonía y el equilibrio entre unos medios y unos fines. Los medios, quiero decir, los computadores, son cada vez más perfectos y potentes, y, por tanto, los fines, las metas, han de ser cada vez más ambiciosas y sugestivas.

Gran porvenir aguarda a quienes sepan desenvolverse en este nuevo mundo de las calculadoras electrónicas, a quienes lleguen a dominar cualquiera de sus múltiples facetas como analistas, programadores, codificadores, operadores, etcétera.

Ante ellos se abre un porvenir seguro, satisfactorio e incluso brillante cuando se reúnan ciertas dotes personales, y aunque carezco de toda capacidad profética me atrevo a expresarme con gran optimismo, porque algo he estudiado sobre la evolución del cálculo electrónico durante los últimos veinte años, y en ella he visto un ímpetu y una vitalidad realmente arrolladores.

No creo inoportuno exponer brevemente ante ustedes las líneas generales de este proceso evolutivo que es el pasado de las computadoras electrónicas:

Año 1946.

La Universidad de Pennsylvania da a conocer el ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer), que es el primer computador electrónico del mundo, y con justicia podría llamarse ADAM por ser el primero de su especie.

Cada registro del ENIAC tenía capacidad para diez cifras decimales y sus velocidades de cálculo eran las siguientes:

Una suma en 200 microsegundos.

Un producto en 2,8 milisegundos.

Un cociente en 6 milisegundos.

En la práctica resultó ser un computador de aplicación universal, aunque fue diseñado con el objetivo específico de calcular trayectorias balísticas, integrando sistemas de ecuaciones diferenciales por el método de iteración.

Vemos, pues, que la primera computadora era capaz de hacer muchas más cosas de las previstas por sus diseñadores.

El elemento básico de memoria, es decir, la célula de memoria del ENIAC, era un ingenioso

circuito electrónico basculante a quien se denominó por onomatopeya "FLIP-FLOP", primer término de una jerga que perdura y se universaliza.

El Flip-Flop estaba formado por dos válvulas termiónicas conectadas de manera que en cualquier instante una de ellas y sólo una, fuese conductora.

Se trata de un circuito biestable, es decir, con dos posiciones de equilibrio, a una de las cuales, llamada posición ON, se le asigna el bit 1, mientras que a la otra, posición OFF, le corresponde el bit 0.

Lo notable del Flip-Flop es que conserva indefinidamente su estado, ya sea en ON o en OFF mientras no recibe una cierta señal o impulso, en cuyo momento preciso cambia su polaridad.

Además de la señal de cambio hay otras dos señales llamadas "set" y "clear", mediante las cuales puede ponerse el flip-flop en estado 1 o en estado 0.

El ENIAC contenía 18 000 triodos y consumía 200 CV. de potencia.

La capacidad de su memoria era de 20 números de 10 dígitos decimales cada uno, y todo cambio de programa de trabajo exigía realizar ciertos montajes y conexiones especiales. Era realmente una memoria de gorrión, pues no rebasaba la extensión de dos líneas impresas en un libro de formato ordinario.

Año 1949.

Realiza su primer cálculo automático el EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator), proyectado y construido en los laboratorios matemáticos de la Universidad británica de Cambridge.

Es el primer computador electrónico del mundo que trabaja según programa almacenado en memoria interna junto a los datos numéricos del problema.

Año 1951.

Aparece el UNIVAC I, el primer computador comercial de programa almacenado, proyectado para realizar grandes trabajos administrativos. Fue vendido por la Sperry Rand a la Oficina del Censo de Estados Unidos.

Al terminar este año no llega a 40 el número de computadores electrónicos instalados en todo el mundo.

Año 1956.

Comienza a difundirse la utilización de los computadores electrónicos como instrumento auxiliar de trabajo en el campo de la ingeniería civil.

Año 1957.

Culminando tres años de investigaciones, se da a conocer la primera versión del FORTRAN sobre una computadora IBM 704.

Es el primer lenguaje de programación automática orientado hacia el problema, es decir, con vistas a facilitar la comunicación entre el hombre y la máquina, comunicación que se hacía prácticamente insostenible cuando se trataba de resolver problemas numéricos muy complejos.

En Europa hay 140 equipos instalados, de los cuales 75 corresponden a Inglaterra y 55 a países del Mercado Común (15 franceses).

Año 1958.

Aparece el COBOL (Common Business Oriented Language), que es el primer lenguaje automático hacia problemas de tipo comercial y administrativo en contraste con el FORTRAN, que se orientaba hacia los cálculos científicos.

Al final del año funcionan 300 equipos en Europa (35 en Francia).

Año 1959.

Surge la idea trascendentalísima del time-sharing, a la que nos referiremos más adelante.

Son 485 los equipos instalados en Europa (60 en Francia).

Año 1960.

Como resultado de los estudios realizados por una comisión internacional de siete países, seis de los cuales eran europeos, se da a conocer el ALGOL (Algorithmic Language), que es otro lenguaje de tipo científico, sin duda más poderoso y flexible que el FORTRAN.

Año 1963.

Aparece el STRESS (Structural Engineering Systems Solver), que es el primer lenguaje orientado hacia los problemas de cálculo de estructuras ingenieriles.

