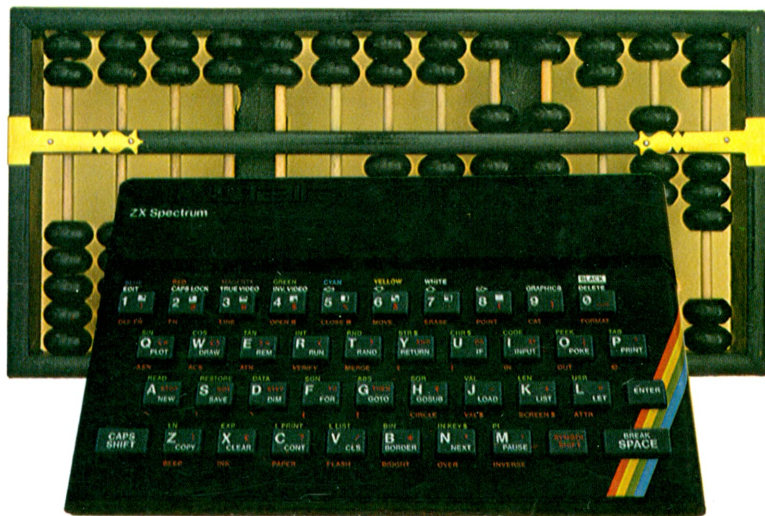


LA HISTORIA DE LOS ORDENADORES



P. Taniguchi Dietrich

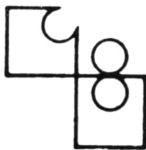
colección informática básica

Eunibar - Editorial Universitaria de Barcelona s.a.

Colección INFORMÁTICA BÁSICA
N.º 3

LA HISTORIA DE LOS ORDENADORES

P. Taniguchi Dietrich
Licenciado en Matemáticas,
Informática y Pedagogía
Catedrático de I. B.



EUNIBAR

EDITORIAL UNIVERSITARIA DE BARCELONA, S. A.
Viladomat, 247-249 - Teléfono 250 17 27
08029 Barcelona

Títulos editados:

- N.º 1: **Los Fundamentos de la Informática**
de Ll. Guilera
- N.º 2: **Ejercicios BASIC**
de J. Astor y M. G. Roca
- N.º 3: **Historia de los Ordenadores**
de P. Taniguchi

Próximos títulos de esta Colección:

- N.º 4: **Programación BASIC**
de J. Astor
- N.º 5: **Sistemas operativos**
de M. A. García Quintas
- N.º 6:
- N.º 7:
- N.º 8: **Tratamiento de ficheros en BASIC**
de J. Astor

© Pablo Taniguchi
Colección dirigida por Ll. Guilera Agüera
Ingeniero Industrial
Director del Centro de Cálculo de la Universidad Politécnica de Catalunya

Portada: R. Rosselló

EUNIBAR
EDITORIAL UNIVERSITARIA DE BARCELONA, S. A.
Viladomat, 247-249 - Teléfono 250 17 27
Barcelona 08029

Depósito legal: B. 5174-1985

ISBN: 84-85257-72-3

J. Massanés/Impresor
Villarroel, 121
Barcelona 08011

COLECCIÓN INFORMÁTICA BÁSICA

Hasta la fecha existe una laguna importante en la bibliografía hispánica sobre *Informática*, especialmente a nivel básico. Muy a menudo se tiende a confundir básico con superficial; conviene recordar aquí que un texto básico requiere estar escrito con rigor científico y con gran profundidad de conocimientos.

Con esta colección de la Editorial Universitaria de Barcelona, S. A., se pretende dotar al público hispano-parlante con un fondo editorial que le sea propio y que no provenga de unas traducciones más o menos loables e imprescindibles, sino que esté hecho por autores nuestros, filtrado por nuestros propios ojos, respondiendo a nuestra particular manera de ver las cosas.

Otra preocupación que nos acompaña es que los textos de la colección sean de muy fácil legibilidad e incluso amenos. La Informática interesa hoy prácticamente a todo el mundo. Y, sin embargo, muchas personas no tienen ni preparación suficiente ni deseo alguno de batallar con libros escritos para especialistas o estudiosos. Tanto el joven adolescente que en su formación básica requiere de un acercamiento al tema de primer nivel pero con calidad y seriedad, como el profesor que no ha recibido en su carrera los conocimientos que ahora se le exige que transmita, como la persona normal de la calle con cultura general y espíritu abierto a la época que nos ha tocado vivir, todos ellos necesitan satisfacer los interrogantes que el mundo que nos rodea plantea con fuerza: ¿Qué es la Informática? ¿Cómo funcionan los ordenadores? ¿Cómo se programan? ¿Cuál va a ser el impacto de los ordenadores y de la Informática en la escuela, en el hogar, en la industria, en la sociedad en general?

La Colección nace con una serie de temas «obligados», ya establecidos de antemano. Pero queremos destacar que será una colección **abierta** porque abierto es, hoy por hoy, el importante desarrollo, la renovación continua, que la Informática viene teniendo. Ciencia joven y ciencia viva donde las haya.

L. Guilera Agüera

Índice general

	Página
Colección Informática Básica	5
Dedicatoria	9
Agradecimiento	11
Prólogo	13
Capítulo 1. Sistemas de numeración e instrumentos aritméticos	15
1.1 El hombre primitivo	15
1.2 Civilizaciones precolombinas	18
1.3 Las civilizaciones antiguas	23
1.4 El ábaco	28
1.5 El sistema de numeración indoárabe	31
1.6 John Neper	35
Capítulo 2. Las calculadoras mecánicas	43
2.1 Introducción	43
2.2 Wilhem Schickard	45
2.3 Blaise Pascal	47
2.4 Samuel Morland	48
2.5 René Grillet	51
2.6 Gottfried Leibniz	51
2.7 La era de las calculadoras	54
2.8 Ramón Vereá y Paulí Castells	58
Capítulo 3. Los primeros diseños y realizaciones de la informática	61
3.1 Charles Babbage	61
3.2 Leonardo Torres Quevedo	69
3.3 Herman Hollerith e IBM	74
3.4 La lógica y las máquinas lógicas	79
3.5 Los primeros ordenadores electromecánicos	84
3.6 Los ordenadores analógicos	88

Capítulo 4. La primera generación de ordenadores electrónicos .	91
4.4 Antecedentes.....	91
4.2 El ENIAC.....	95
4.3 Johannes von Neumann.....	96
4.4 El SSEC y el CPC de IBM.....	98
4.5 El Univac I.....	99
4.6 La reacción de IBM.....	101
4.7 El K.O. definitivo.....	103
Capítulo 5. Las nuevas generaciones de ordenadores electrónicos	105
5.1 La segunda generación.....	105
5.2 La tercera generación.....	111
5.3 Los miniordenadores.....	118
5.4 Los microprocesadores.....	122
5.5 La cuarta generación.....	126
5.6 Los superordenadores.....	134
Capítulo 6. Una mirada al futuro.....	139
6.1 La quinta generación.....	139
6.2 Los derivados de la informática: Telemática, burótica y robótica.....	142
Capítulo 7. La informática en España.....	147
7.1 Tabuladoras.....	147
7.2 Los primeros ordenadores.....	149
7.3 La era de la informática.....	149
7.4 Made in Spain.....	152
7.5 La lectora rápida universal.....	157
Bibliografía.....	161
Índice alfabético.....	162

A la Colonia Japonesa del Perú
y muy especialmente al
Ehime Ken Jin Kai

ペルーの日本の
居留地, 特別に
エヒメ縣人會へ

El autor desea expresar su agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

Sofia Aoki
Joan Astor
Xavier Berenguer
Josep Casanovas
José M. Cuende (Secoinsa)
Distesa
Estudi 6×6
Enrique Fontanillo
Luis García Ramos
Llorenç Guilera
María Antonia López
Guillermo Lusa
Manuel Paracuellos
Plot
Kazumi Okada
Saint Paul's School
Jordi Salat
Ton Sales
Mateo Valero