El número de equipos electrónicos funcionando en todo el mundo excede las 16 000 unidades, y su valor rebasa los 7 000 millones de dólares.

Año 1967.

Aunque su construcción fue iniciada en 1965, se generalizan los computadores contruidos a base de circuitos integrados o micromódulos, en los cuales desaparece toda individualización de piezas heterogéneas como las resistencias, las capacidades, los diodos semiconductores y los transistores. Cada micromódulo llega a tener más de 40 componentes y las interconexiones se realizan automáticamente sin el empleo de soldaduras, con lo cual se disminuye el riesgo de averías.

Las dimensiones cúbicas de los computadores en veinte años se han reducido en la proporción de 1/20 000.

Los 200 CV. del primer ENIAC se han convertido en los 14 kW. de nuestra 1130 IBM, muchísimo más potente que aquélla.

En noviembre de este año había 51 000 computadores americanos funcionando al servicio de distintos países, a los que debemos agregar otros 26 332 pedidos pendientes de inmediata entrega, y todo el censo de máquinas que están trabajando al otro lado del telón de acero. En España existen unos 300 equipos en servicio.

Hemos pasado por alto otros hechos muy importantes con propósito de abreviar nuestro relato.

El resultado de todo ello ha sido la creación de una nueva tecnología que se está desarrollando con una pujanza y un ritmo que no tiene precedentes en la historia de los grandes inventos y que ha encontrado multitud de aplicaciones prácticas en casi todas las ramas de la actualidad científica e industrial, política, social y económica, en oficinas, centros educativos y de enseñanza elemental y superior, en las investigaciones biológicas, históricas, arqueológicas, espaciales, etc.

En el número correspondiente a junio 1967 de la revista americana *Computers and Automation* puede leerse una lista que contiene más de 1 200 títulos distintos sobre aplicaciones de los computadores electrónicos, conseguidas antes de que la primera máquina con programación interna haya cumplido los veinte años de edad.

Ciertamente que han sido veinte años de

sensacionales progresos, pero aun siendo mucho lo conseguido mayor es todavía la tarea a realizar.

En primer término se quiere abaratar el costo de los computadores o al menos su costo de explotación en régimen de servicio público o privado. También es preciso simplificar la comunicación entre el usuario y la máquina, propia o ajena, instalada junto a nuestra mesa de trabajo o a muchos kilómetros de distancia. Se trata de comercializar los métodos del time-sharing y del teleproceso.

Estos dos problemas son muy urgentes y de indudable importancia, pero quedan otros por resolver mucho más trascendentales a largo plazo.

En todas estas cuestiones hay que distinguir dos aspectos básicos de los computadores electrónicos digitales: el *hardware* y el *software*.

Se trata de dos vocablos usados en la jerga profesional norteamericana que son de muy difícil traducción a otras lenguas, sobre todo las greco-latinas, y por eso creo que, de momento, debemos aceptar estos y otros barbarismos, en homenaje a los grandes maestros que utilizan dichos vocablos.

Permítanme una breve digresión de tipo lingüístico.

Como saben ustedes, *hardware* en sentido estricto expresa chatarra, quincalla, y etimológicamente significa cosa dura. En cambio, en ninguno de los diccionarios clásicos o técnicos de lengua inglesa o americana que he consultado figura la palabra *software*. Evidentemente es un neologismo significativo de lo que no es chatarra, ni quincalla, ni cosa dura.

Software es un antónimo de *hardware*. En el "Dictionary of Data Processing", editado en tres idiomas por Elsevier (1964), se dice lo siguiente:

Software: aides a la programmation.

En el vocabulario de IFIP-ICC (International Federation for Information Processing-International Computation Centre), editado en 1966, se dice:

Software: Programas y lenguajes asociados a un computador para facilitar su uso.

En el vocabulario (inglés-francés) editado en 1965 por IBM se dice:

"*Software*: Término de origen argótico, no traducido al francés, que designa el conjunto de programas generales y de sistemas de explotación asociados a una familia de ordenadores."

Hardware es, por consiguiente, el conjunto

de elementos físicos y materiales de un sistema electrónico, es decir, toda la maquinaria con sus unidades central, aritmética-lógica, de control y las periféricas; el enjambre de circuitos con sus válvulas de vacío, sus tiratrones de cátodo frío, sus diodos semiconductores, sus transistores, etc., etc.

El *hardware* es como el cuerpo del computador.

El *software* se refiere a algo más espiritual y etéreo, como son los sistemas de programación, los lenguajes, los métodos, los recursos que abren una vía de acceso entre el hombre y la máquina para transmitir nuestras órdenes e incluso para dialogar con ella.

El *software* es quien da realce y nobleza a las funciones de aquel montón de cables y chararra. Si comparamos el *hardware* con una pianola automática o un tocadiscos, el *software* sería los rollos de papel con las notas perforadas o los discos con sus grabaciones musicales.

Hay ingenieros especialistas en *hardware* e ingenieros especializados en *software*.

Ambos campos son igualmente necesarios y se complementan para un mejor servicio de la nueva tecnología.

En uno y otro aspecto se han realizado enormes progresos durante los últimos veinte años, pero, si hacemos un cuidadoso balance, creo que el saldo es más favorable al *hardware*.