Prólogo

Para todos aquéllos cuyo primer contacto con los ordenadores haya sido la lectura de informes o novelas sobre “computadoras”, o con el ordenador personal de la familia, será problemente una sorpresa el que la historia de los ordenadores empiece hace tres siglos (sin contar, claro está, con que la historia del cálculo propiamente dicha, empezó con los babilonios y los egipcios, los mayas y los incas). La historia del cálculo **mecánico** y de sus aparatos arranca, en efecto, en el siglo XVII con los nombres ilustres de Pascal y Leibniz acompañados de una legión de esforzados colegas anónimos o no tan conocidos. El resultado es la **calculadora**, una máquina que debe esperar al siglo XIX para que su realización sea un problema resuelto y que entra en el XX como un ejemplo de máquina revolucionaria, práctica y perfectamente adecuada a su cometido, el de calcular con rapidez y sin errores. Eso no era todavía, sin embargo, el ordenador. Faltaba la **máquina contable** o “de estadísticas”, generalizada en los años 1920-1930, para que los errores desaparecieran no sólo en los cálculos sino en el tratamiento y movimiento de datos (numéricos o alfabéticos), entre cálculo y cálculo. A diferencia de las calculadoras, relativamente abundantes, en su versión de sobremesa, en las oficinas de todo tipo, poca gente vio en cambio alguna máquina contable en su vida (aunque los catalanes de los años treinta pagaban el gas con unos extaños recibos alargados y perforados que entraban y salían, se decía, de unas misteriosas “máquinas del gas”, como la gente las llamaba). Para la fusión de las dos máquinas, la calculadora (que calculaba) y la máquina contable (que ejecutaba una secuencia de cálculos o movimientos) faltaba aún un componente: la idea de una máquina posible que pudiera combinarlas. Pero esta idea, y un intento de realización práctica, ya se conocía: la había dado **Babbage**, el matemático inglés decimonónico considerado, con justicia, precursor de la informática.

Con los componentes ya disponibles sólo quedaba, para el **ordenador**, la voluntad de construirlo, o una motivación adecuada. Tuvo que ser la Segunda

Guerra Mundial la que proporcionara ésta última, por lo que parece, porque en esos años aparecen varios constructores de ordenadores en Alemania, Inglaterra y Estados Unidos. Como era de esperar, fueron los americanos los que pasaron delante, por su abundancia de dólares y estímulos y por su rentabilización de la victoria; y, así, el ENIAC, el primer ordenador propiamente dicho, dejaría impresionado en 1946 a todo el mundo, incluyendo a los científicos, que vieron en este “cerebro electrónico” el arranque de una nueva “civilización del ocio”.

Desde el ENIAC hasta hoy, la informática como ciencia ha evolucionado —y ha hecho evolucionar a otras ciencias— con una rapidez y viveza pocas veces vistas antes. Por su parte, los ordenadores, al principio enormes, han seguido una imprevisible evolución acelerada hacia los tamaños pequeños (manteniendo la misma potencia de cálculo) y hacia la facilidad de manejo. Se ha dicho que si la técnica automovilística hubiera evolucionado como la informática, hoy día tendríamos Rolls-Royce a menos de cien pesetas, de pocos gramos de peso y capaces de alcanzar los mil km/h. La evolución de los ordenadores recuerda muchísimo la de los motores, inicialmente enormes y escasos (y de vapor) y hoy canalizados en pequeños motores (eléctricos) que caben en cualquier dispositivo, por pequeño que sea, y cuya acción permite mecanizar numerosos aspectos de la vida humana. ¿Quién sabe si los ordenadores están en el inicio de una época en que, como los ubíquos motorcillos eléctricos que hoy reparten potencia mecánica para facilitar las tareas físicas, innumerables microprocesadores distribuirán “inteligencia” para facilitar diversas tareas intelectuales? La analogía, además de sugerente, es, mejor aún, posible.

Este libro, cuya interesante lectura creo recomendable absolutamente a todo el mundo, no permite —no hay ninguno que lo haga— extrapolar razonablemente la historia de los ordenadores hacia el futuro. Pero sí da, como por otra parte meramente pretende la Historia como ciencia, constancia de los orígenes, es decir, de la primera parte de la apasionante aventura que apenas hoy comenzamos a vivir.

Ton Sales

Barcelona, marzo 1985.

Capítulo 1

SISTEMAS DE NUMERACIÓN E INSTRUMENTOS ARITMÉTICOS

1.1 EL HOMBRE PRIMITIVO

El estado de la matemática durante las primeras épocas de la vida social del hombre hay que deducirlo del que actualmente presenta en ciertos pueblos que aún viven de forma primitiva.

En primer lugar, parece ser que el concepto de número abstracto se formó muy lentamente. Se piensa que el hombre primitivo percibía directamente los números como una propiedad inseparable de una colección de objetos, propiedad que no podía distinguir claramente.

Por ejemplo, ciertas tribus de Australia tienen numerales* diferentes para un mismo número de objetos, según sean personas, animales, casas, etc. Este fenómeno también se encuentra en un país tan evolucionado como el Japón; la lengua japonesa tiene numerales específicos (de uso cotidiano) para contar objetos alargados (lápices, palillos, etc.), otros para contar objetos planos (hojas de papel, billetes, etc.), etcétera.

En segundo lugar, se puede establecer como ley universal, que los métodos prácticos de numeración han precedido a la formación de los vocablos numerales.

* Nombres de números: "uno", "dos", ...



Hombres primitivos calculando con los dedos.

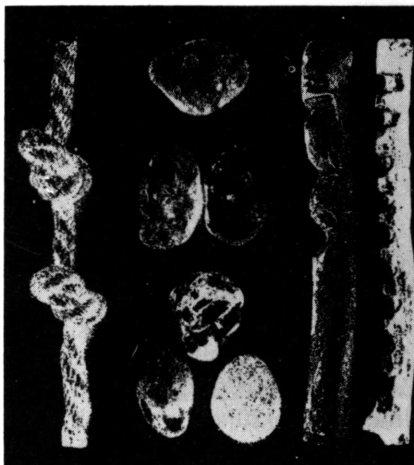


Mano (representando el número cinco) aparecida en una pintura rupestre.

Así, los **mairassis** de Nueva Guinea no conocen ningún numeral; sólo son capaces de decir **awari** y enseñar los dedos formando el número. Muchas tribus sudamericanas tampoco tienen ningún numeral propio y utilizan los de otras lenguas; por ejemplo, los **tacanos** de Bolivia utilizan los del castellano y los del aimara.

Ciertas tribus más evolucionadas tienen un número reducido de numerales o cuasinumerales (expresiones o palabras que de alguna manera indican números). Por ejemplo, los **chiquitos** de Bolivia utilizan la palabra **etama**, que quiere decir “solo” (adjetivo), para expresar la idea de unidad; los **papúes** de Nueva Guinea y ciertas tribus del Brasil llegan hasta el tres. El común denominador de todas estas tribus es que, a pesar de que sepan diferenciar números representados de alguna manera (dedos, piedras, etc.), más allá de un cierto límite todos ellos son nombrados mediante una palabra o

expresión que significa “muchos”. Es el caso de los nativos de Il-Oigob (Filipinas) que tienen numerales hasta el sesenta y del sesenta y uno en adelante dicen **ipi**.



Métodos primitivos de contaje.

Por último, otro hecho que también parece ser universal es el método de contar con los dedos, del cual deriva el sistema de numeración decimal, más extendido a lo largo del tiempo de lo que generalmente nos imaginamos. Evidentemente, además de los dedos, fueron empleados otros materiales, como por ejemplo, palillos, piedras, cáscaras y muescas en un palo.

Un buen ejemplo del uso del sistema de numeración decimal lo encontramos en un relato que hicieron, hace siglo y medio, unos visitantes a la isla de Madagascar. Observaron que para contar soldados se les hacía pasar de a uno delante de sus jefes. En el momento de hacerlo, dejaban caer una piedrecita y una persona que hacía de contador procedía de la siguiente manera: al formarse un montón de diez, apartaba una piedrecita (decena) y se comenzaba un nuevo montón; al tener diez decenas, apartaba una piedrecita (centena) y así sucesivamente. Un método parecido ha sido observado en tribus de África y Sudamérica; los dedos de una persona sirven para contar las unidades, los de una segunda para contar las decenas, etcétera.

1.2 CIVILIZACIONES PRECOLOMBINAS

Hacia 1.500 años a.J.C. se supone que llegaron al territorio que ocuparon en América Central los primeros grupos indígenas de habla maya. La civilización maya se desarrolló durante el denominado **período clásico** (s. IV a IX de nuestra era). Conocieron la escritura y en cuanto a la representación de los números, emplearon un sistema **vigesimal posicional y completo**, es decir, con un símbolo para el 0, aunque desligado del concepto abstracto de cero, como veremos enseguida.