Quiero decir que las computadoras modernas son capaces de hacer mayores maravillas, y si no las realizan es porque no sabemos establecer una más íntima y fácil comunicación con ellas a través de un *software* más flexible y perfeccionado; ésta es una de las principales tareas a realizar durante los próximos años.

Como su mismo nombre indica, una computadora, en el fondo, no es otra cosa que una máquina de contar.

También un rosario, si lo despojamos de su sagrado simbolismo, se reduce a una máquina de contar una sucesión de preces.

La computadora electrónica cuenta impulsos o haces de electrones lanzados desde un reloj, el verdadero corazón de la máquina, que en el primitivo ENIAC del año 1946 emitía 100 000 latidos por segundo.

Claro que no se trata de reloj mecánico ordinario sino de un dispositivo electrónico, llamado oscilador de frecuencia, mediante el cual la tensión en cualquier punto en conexión direc-

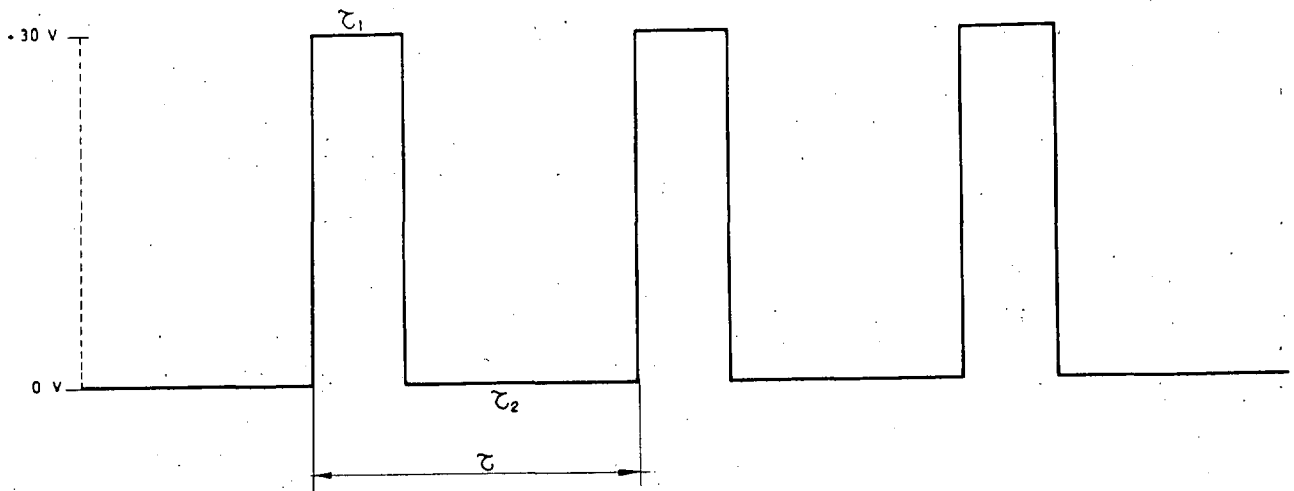


Figura 1.^a.

ta con el oscilador pasa bruscamente de un nivel alto a un nivel inferior según indica la figura 1.^a.

τ es el tiempo que corresponde a un latido completo; τ_1 es la duración de una sístole y τ_2 la duración de una diástole.

$\tau = \tau_1 + \tau_2$ es la duración de un ciclo de computador; lo que se llama tiempo-ciclo.

Cada latido es como una señal emitida por el oscilador que llega con la velocidad de la luz

y prácticamente sin deformación a todos los terminales de los circuitos en conexión directa con el oscilador.

Pero supongamos que entre oscilador y terminal hay una puerta que se abre o se cierra cuando termina un latido y no ha comenzado todavía el siguiente.

Entonces se ve que a ese terminal pueden llegar señales de dos tipos, que se representan en la figura 2.^a.

Cada una de estas señales elementales recibe el nombre de bit.

Así aparece el bit 1 y el bit 0 que nos ofrece una clave numérica, muy sencilla, para codificar cualquier tren de impulsos llegados a un terminal.

Así, por ejemplo, el tren ondas que aparece en la figura 3.^a significará el mensaje cifrado 11011.

En la práctica suelen ser $\tau_1 = \tau_2$, sin embargo, para mayor claridad de la exposición hemos supuesto $\tau_1 \neq \tau_2$.

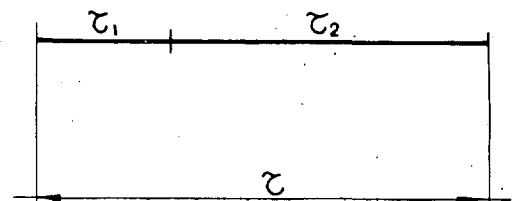
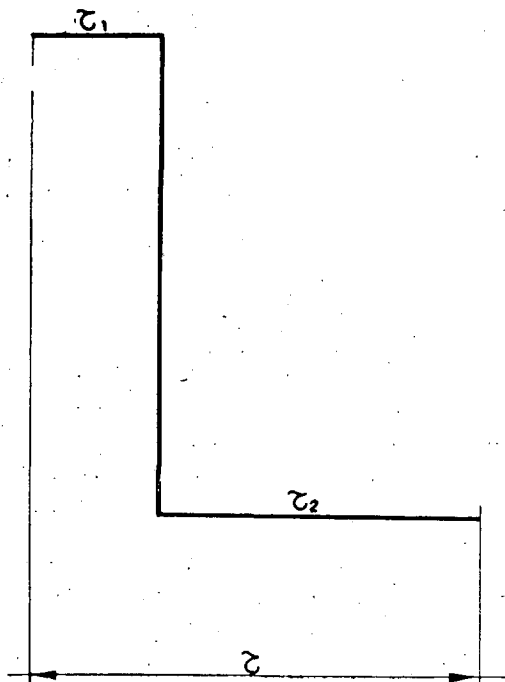


Figura 2.^a.

El *hardware* del EDSAC ya representó un avance considerable respecto al ENIAC, pues su ciclo es de $2 \mu s$ y la duración de cada sístole o diástole es de $1 \mu s$.

Los computadores modernos ya tienen ciclos del orden de los nanosegundos o sea de las milmillonésimas de segundo, es decir, que las frecuencias de oscilación se han multiplicado por 10 000 en el transcurso de veinte años.

Este progreso ha permitido reducir muy significativamente el tiempo de acceso y el tiempo de operación propios de un computador.

estas tres operaciones con simple precisión, es decir, con datos cuyo número de cifras decimales o binarias corresponde a la longitud de la palabra propia del ordenador.

Conviene puntualizar que en los tres tiempos operativos básicos (suma, producto y cociente) no intervienen los tiempos de acceso, de modo que los valores prácticos para determinar el tiempo máquina de un proceso numérico se obtendrán por la fórmula:

tiempo operativo + 2 tiempo de acceso.

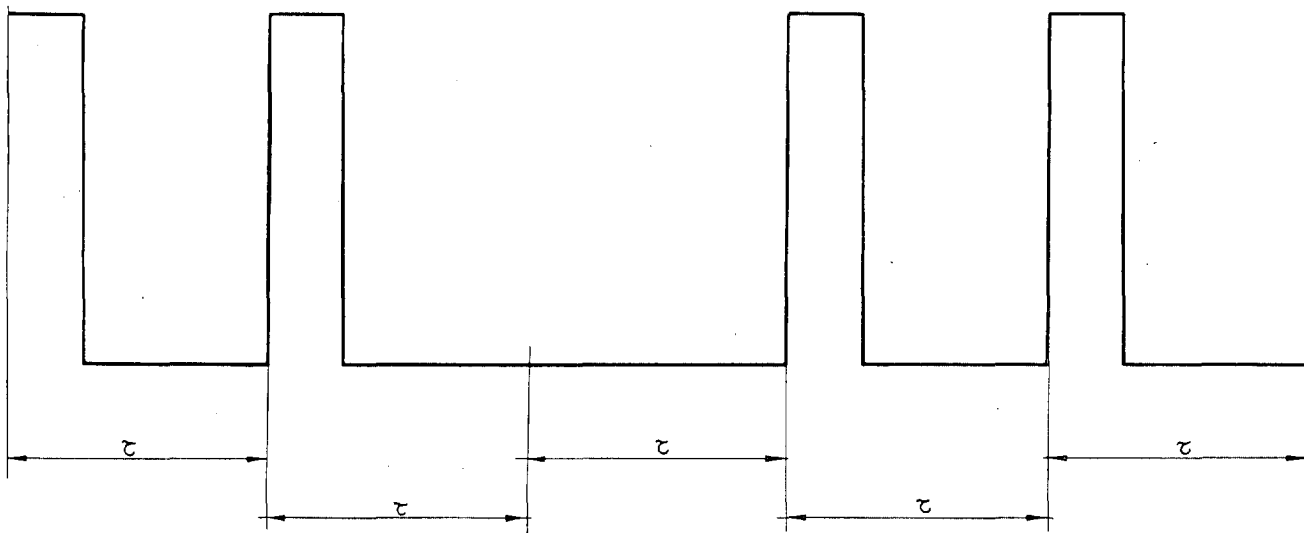


Figura 3.^a.

Muy ligado al llamado tiempo-ciclo está el tiempo-acceso, que es el valor medio del tiempo transcurrido desde que el programa pide el envío de cierta información a la unidad aritmética hasta que dicha información ha sido localizada en memoria y transmitida a aquella unidad.

Existe también el tiempo de acceso inverso, es decir, el que marca el paso desde la unidad aritmética a la unidad de memoria.

Ambos valores son pequeñísimos y sensiblemente iguales; ellos representan una característica muy importante del *hardware* de un computador. Es el llamado, simplemente, tiempo de acceso.

Otras tres características son, el tiempo-suma, el tiempo-producto y el tiempo-cociente que son los valores medios de los tiempos empleados por la máquina para efectuar cualquiera de

Ordinariamente suele darse el promedio del número de operaciones que es capaz de realizar la máquina en un segundo.

La situación actual del *hardware* en este orden de ideas es la que se resume en los cuadros adjuntos, que se refieren, exclusivamente, a computadores que pueden adquirirse en el mercado y son bien conocidos por los profesionales.

Examinando ambos cuadros, se descubre un grave desajuste entre las velocidades de trabajo de la unidad central y de las unidades periféricas de cualquier computador moderno.