Los símbolos empleados en su sistema de numeración eran:



Los nombres de las sucesivas unidades eran:

kin	
uinal	(20 kin)
tun	(18 uinal = 360 kin)
katun	(20 tun = 7.200 kin)
baktun	(20 katun = 144.000 kin)
piktun	(20 baktun = 2.880.000 kin)
calabtun	(20 piktun = 57.600.000 kin)
kinchiltun	(20 calabtun = 1.152.000.000 kin)
alautun	(20 kinchiltun = 23.040.000.000 kin)

Este sistema plantea diversos interrogantes. En primer lugar, ¿por qué se creó un sistema para representar números tan elevados? En parte, ello se atribuye a la costumbre de utilizar una unidad monetaria de escaso valor: granos de cacao y, sobre todo, al hecho de que el tiempo era contado en número de días transcurridos a partir de una fecha remota, que los especialistas sitúan aproximadamente en el 12 de agosto del año 3113 antes de Cristo. Sin embargo, probablemente jamás sabremos, por ejemplo, por qué una estela de Quirigua se refiere a un remotísimo pasado de cinco alautun (más de 300 millones de años antes!).

En segundo lugar, ¿por qué un tun equivale a 18 y no a 20 uinal? Algunos autores intentan soslayar el problema estableciendo el tun como unidad del

sistema y el kin y el uinal como subdivisiones de esta unidad. Sin embargo, esta interpretación, realizada desde la óptica del sistema decimal, carece de sentido, ya que los mayas al escribir los números, no establecían una distinción especial entre las diferentes clases de unidades.



Fragmento de una estela encontrada en Olmec, estado de Veracruz (Méjico). El número completo se refiere a un día de noviembre del año 4291 antes de Cristo.

Por ejemplo:



representaba

$$8 \times 144.000 + 18 \times 7.200 + 13 \times 360 + 5 \times 20 + 11 = 1.286.391$$

La explicación más sencilla, y a la vez más convincente, se encuentra en su calendario solar*, llamado **haab**, que constaba de 18 meses de 20 días cada uno, más un período complementario de 5 días (365 días en total).

Dicho sea de paso, conviene advertir que los mayas eran unos excelentes astrónomos. Calcularon con gran exactitud la duración del año trópico**,

* Además, poseían un calendario ritual, denominado **calendario mántico (tzolkin)**, de 260 días, constituido por la combinación de 13 numerales y 20 nombres de días, determinándose cada día por un numeral y su nombre.

** Tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos del Sol por el punto equinoccial de la primavera.

con un error de sólo 2/10.000 (2 días de cada 10.000 años), bastante menor que el correspondiente al calendario juliano (vigente desde el 48 antes de Cristo hasta 1582): 78/10.000 y todavía ligeramente menor que el del calendario gregoriano (vigente desde el 15 de octubre de 1582): 3/10.000

En cuanto al cero de los mayas, según ha demostrado **J. E. Thompson**, el símbolo empleado sólo significaba acabamiento de las posibilidades del cómputo de una determinada unidad. Así, por ejemplo, en la fecha “9 baktun, 8 katun”:


 (1.353.600 días)

los tres “ceros” simplemente indicaban que ya había transcurrido la cantidad de tun, de uinal y de kin necesarios para completar el octavo y último katun.

El otro centro cultural que atrae nuestra atención lo constituyen los incas. Durante algo más de dos siglos (desde la supuesta subida al trono del primer Inca, **Manco Capac**, a principios del siglo XIII, hasta **Pachacutec** en 1438) ocupan el valle del Cuzco y poca cosa más, luchando equilibradamente con otros pueblos vecinos, más o menos afines en lengua y cultura. Sin embargo, en los escasos cien años que siguieron, hasta la muerte de **Atahualpa** a manos de **Francisco Pizarro**, se formó el gran imperio del **Tahuantinsuyu**, que comprendía el actual Perú y parte de Ecuador, Bolivia, Chile y Argentina.

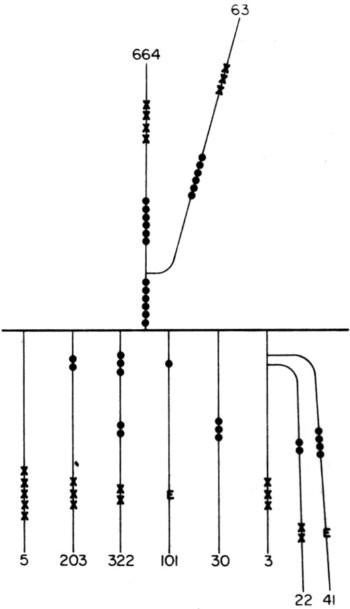
La administración de este vasto imperio se llevaba a cabo mediante una burocracia altamente especializada y organizada mediante un sistema de jerarquías encabezado por el Inca (emperador). En la base del sistema se encontraba el **purej**, jefe de una familia. El jefe de 5 purej (incluido él mismo) se llamaba **pisca camayoc**. El jefe de 2 de éstos se llamaba **chunca camayoc** (10 familias). El **pisca chunca camayoc** tenía a su cargo 50 familias (5 chunca camayoc); subiendo en la escala administrativa tenemos sucesivamente el **pachac camayoc** (100 familias y 2 pisca chunca camayoc), el **pisca pachac camayoc** (500 familias), el **huaranca camayoc** (1.000 familias), el **pisca huaranca camayoc** (5.000 familias). Obsérvese que la escala de numeración va subiendo de 10 en 10 (dos manos), pero con una escala intermedia de 5 (una mano).

Estos jefes continuamente recababan y transmitían información de índole diversa: producción agrícola, ganadera o minera, impuestos recaudados

o por recuadar, necesidades urgentes, recursos humanos, censos, órdenes, etc. Para enviar información a un punto alejado, se la codificaba en **quipus**.



En el Imperio Incaico, las cuentas las llevaban los “tesoreros”. Utilizaban ábacos con granos de maíz y trasladaban los resultados a los quipus.



Esquema de un quipu estudiado por Marcia Asher.

Éstos eran transportados por unos corredores llamados **chasquis**, que estaban apostados en la amplia red de caminos que cubría todo el imperio. Cada chasqui, al recibir un quipu, corría a entregarlo al chasqui siguiente, éste hacía lo propio, y así sucesivamente hasta que el mensaje llegaba a su destino.

La escritura es un medio de codificar información mediante signos convencionales (letras, ideogramas, jeroglíficos, etc.) registrados en un soporte físico (papel, papiro, piedra, etc.) de acuerdo a un código preestablecido (alfabeto). Los incas desconocieron la escritura, pero tuvieron un sustitutivo igualmente eficaz: los quipus. No sólo los usaron para transmitir mensajes, sino para almacenar información. La manipulación de los quipus era llevada a cabo por burócratas que gozaban de un status elevado.

Desgraciadamente sólo se han conservado unos 550 quipus que, para mayor escarnio de los peruanos, se encuentran diseminados en museos y colecciones privadas, la mayoría fuera de su territorio nacional. Hasta hace poco eran un verdadero enigma. Recientes estudios, sobre todo del peruano **Carlos Radicati di Primeglio** y de los norteamericanos **Marcia** y **Robert Asher**, han arrojado alguna luz sobre ellos.

Un quipu consta de una cuerda, llamada **cuerda principal**, de la que se suspenden otras cuerdas más delgadas. Si el quipu es extendido en una mesa, con la cuerda principal en línea recta, la mayoría de las cuerdas quedarán a un lado de ésta (**cuerdas pendientes**) y ocasionalmente algunas de ellas quedarán al otro lado (**cuerdas cimeras**). Suspendidas de cualquiera de éstas pueden haber otras cuerdas, y de éstas otras, y así sucesivamente; tales cuerdas reciben el nombre de **cuerdas subsidiarias**. Por último, la cuerda principal puede acabar en una cuerda que siga su misma dirección (**cuerda terminal**). En cada cuerda, excepto en la principal, cuya única finalidad era la de servir de soporte a las demás, se hacían **nudos** de tres tipos.