Consideremos el caso de una computadora pequeña, cuyo tiempo-suma es $1/15\,000$ seg., cuyo órgano de entrada y salida de información es una máquina de escribir montada en consola, trabajando a razón de 10 pulsaciones o caracteres por segundo.

Prácticamente nos encontramos en la situación de una oficina con dos empleados: el calculista y el mecanógrafo.

El mecanógrafo le dicta los datos al calculista quien, como hacía el gran Inaudi en el madrileño Circo de Price, da los resultados de memoria para que los imprima el mecanógrafo o sean anotados en una pizarra a la vista del público.

Modifiquemos la escala de tiempos multiplicándola por 15 000, es decir, que un segundo de nuestra nueva escala equivaldrá a 15 000 segundos naturales.

Hagan ustedes una sencillísima regla de tres y comprobarán que nuestro calculista hace una suma en un segundo, pero los sumandos le son dictados a razón de un dígito cada veinticinco minutos y, para colmo, los resultados son transcritos con la misma desesperante lentitud.

Se comprende que una oficina trabajando de esta forma no reúne las mejores condiciones para desarrollar su pleno rendimiento.

Si se trata de un computador rápido que realiza un millón de sumas por segundo, equipado con una impresora ultra-rápida de 1 500 líneas por minuto, a razón de 132 caracteres cada línea y cuyo funcionamiento causa verdadero asombro a quien lo contempla, la desproporción se atenúa un tanto, pero sigue siendo inadmisibles.

Multiplicando ahora por un millón la escala de tiempos resulta que el contable hace una suma en un segundo, pero los resultados, por culpa del perezoso mecanógrafo, llegan hasta nosotros al ritmo de una cifra cada cinco minutos.

PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LAS COMPUTADORAS ELECTRONICAS MODERNAS

CUADRO NUM. I. — *Velocidades operativas.*

Tipo de operación	Unidad de velocidad	Velocidad máxima	Velocidad mínima
Suma	Operaciones por seg.	1 000 000	15 000
Producto	» » »	400 000	5 000
Acceso a la memoria interna . .	» » »	13 000 000	120 000
Ejecución de una instrucción	» » »	1 300 000	16 000

CUADRO NUM. II. — *Unidades periféricas.*

		Velocidad máxima	Velocidad mínima
Lectora } Perforadora }	cinta de papel.	caract. 1 000	10
		segundo 240	10
Lectora } Perforadora }	tarjetas.	tarj. 2 000	85
		minuto 360	100
Impresora		líneas 1 300	20
		minuto	
Lectora-grabadora de cinta magnética. . .		caract. 2 900 000	150
		segundo	
Lectora óptica		caract. 2 300	2 300
		segundo	
Lectora de caracteres magnéticos		caract. 3 200	1 800
		segundo	

La causa del desarreglo es perfectamente clara; los órganos centrales de las modernas calculadoras carecen de partes materiales móviles, pues lo único que allí se mueve son los electrones, cuya inercia es prácticamente nula y las compuertas que les abren o les cierran el paso son simples cambios de polaridad eléctrica; en cambio, en las unidades periféricas siempre hay algún elemento material, fichas, cintas, teclas, pulsadores, que se mueven con mayor o menor inercia, pero siempre a paso de tortuga.

La manera radical de resolver éste problema sería electrizar el funcionamiento de todas las unidades periféricas, suprimiendo las piezas móviles, donde se producen los cuellos de botella que estrangulan dos veces el tráfico de la información, una vez a la entrada y otra a la salida del procesador.

Una solución de emergencia aplicada en los modernos computadores es la multiprogramación obtenida conectando una diversidad de unidades periféricas a través de canales distintos con una misma unidad central.

Esta solución, referida al ejemplo de nuestra oficina, equivaldría a ampliar la plantilla de mecanógrafas al servicio de un mismo conta-

ble, sistematizando convenientemente el trabajo del equipo.

Se trata, pues, de efectuar modificaciones y acoplamientos, tanto en el *hardware* como en el *software*, para conseguir la máxima productividad del sistema electrónico, aunque ella ya es muy satisfactoria e incluso sorprendente en las instalaciones actuales comparándola con los métodos del siglo XIX, que aún no han sido totalmente abandonados.

amasado con el agua y la salida del hormigón. Mientras no terminaran las tres fases de cada fabricación no podía comenzar la siguiente amasada.

En las computadoras electrónicas existen también las tres fases: entrada de datos, elaboración o procesamiento de datos y salida de resultados.

Un diagrama de este trabajo es el siguiente, figura 4.^a.

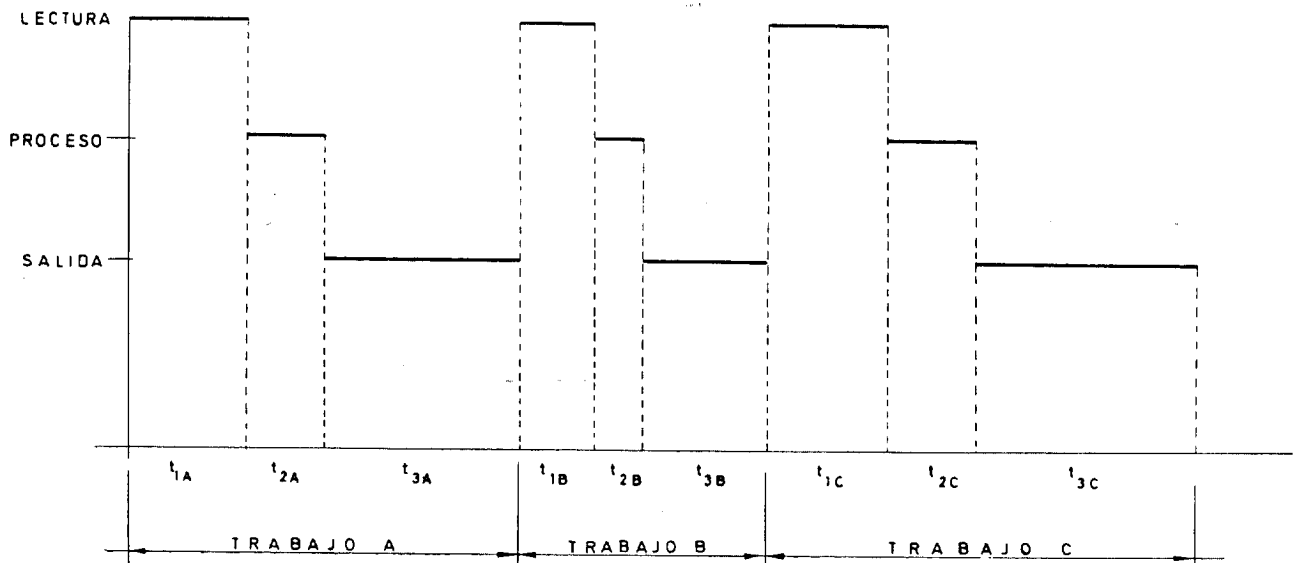


Figura 4.^a.

El empleo de cintas magnéticas, memorias de acceso selectivo y memorias intermedias, han permitido corregir hasta cierto punto tales anomalías.

Citaremos concretamente el caso de una empresa cuyas nóminas semanales, afectando a mil empleados, requerían alrededor de cincuenta horas hombre de preparación manual. Empleando un IBM 1401 se tarda actualmente veinticinco minutos en formalizar dichas nóminas con una plantilla de dos funcionarios dedicados a este servicio junto a la máquina.

Hasta una fecha muy reciente todos los centros de cálculo electrónico funcionaban según el método secuencial que los americanos llaman el *Batch System* y cuya traducción literal es *sistema de la amasada*.

En efecto, cada amasada de una hormigoneira tiene tres etapas; la entrada de áridos, su

El programa A queda ejecutado en el tiempo:

$$T_A = t_{1A} + t_{2A} + t_{3A}$$

pero la unidad aritmética, la más costosa y delicada, la que conviene sea amortizada en cinco años, ésta no trabaja durante el tiempo:

$$t_{1A} + t_{3A}$$

mientras hay una cola de trabajos esperando ser introducidos en máquina.

Es posible que el tiempo de parada por programa sea de algunos minutos, pero téngase en cuenta que los gastos de explotación y amortización de un computador IBM de la serie 360, por ejemplo, asciende en promedio a 15 000 dólares mensuales para el modelo 360/40 y a

140 000 dólares mensuales para el modelo 360/90.

Una máquina tan costosa no puede permitirse el lujo de estar en situación de parada cuando es posible evitarlo.

A ello tiende la multiprogramación que es el tratamiento simultáneo de varios programas dis-

leproceso, del *time-sharing*, ni del proceso en tiempo real, cuya comercialización constituye el más inmediato futuro de las computadoras electrónicas.

Pero es tan asombroso cuanto sucede que no resisto la tentación de decir dos palabras sobre las máquinas de proceso en tiempo real.