La información era codificada en base a los siguientes elementos:

- color de las cuerdas
- dirección de las cuerdas
- manera de unir las cuerdas
- posición relativa a las cuerdas
- separación de las cuerdas
- clases de nudos y manera de agruparlos en una misma cuerda
- posición relativa de los nudos.

Se ha logrado averiguar que la organización de un quipu es **matricial**, bidimensional (tabla con filas y columnas) o tridimensional (“libro” en el que cada “hoja” es una tabla con filas y columnas). Los nudos servían para representar números en un sistema decimal posicional y completo, ya que la ausencia de nudos en una determinada posición indicaba, por comparación, ausencia de una determinada clase de unidades. Los números podían representar cantidades o bien **etiquetas**; en este último caso, el número era una representación de información no cuantitativa.

Se han identificado operaciones aritméticas, proporciones y cálculos que denotan un conocimiento de las fracciones decimales. Sin embargo, en algunos quipus claramente no cuantitativos, todavía no se ha logrado interpretar con precisión el papel de los otros elementos: color, dirección, etc.

1.3 LAS CIVILIZACIONES ANTIGUAS

Las civilizaciones más antiguas de que tenemos noticia son las de Egipto y Mesopotamia (3000 años antes de Cristo).

En el antiguo Egipto, tanto la astronomía como las matemáticas se basaban en el más puro empirismo. La gran originalidad de la astrología faraónica es su carácter estelar y sotíaco: sacerdotes astrónomos observaban continuamente las estrellas, cuya reina Sotis (actual Sirio), en la latitud de Menfis, salía inmediatamente antes del Sol al inicio de la crecida del Nilo, fecha que establecieron como primer día del año (alrededor del 19 de julio).

Las matemáticas de los egipcios tenían una razón de ser eminentemente práctica: cálculos astronómicos, imprescindibles para la elaboración de los calendarios, confección de estadísticas de la producción agrícola, recaudación de impuestos y, sobre todo, cálculos geométricos para la construcción de sus colosales monumentos y para redistribuir las tierras de cultivo, toda vez que el Nilo, en sus crecidas, arrasaba las demarcaciones.

Los egipcios hacían uso del sistema decimal; tenían signos correspondientes a las unidades, decenas, centenas, etc., que fueron inventados a medida que iban siendo necesitados; los números se formaban yuxtaponiendo tales símbolos. Conocían las cuatro reglas; también operaban con fracciones, pero a base de complicados esfuerzos.

I	II	III	∩	∩∩
1	2	3	10	20

9	⌘	∩ ∘ ∩	🐦
100	1000	10 000	100 000

🍽	1	🍽	1
	2		4

Símbolos del sistema de numeración egipcio.



Documento astronómico relativo al orto helíaco de la estrella Sotis. Se distinguen los números 63 (arriba a la izquierda) y el 80 (abajo).

Los mesopotámicos destacaron, en lo que a ciencia se refiere, en matemáticas y astronomía, que, transmitidas más tarde por griegos y árabes, constituyeron una de sus máximas aportaciones culturales. Al igual que en el caso de los egipcios, surgieron a causa de necesidades prácticas y conservaron siempre un carácter puramente empírico.

Los sumerios (cuarto.milenio antes de Cristo) idearon el sistema **sexagesimal** de numeración, que aún hoy en día utilizamos para la medida del tiempo (1 hora = 60 minutos, 1 minuto = 60 segundos) y de los ángulos. A dife-

rencia del sistema egipcio, se trata de un sistema **posicional**, pero **incompleto** porque carece de un símbolo para el cero; en consecuencia, el orden de las unidades del primer grupo debe ser deducido del contexto (obsérvese, por ejemplo, que el 1 y el 60 son representados por el mismo símbolo, ya que la base del sistema es precisamente 60). Asimismo, los sumerios ya conocían las operaciones de suma, resta, multiplicación, división, potenciación y radicación, operaban con fracciones y resolvían ecuaciones.

En el segundo milenio antes de Cristo, los **babilonios** introdujeron el sistema decimal, que coexistió con el anterior, y que hacía uso de sus símbolos elementales (unidades y decenas) y el de la multiplicación; por tanto, no se trataba de un sistema posicional decimal. En el siglo III antes de Cristo, introdujeron un símbolo para el **cero** en el sistema sexagesimal.

Sistema de numeración

(0 : 𐀀)	6 : 𐀄	12 : 𐀆	60 : 𐀀	120 : 𐀂
1 : 𐀁	7 : 𐀅	20 : 𐀇	70 : 𐀁	180 : 𐀃
2 : 𐀂	8 : 𐀆	21 : 𐀇	80 : 𐀂	200 : 𐀃
3 : 𐀃	9 : 𐀆	30 : 𐀈	90 : 𐀃	etc.
4 : 𐀄	10 : 𐀁	40 : 𐀄	100 : 𐀄	
5 : 𐀅	11 : 𐀇	50 : 𐀄	101 : 𐀄	

En la práctica : 60 : 𐀀 (1 ŠU = sesenta) — 100 : 𐀄 (1 ME = cien) — 1.000 : 𐀄 (1 LIM = un millar).

Fracciones : Sistema científico : 1/2 : 𐀇 (30/60) ; 1/3 : 𐀇 (20/60) ; 1/4 : 𐀄 (15/60) ; etc.

En la práctica : 1/2 : 𐀇 ; 1/3 : 𐀇 ; 2/3 : 𐀇 ; 5/6 : 𐀇.

La numeración babilónica.

A partir del siglo VII antes de Cristo, los griegos entraron en contacto con los egipcios. Uno de los primeros viajeros fue **Tales de Mileto**, que vivió aproximadamente desde el 640 hasta el 550 antes de Cristo.

Los griegos tuvieron dos sistemas de numeración decimal. El primero es el denominado **herodiánico** o **ático**. En el siglo III antes de Cristo, los matemáticos de Alejandría crearon un nuevo sistema de numeración, denominado **alejandrino**, basado en las letras del alfabeto (24 letras) más tres letras sacadas del alfabeto antiguo. Se añadía un acento para indicar que se trataba de un número y no de una letra. Los quebrados en este sistema se representan de la siguiente manera: si el numerador es 1, se ponen dos acentos seguidos ($1/3 = \gamma''$); en caso contrario, se escribe el numerador y a la derecha el denominador, como si fuese un exponente, y con una raya encima ($36/64 = \lambda'\theta'\zeta\delta'$). Para los millares se utilizaban las unidades simples, pero con el acento abajo y a la izquierda ($1.000 = ,\alpha$). En consecuencia, el mayor número que se podía escribir en este sistema era el 9.999: $\theta\sigma\pi\lambda\theta$. Este sistema se fue imponiendo poco a poco y no entró en Atenas hasta el año 95 antes de Cristo.

Para los números superiores al 9.999 fueron propuestos diversos métodos de representación. Citaremos los dos más importantes, uno complementario del otro.

Signos simples	Signos compuestos
I : La unidad.	
II : 5 (inicial de <i>penta</i> = «cinco»).	
Δ : 10 (inicial de <i>dekas</i> = «decena»).	Γ ^Δ : 50 (Γ y Δ)
H : 100 (inicial de <i>hekatón</i> = «cien»).	Γ ^H : 500 (Γ y H)
X : 1 000 (inicial de <i>khilias</i> = «millar»).	Γ ^X : 5 000 (Γ y X)
M : 10 000 (inicial de <i>myrias</i> = «diez mil»).	Γ ^M : 50 000 (Γ y M)
<p>Los números se escribían por yuxtaposición de estas letras, que, dado el caso, se repetían; ejemplos:</p> <p style="text-align: center;">36 = ΔΔIIIIII</p> <p style="text-align: center;">. 52 341 Γ^M XXHHHHΔΔΔΔI</p>	

Sistema ático
de numeración griega.

Signos empleados: las 24 letras del alfabeto griego clásico, más tres letras antiguas:
 Φ (*digamma*) χ (*koppa*) $\sigma\pi$ (*sampi*: $\sigma + \pi$)
 Todas estas letras van seguidas del acento «´» para que no se confundan con las letras que sirven para escribir palabras. Tenemos así:

Unidades	Decenas	Centenas
$\alpha' = 1$	$\iota' = 10$	$\rho' = 100$
$\beta' = 2$	$\kappa' = 20$	$\sigma' = 200$
$\gamma' = 3$	$\lambda' = 30$	$\tau' = 300$
$\delta' = 4$	$\mu' = 40$	$\upsilon' = 400$
$\epsilon' = 5$	$\nu' = 50$	$\phi' = 500$
$\Phi' = 6$	$\xi' = 60$	$\chi' = 600$
$\psi' = 7$	$\omicron' = 70$	$\psi' = 700$
$\eta' = 8$	$\pi' = 80$	$\omega' = 800$
$\theta' = 9$	$\iota' = 90$	$\sigma\pi' = 900$

Para los millares, se utilizan las letras de las unidades simples situando el acento en la parte inferior izquierda de la letra: $\alpha = 1\,000$, $\beta = 2\,000$, etc. hasta $\theta = 9\,000$.
 Ejemplos:
 $\omega\psi\xi\Phi' = 800 + 60 + 6 = 866$
 $\theta\sigma\pi\psi\iota' = 9\,999$ (el número mayor que se puede escribir con este sistema).

Sistema alejandrino de numeración griega.

Apolonio de Pérgamo (262-180 antes de Cristo) propuso añadir a la derecha la letra **M** (inicial de **mirias** = 10.000) para indicar que se multiplicaba el número por 10.000 ($\omega\psi\eta'M = 868 \times 10.000 = 8,1680.000$). Está claro que con este método el número mayor que se podía representar era $9.999 \times 10.000 + 9.999 = 99,999.999 = 10^8 - 1$.

Arquímedes de Siracusa (287-212 antes de Cristo), maestro de Apolonio, amplió el método de éste considerando 10^8 **períodos** cada uno de los cuales se dividía en 10^8 **órdenes**; los números desde el 1 hasta $10^8 - 1$ pertenecían al primer orden del período; el segundo orden del mismo período comenzaba en 10^8 y acababa en $10^{16} - 1$;...; el primer número del segundo período era 10 elevado a 800 millones. El número más grande que se podía escribir con este método era 10 elevado a 80 billones. Estos números inmensos recibieron el nombre de **arenarios**. La magnitud de estos números resulta particularmente chocante si se tiene en cuenta que el número de átomos de todo el Universo se ha estimado en 10^{75} .

Por último, tenemos a los romanos, los cuales inventaron el sistema de

numeración que todos conocemos. Se añadía una barra para indicar una multiplicación por 1.000; dos para indicar una multiplicación por un millón, etcétera.

La matemática griega se caracterizó sobre todo por su rigor científico, modelo para el desarrollo actual de dicha ciencia. Quizás debido a su falta de sentido práctico, los griegos no llegaron a inventar un sistema posicional completo, que tampoco los romanos, ocupados en otros menesteres, fueron capaces de inventar.

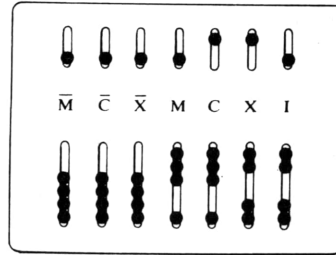
1.4 EL ÁBACO

En el apartado anterior, hemos descrito de qué forma ciertas culturas **escribían** los números. Ninguna de estas culturas simbolizaba los números mediante un **sistema posicional decimal y completo** (con un símbolo para el cero). A pesar de esto, todas ellas (y muchas otras más) los representaron **físicamente**, mediante el **ábaco**, empleando dicho sistema.

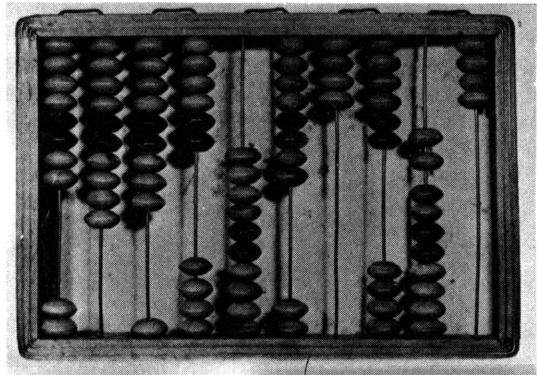
El ábaco no es otra cosa que la evolución natural de las piedrecitas y los dedos del hombre primitivo. Lo emplearon tantas culturas, y tan distantes en el tiempo y en el espacio, que es muy probable que fuese inventado, independientemente, en diversos centros culturales.



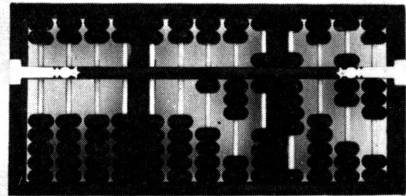
Ábaco primitivo.



Ábaco romano.



Ábaco ruso.



Ábaco chino.

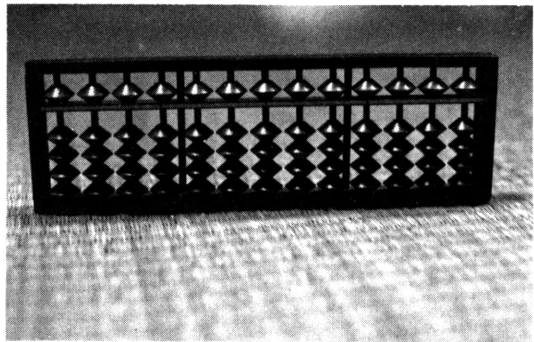
La forma más primitiva de ábaco es un tablero cubierto de arena donde se hacen surcos y se ponen piedrecitas. Después, la arena y los surcos fueron substituidos por hendiduras sobre madera o metal.

Éste es el caso del ábaco romano, pero con una mejora: una zona denominada **cielo** (las hendiduras que están arriba) donde se contaba de cinco en cinco y otra zona denominada **tierra** (las hendiduras que están abajo) donde

se contaban de uno en uno. El nombre de las piedrecitas en latín, **calculus**, dio lugar a la palabra **cálculo** y a sus derivados.

La forma más común de ábaco es un conjunto de varillas paralelas con fichas enhiladas. El número de éstas varía según la procedencia del ábaco. Los ábacos tártaros, mongoles, rusos y aztecas llevan diez por varilla. El ábaco chino, que con toda probabilidad procede del romano, lleva dos en la zona de cielo (también se llama de esta manera en chino) y cinco en la de tierra (ídem). El ábaco japonés, que es el más evolucionado, sólo lleva una en la zona de cielo y cuatro en la de tierra; procede del chino como la mayoría de los ábacos asiáticos.

El ábaco es el **instrumento aritmético** (que no máquina de calcular) por excelencia y, hoy por hoy, aún lo utilizan en Asia para hacer desde adiciones hasta extracciones de raíces cúbicas.



Ábaco japonés.



Kiyoshi Matsusaki.

Para finalizar este apartado relataremos una anécdota. El 12 de noviembre de 1946 tuvo lugar en Japón un curioso “combate” entre el soldado **T.N. Wood** de la sección de finanzas del ejército de ocupación norteamericano y **Kiyoshi Matsuzaki**, del departamento de ahorros del Ministerio de Administración Postal. Wood había sido escogido, tras unas pruebas eliminatorias, como el operador más experto en máquinas de calcular eléctricas; Matsuzaki sólo tenía un sencillo ábaco. La competición, que se realizó en un teatro lleno de bote en bote, constaba de cinco ejercicios de cálculo, todos ellos complicados, con la intervención de las cuatro operaciones. El japonés ganó cuatro de las cinco pruebas, por lo cual un periodista norteamericano escribió al día siguiente, comentando la noticia, “ayer la era de la máquina dio un paso atrás”. Hoy los japoneses, a pesar de sus calculadoras de bolsillo que han inundado el mercado mundial, continúan aprendiendo a calcular con el ábaco y son capaces de hacer mentalmente cadenas de operaciones nada sencillas imaginando que tienen un ábaco en las manos*.

1.5 EL SISTEMA DE NUMERACIÓN INDOÁRABE

Aunque los primeros pasos para la utilización de una notación posicional los dieron los sumerios, durante el tercer milenio antes de Cristo, la culminación lógica de este intento no se logró hasta el siglo I o quizás el II de nuestra era, y hay que atribuirlo a los hindúes. El reconocimiento de la necesidad de disponer de un símbolo especial para representar la columna vacía del ábaco, es decir la invención del cero, fue un hecho crucial. Dio al mundo una notación flexible y adecuada, por medio de la cual cualquier número, por grande que fuese, podía ser representado mediante una secuencia ordenada de símbolos de un conjunto de diez.