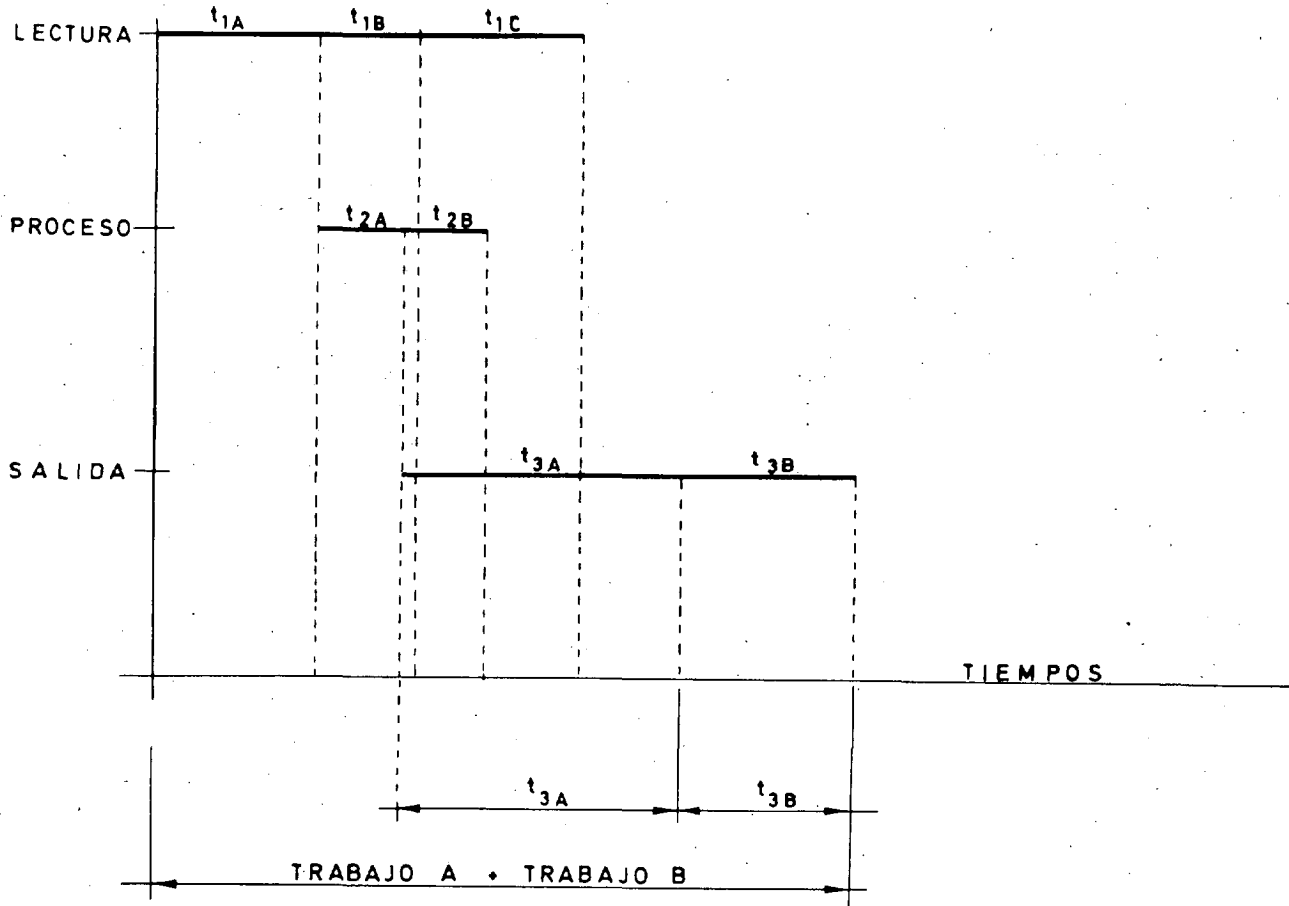


Figura 5.^a.

tintos a cargo de un único computador con un evidente aumento de rapidez que puede observarse comparando los diagramas 4 y 5.

Viene a ser como el milagro de una hormigonera que fuese capaz de fabricar a la vez y sin interferencias cuatro o cinco amasadas de hormigones de composiciones distintas.

Un programa monitor se encarga de coordinar los trabajos de manera automática.

No es un discurso de clausura el momento más oportuno para hablar con todo detalle de la multiprogramación, del multiproceso, del te-

Se inició su diseño hace unos quince años para facilitar las investigaciones del vuelo de aeronaves en túneles aerodinámicos.

Los resultados fueron tan satisfactorios que pocos años después se utilizaban por la Great Northern Railroad para controlar en tiempo real los movimientos y situaciones de los vagones de carga dentro de su extensísima red.

Muy pronto las fuerzas armadas norteamericanas lo aplicaron al control de vuelo de los cohetes teledirigidos.

Este problema exigía un planteamiento ma-

temático muy difícil y delicado, puesto que el cohete en su trayectoria y el computador en el suelo debían mantener un doble enlace permanente de señales emitidas por el cohete, mediante las cuales el computador deduce cuál es la velocidad y posición instantánea del proyectil y puede a su vez lanzar sus señales de control para que el cohete conserve o altere las condiciones de su vuelo.

El tiempo transcurrido desde que un mensaje es emitido por el cohete hasta que llegan a él las órdenes del computador, sin intervención humana, es de pocos microsegundos.

La aplicación de esta técnica a los modernos problemas de tráfico urbano e interurbano será interesantísima, aunque en este caso aparece como magnitud incontrolable el comportamiento del factor humano hacia las órdenes emitidas por un robot. En cambio, el proceso en tiempo real funciona perfectamente para el control y reserva de plazas en las líneas de transportes aéreos.

De todas formas, los sistemas procesadores en tiempo real se irán difundiendo a medida que se abaraten las memorias directas y rápidas y se simplifiquen las técnicas de programación mediante nuevos lenguajes automáticos.

Los resultados prácticos de los procesos en tiempo real causan asombro por doquier, pese a que una crítica constructiva de los programas utilizados en cálculo electrónico general descubre demasiadas huellas de los viejos métodos de contabilidad cuando los asientos se anotaban con plumas de ave.

Pero este hecho es tan natural que a nadie extraña, pues también los primeros automóviles se parecían mucho a los antiguos coches de caballos, hasta que surgió la moderna industria del automóvil.

También se producirá evolución análoga con la introducción de las computadoras en la vía administrativa.

Las máquinas actuales con su flexibilidad se pliegan a los modos y procedimientos clásicos, imprimiéndoles una enorme rapidez, pero cuando se haya superado esta primera etapa, cuando el funcionario consiga familiarizarse e identificarse con las nuevas herramientas de trabajo y éstas se hayan simplificado, podrá intentarse aquella radical transformación de las oficinas y del quehacer burocrático permitida por las máquinas e imperativamente exigida por las actuales y futuras necesidades sociales.