En el siglo VII los árabes habían establecido el imperio musulmán, cuya capital era Bagdad. Tuvieron importantes tratos comerciales con la India y a finales del siglo VIII ya habían adoptado su sistema de numeración. En el año 850, aproximadamente, el matemático árabe **Al-Karismi** escribió su famoso libro **Al-gebr wa'l mukabala** (del cual proviene la palabra **álgebra**) que fue

* Los japoneses tienen el coeficiente intelectual más elevado del mundo. (Ver **La Vanguardia**, 20-IX-1982, página 58).

traducido al latín por **Adelardo de Bath** hacia el 1120. Éste era un monje inglés que, disfrazado de musulmán, había estudiado en la Universidad de Córdoba. El título que le dio a la obra fue **Liber Algorithmi de Numero Indorum** (Libro de Al-Karismi de los Números de los Indios); por **algorithmi** se entiende “arte de Al-Karismi” y es el origen de la palabra **algoritmo**.



Pintura del siglo XVI mostrando los dos sistemas de cálculo: el ábaco y el árabe sobre papel.

Otro pionero de la difusión de los nuevos conocimientos fue **Leonardo de Pisa**, más conocido por su seudónimo **Fibonacci**. Hijo de un mercader italiano que se había establecido en Berbería (actual Mogreb), creció en un ambiente árabe y se familiarizó con la obra de Al-Karismi. Al volver a Italia en 1202, a la edad de 27 años, publicó su **Liber Abaci** donde explica el sistema de numeración indoárabe y la manera de emplearlo. Fibonacci fue un vigoroso propagandista de este sistema de numeración; en el prólogo de su libro escribe que “la raza latina no puede estar más tiempo sin este conocimiento”.

Cincuenta años después de la publicación del **Liber Abaci** eran muchos los científicos y mercaderes que empleaban el nuevo sistema. Pero la obcecada reacción de la Iglesia no se hizo esperar y así tenemos, por ejemplo, un edicto del año 1299 prohibiendo a los banqueros florentinos emplear “los símbolos de los infieles”.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

HINDÚ (BRAHMI), 300 A. C.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

HINDÚ (GWALIOR), 876

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

HINDÚ (DEVANAGARI), SIGLO XI

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

ARÁBIGO OCCIDENTAL (GHOBAR), SIGLO XI

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

ARÁBIGO ORIENTAL, 1575

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

EUROPEO, SIGLO XV

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

EUROPEO, SIGLO XVI

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

NÚMEROS PARA CHEQUES BANCARIOS, SIGLO XX

Evolución de nuestro sistema de numeración.

Reloj de bolsillo, construido en 1453. Venía equipado con un compás, una plomada y un sistema de ajuste para las diferentes latitudes.



Poco a poco la nueva notación se extendió por Europa y a mediados del siglo XVI prácticamente todo el mundo la utilizaba, aunque para finalidades científicas fue de uso general aproximadamente a partir de 1400.

La primera referencia sobre una notación para las fracciones decimales se encuentra en un opúsculo titulado **De thiende** (La décima), publicado en 1585 por el matemático flamenco **Simon Stevin**. En dicha obra, el autor explica que, con su notación, las fracciones se pueden operar como si se tratasen de números enteros. Otro aspecto interesante, no demasiado conocido, de este pequeño trabajo es la proposición que hace Stevin de unificar los sistemas de pesos, medidas y monedas, basándolos en el sistema decimal.

La notación inventada por Stevin para representar números decimales, como por ejemplo, 73,845 era

$$73 \textcircled{0} 8 \textcircled{1} 4 \textcircled{2} 5 \textcircled{3}$$

y proviene de una notación que ya se utilizaba para representar polinomios:

$$5x^2 + 4x + 7 = 5 \textcircled{2} 4 \textcircled{1} 7 \textcircled{0}$$

La complicada notación de Stevin fue rápidamente sustituida por la que conocemos hoy en día. Los primeros en darse cuenta de la natural simplificación fueron **Giovanni Antonio Magini** en su **De planis triangulis** (1592) e, independientemente, **Christoph Clavius** en su **Astrolabium** (1593); se popularizó sobre todo a partir de la publicación de tablas de logaritmos.

Por último, hay que decir que el sistema de numeración decimal tuvo, y tiene, importantes repercusiones en el mundo científico y en el mercantil; el **Sistema Métrico Decimal** no es más que un ejemplo. El valor de esta aportación ha sido muchas veces reconocido. Así, por ejemplo, el matemático francés **Pierre Simon de Laplace** escribía a finales del siglo XVIII: “Fue la India la que nos proporcionó el ingenioso método de expresar todos los números por medio de diez símbolos, dando a cada uno un valor absoluto y un valor de posición. Una idea profunda e importante que ahora nos parece tan sencilla que no le atribuimos su verdadero mérito. Pero su misma simplicidad y la gran agilidad que le proporciona al cálculo, pone a nuestra aritmética en primera línea de las invenciones útiles y apreciaremos mejor la grandeza de esta conquista si recordamos que escapó al genio de Arquímedes y Apolonio, dos de los hombres más grandes de la Antigüedad.”

1.6 JOHN NEPER*

La necesidad de un método para la realización de largos cálculos, sobre todo para la navegación, motivó la invención de los **logaritmos** a principios del siglo XVII.

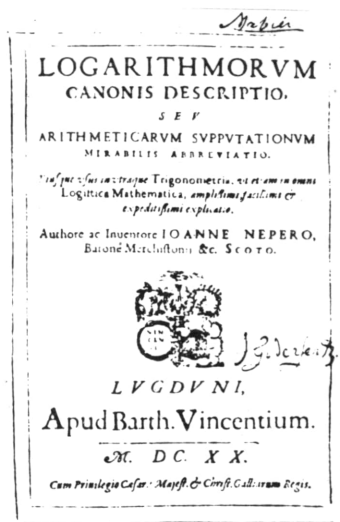


Tabla de logaritmos de Neper.
(La edición es de 1620).

Los logaritmos han sido utilizados, hasta hace pocos lustros, para realizar multiplicaciones, divisiones, potenciaciones y radicaciones, reduciéndolas, respectivamente, a sumas, restas, multiplicaciones y divisiones.

Por ejemplo, para multiplicar 345 por 67, se buscan en la tabla los respectivos logaritmos y se suman:

$$\begin{array}{r} \log 345 = 2,5378191 \\ \log 67 = 1,8260748 \\ \hline 4,3638939 \end{array}$$

* La grafía latina del apellido es **Nepero**. Los autores anglosajones suelen escribir **Napier** en lugar de **Neper**.

A continuación, se busca en la tabla a qué número corresponde 4,3638939 (su antilogaritmo), que resulta ser 23.115:

$$345 \times 67 = 23.115$$

Análogamente, para calcular $\sqrt[3]{23.456}$ se busca en la tabla el logaritmo de 23.456 y se divide entre 3:

$$\frac{4,3702540}{3} = 1,4567513$$

Localizando en la tabla el antilogaritmo de 1,4567513 se obtiene el valor aproximado de la raíz cúbica buscada: 28,63.

$$\sqrt[3]{23.456} \cong 28,63$$

En general, las propiedades de los logaritmos son:

$$\log (x \cdot y) = \log x + \log y$$

$$\log \left(\frac{x}{y} \right) = \log x - \log y$$

$$\log (x^n) = n \cdot \log x$$

$$\log \sqrt[n]{x} = \frac{\log x}{n}$$

En 1614 el matemático escocés **John Neper** publicó su **Mirifici Logarithmorum Canonis Descriptio**. Consistía en una tabla de “logaritmos” de senos trigonométricos y una descripción detallada de la manera de utilizarla. La función que empleó Neper no es la que hoy denominamos función logarítmica, sino la función:

$$L(x) = R \cdot \ln \left(\frac{R}{x} \right)$$

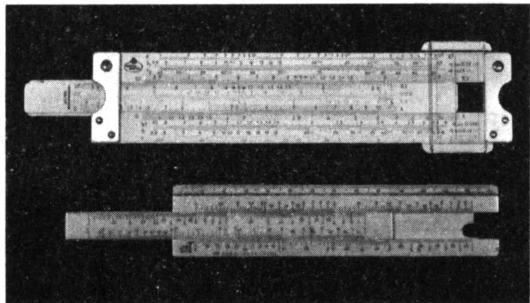
donde **ln** es la función logarítmica de base el número **e** ($e \cong 2,718281$) y **R**

es una constante que Neper tomó igual a 10^7 ; esta función satisface la siguiente propiedad:

$$L\left(\frac{x \cdot y}{R}\right) = L(x) + L(y)$$

La importancia del invento de Neper fue rápidamente reconocida por los prácticos del cálculo, y así, antes de 1632 ya se había publicado una veintena de tablas, de las cuales hay que destacar la del relojero suizo **Jobst Bürgi**, publicada en 1620, y la del matemático inglés **Henry Briggs**, publicada en 1624. La primera era más bien una tabla de antilogaritmos, probablemente construida sin conocer los trabajos de Neper. La segunda, en cambio, era una adaptación de los logaritmos de Neper al sistema de numeración decimal y contenía los logaritmos desde 1 hasta 31.000, con 14 cifras decimales.