Claro que no me estoy refiriendo a una pequeña oficina de corto alcance.

En el sector privado y en el ámbito oficial existen niveles a partir de los cuales en un día no lejano habrá que hacer un reajuste de procedimientos burocráticos.

Pensemos que hasta fecha muy reciente todo el material de oficina, prescindiendo de la estilográfica y los bolígrafos, de la máquina de escribir, del teléfono, de los archivadores metálicos y algún otro adminículo como, tal vez, una calculadora mecánica de teclado, se reducía a las carpetas y el balduque de hace ciento cincuenta años.

El ritmo de la vida moderna y la importancia y urgencia de los asuntos e intereses que hoy se ventilan no nos permiten, ni a cien leguas, resignarnos con una actitud de indolencia y pasividad.

El hombre medio de 1960 es fisiológicamente idéntico al de 1930 y aún al de 1830, pese a que su longevidad media haya crecido sensiblemente, pero, en cambio, los problemas y los deberes del hombre actual son muy superiores a los de antaño.

El aumento de plantillas por sí solo no resolverá las dificultades, y por eso se procede a la mecanización de oficinas como ya están mecanizadas las fábricas, los talleres y los trabajos a pie de obra.

En este momento son las oficinas y toda la burocracia en general del mundo entero, quienes van un poco retrasadas en su proceso evolutivo respecto al estado de los talleres mecánicos.

Sin embargo, la oficina y el alto despacho son el centro neurálgico de toda organización empresarial pública o privada.

Si la oficina carece de la necesaria eficiencia, todas las actividades de la empresa quedarán afectadas, y por eso la mecanización y la más moderna automatización del mundo laboral en fábricas y talleres imponen la congrua mecanización, la automatización y la deseada automatización de los trabajos administrativos y burocráticos, tanto a niveles subordinados como a los más altos niveles directivos donde se adoptan las importantes decisiones, porque las decisiones las tomará siempre el hombre que asume la responsabilidad, pues el robot es irresponsable y bastante hace con ofrecernos instantáneamente aquella información de que dispone y nos interese en un momento dado.

Hoy es posible establecer un diálogo entre el hombre y la máquina, donde el hombre ostenta su superioridad jerárquica y la máquina actúa como el más fiel, capaz y discreto de sus auxiliares.

Es todo lo contrario de lo que ocurre en la mecanización clásica de fábricas y talleres conocida con el nombre de trabajo en cadena. Allí, cada operario debe ejecutar una sola operación elemental y sencilla, cuyos movimientos están regulados por la propia cadena. Si el obrero no produce ese movimiento o ese gesto en el momento preciso que la cadena exige, todo quedará desorganizado.

Yo he tenido ocasión de dialogar con una calculadora electrónica y he comprobado las formas exquisitamente corteses de su comportamiento.

Nunca la máquina tendrá la inelegancia de decirnos: "Explíqueme usted inmediatamente lo que debo hacer, pues si se retrasa mucho voy a averiarme y usted sufrirá las consecuencias."

Su actitud es la de un maravilloso colaborador que nos dice con auténtica subordinación: "Usted me dio el encargo de estudiar tal problema con arreglo a tales directrices, y estoy muy contento al poderle ofrecer en tan escaso tiempo los resultados que a usted le interesan. Quedo en espera de sus siempre gratas órdenes."

Nosotros, a la vista de la información quintaesenciada que el computador ha extraído de nuestras premisas, podemos preguntarle: ¿Quieres decirme exactamente lo que sucederá si modifico este espesor de viga o esta luz de tramo, si aumento esta sobrecarga; qué repercusiones habrá si modifico esta consignación, si altero este plazo o tomo esta decisión?

Así es el tono del diálogo entre el hombre y el computador. Claro que tiene que ser un computador muy potente y bien programado,

tan costoso que sería antieconómico instalar uno en cada dependencia, pues bastará una sola máquina centralizada bien atendida y programada por personal experto, a la cual se conectarán las pantallas y las máquinas de escribir instaladas en cada despacho, desde el cual, sin interferencias externas, tendrá el jefe a su disposición, instantánea y confidencialmente, cuantas informaciones sean pedidas a la calculadora.

Respecto al futuro de las calculadoras electrónicas, sólo quiero enunciar, porque el tiempo apremia, seis posibilidades:

1.º Una solución práctica a todos los problemas de investigación operativa.

2.º La búsqueda de la información en un archivo técnico-administrativo donde pueda encontrarse instantáneamente el dato, la fecha, la disposición o la referencia que se desee.

3.º La traducción automática de unos idiomas a otros, ya imperfectamente realizada en la actualidad.

4.º La técnica de la información más amplia, ya sea de carácter general o especializada, convertida en servicio público a domicilio como el gas, el agua o la electricidad, pero con características personales y selectivas de acuerdo con las circunstancias de cada abonado, el cual podrá conectar a su antojo a través de líneas telefónicas con la central informática.

5.º La automatización que permitirá resolver a escala mundial muchos problemas sociales, económicos y educativos que son irresolubles con los medios actuales.

6.º La inteligencia artificial que, a mi juicio, es la posibilidad más remota, difícil, trascendental y peligrosa, si es que algún día llega a convertirse en realidad.

Quiero terminar, señores, dándoles las gracias por su amable atención.