Consecuencia inmediata de la invención de los logaritmos fue la **regla de cálculo**. Los logaritmos se marcaron sobre una recta y las multiplicaciones y divisiones se hacían sumando o restando longitudes con la ayuda de dos separadores. En 1621, el sacerdote inglés **William Oughtred** empleó dos de estas líneas de números que se deslizaban una sobre otra, y no hacían falta los separadores. La regla de cálculo propiamente dicha es una invención del matemático y astrónomo inglés **Edmund Gunter** (1581-1626) y fue perfeccionada por el también inglés **Seth Partridge**, en 1662.



Reglas de cálculo.

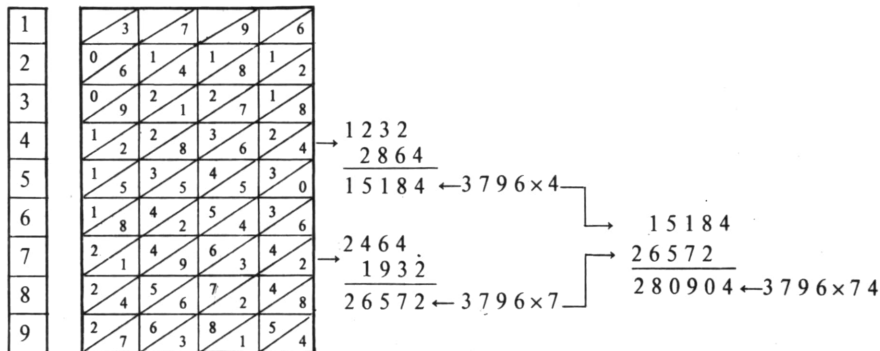
En las postrimerías de su vida (1617), Neper dio a conocer, en un pequeño libro titulado **Rabdología**, un ingenioso instrumento aritmético para realizar multiplicaciones. La idea ya era conocida en Oriente desde hacía siglos y la aportación del escocés fue presentarla de una manera práctica para el cálculo. Constaba de varias colecciones de diez regletas (una por dígito). En cada regleta aparecía un dígito seguido de su tabla de multiplicar, escrita en sendos cuadrados, separando las cifras de las decenas (eventualmente 0) de la de las unidades, mediante una diagonal (ver fig. siguiente).

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0 0	0 1	0 2	0 3	0 4	0 5	0 6	0 7	0 8	0 9
0 0	0 2	0 4	0 6	0 8	1 0	1 2	1 4	1 6	1 8
0 0	0 3	0 6	0 9	1 2	1 5	1 8	2 1	2 4	2 7
0 0	0 4	0 8	1 2	1 6	2 0	2 4	2 8	3 2	3 6
0 0	0 5	1 0	1 5	2 0	2 5	3 0	3 5	4 0	4 5
0 0	0 6	1 2	1 8	2 4	3 0	3 6	4 2	4 8	5 4
0 0	0 7	1 4	2 1	2 8	3 5	4 2	4 9	5 6	6 3
0 0	0 8	1 6	2 4	3 2	4 0	4 8	5 6	6 4	7 2
0 0	0 9	1 8	2 7	3 6	4 5	5 4	6 3	7 2	8 1

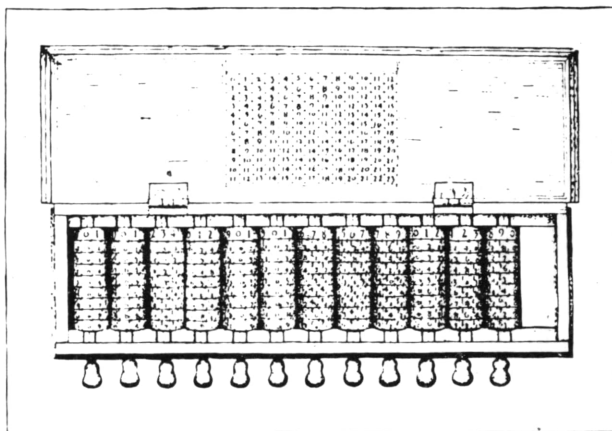
Regletas de Neper.

Para realizar una multiplicación, por ejemplo 3.796×74 , se había de proceder así: En primer lugar, se colocaban las regletas correspondientes a cada uno de los dígitos del multiplicando, respetando el orden de éstos (3, 7, 9 y 6). A continuación, se calculaban los productos parciales sumando en dia-

gonal (de NE a SO) el número formado por los triángulos superiores y el formado por los triángulos inferiores, en cada una de las filas correspondientes a los dígitos del multiplicador (7 y 4). Finalmente el producto buscado se obtenía sumando los productos parciales de la manera habitual (ver fig. siguiente).



Cálculo de 3796×74 mediante las regletas de Neper.



Rodillos de Neper.

Poco después, el instrumento fue mejorado sustituyendo cada colección de diez regletas por un rodillo, en cuya superficie lateral se había escrito el contenido de éstas. Los rodillos estaban fijados a una caja e iban provistos de botones para hacerlos girar. Este instrumento recibió el nombre de **rodillos**

de Neper; fue ampliamente utilizado y, como veremos en el próximo capítulo, combinado con una máquina sumadora, dio origen a las máquinas multiplicadoras anteriores a la de Leibniz.

Conviene señalar que las regletas de Neper y sus derivados (máquinas de Schickard, Morland y Grillet) también servían como auxiliar para la división, ya que al proporcionar los productos del divisor por números de una ci-

1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
4	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
5	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
6	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
7	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
8	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

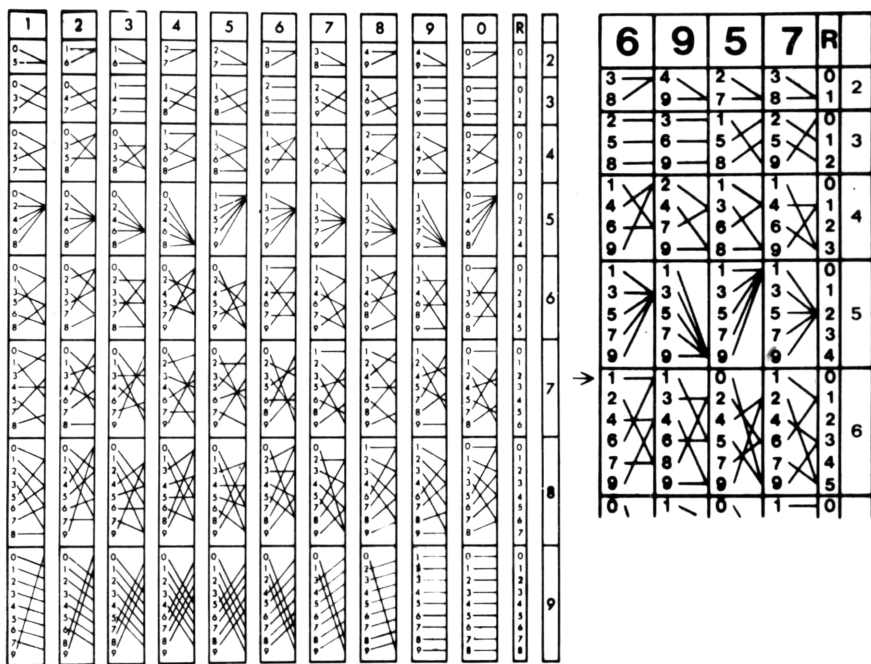
	0	3	2	7	1	
1	0	3	2	7	1	1
2	0	6	4	4	2	2
3	1	7	5	5	3	3
4	0	9	6	1	3	4
5	1	0	7	2	4	5
6	2	1	8	3	5	6
7	0	2	8	8	4	7
8	1	3	9	9	5	8
9	2	4	0	0	6	9
0	3	5	1	1	7	0
1	0	5	0	5	5	1

Regletas de Genaille para la multiplicación. A la derecha se observa cómo se calcula 3271×4 ; las cifras del producto se obtienen comenzando por el dígito superior de la cuarta fila y siguiendo las flechas hacia la izquierda: 4, 8, 0, 3, 1 que arrojan el resultado 13084.

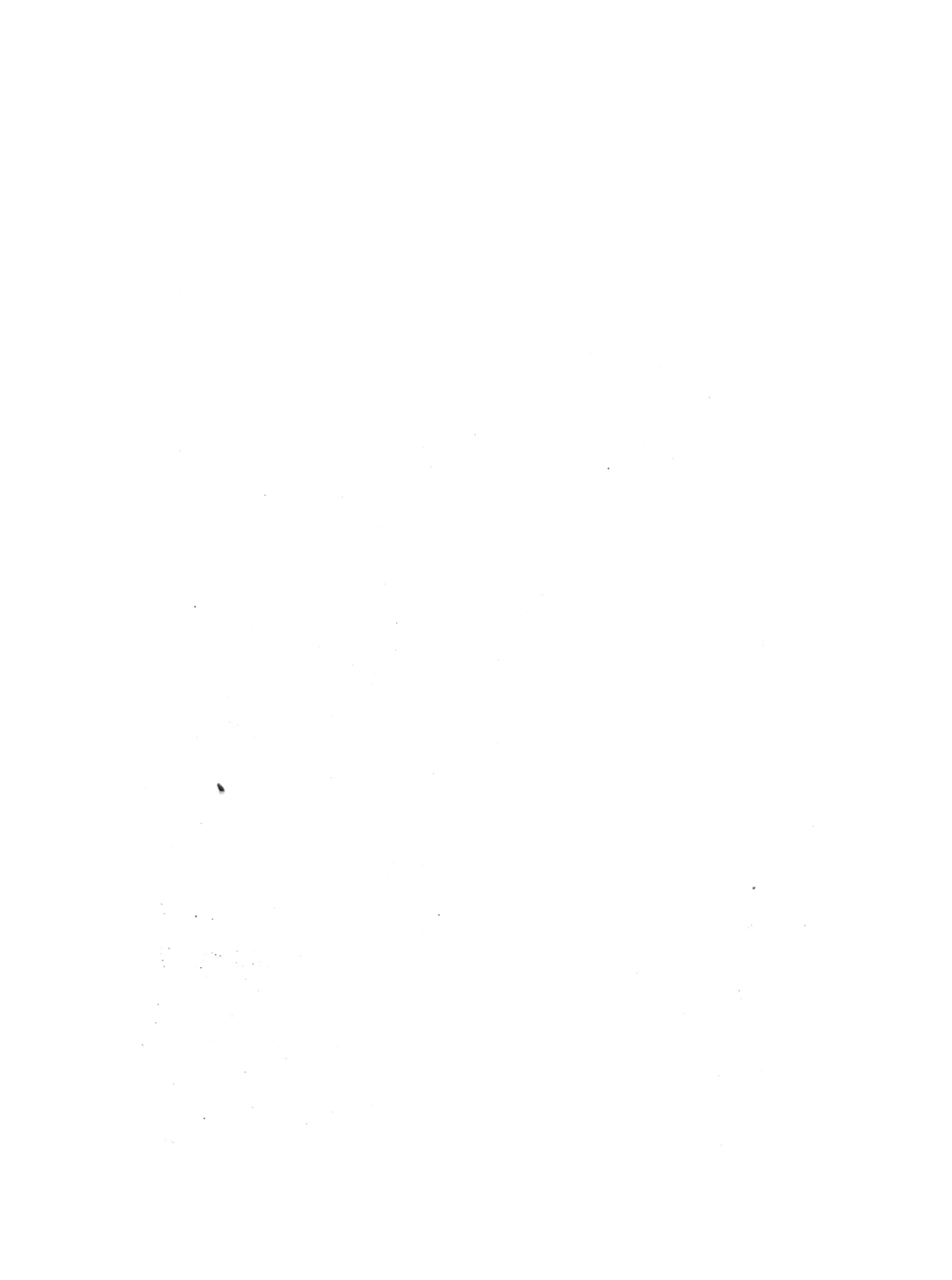
fra, indicaban los dígitos del cociente y, de paso, los productos de éstos por el divisor.

Para encontrar algún progreso digno de mención, en la línea de las regletas de Neper, habremos de trasladarnos a finales del siglo pasado. En 1891 el francés **Henri Genaille**, ingeniero de ferrocarriles, inventó unas regletas que eliminaban la necesidad de realizar sumas al multiplicar por números de una cifra. Poco después inventó unas regletas para la división.

Las regletas de Genaille alcanzaron gran popularidad gracias a la publicidad que les dio **Edouard Lucas**, famoso en la época por sus publicaciones sobre matemáticas recreativas.



Regletas de Genaille para la división. Se utilizan como las de la multiplicación, sólo que siguiendo las flechas de izquierda a derecha. A la derecha se observa cómo se calcula $6957 \div 6$. El cociente es 1159 y el resto 3.



Capítulo 2

LAS CALCULADORAS MECÁNICAS

2.1 INTRODUCCIÓN

Un objetivo, presente desde el siglo XVII, ha sido calcular sin errores y de la manera más rápida posible. La motivación ha ido variando: cálculos astronómicos para la navegación, cálculos científicos en general, estadísticas actuariales para los seguros de vida, recaudación de impuestos, recuentos catastrales, contabilidad estatal o empresarial, etc. La consecución de este objetivo ha estado subordinada a los progresos de la tecnología. La solución se ha basado en la realización de los cálculos mediante procedimientos primeramente mecánicos, y después eléctricos y electrónicos, y, si es posible, automáticos.

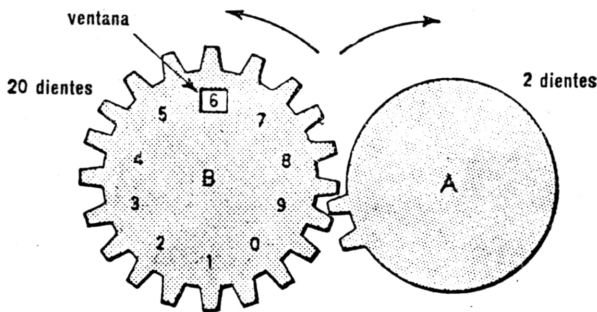


Fragmentos y esquema de lo que parece ser fue una calculadora astronómica construida por griegos hace 2000 años.

Se podría aducir que ya los logaritmos simplificaban enormemente las multiplicaciones, divisiones, potenciaciones y radicaciones. Pero, la limitada precisión de los logaritmos (cinco cifras significativas en el mejor de los casos, según la tabla de Briggs) y la consiguiente acumulación de errores al aumentar el número de operandos, la imposibilidad de hacer largas sumas y restas, y sobre todo los errores con que habían sido calculados (¡a mano!) los logaritmos, impulsaron la necesidad de buscar otro procedimiento.

Una **calculadora mecánica** es, en esencia, una especie de ábaco, pero con ruedas dentadas en lugar de varillas y fichas, y dotado de un mecanismo para el transporte de las unidades que se lleven, de una posición digital a la siguiente más significativa. La paternidad de esta idea es muy discutida y el hecho de haber sido el primero en llevarla a la práctica, todavía más.

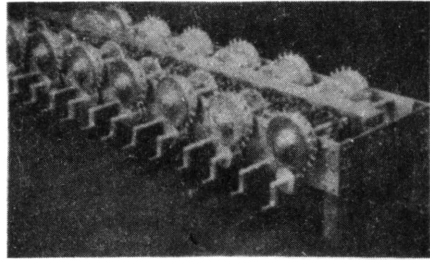
En 1900 unos pescadores griegos encontraron en el mar Egeo parte de lo que había sido una compleja máquina de engranajes. Tenía por lo menos veinte ruedas aún intactas. Los que años después estudiaron este hallazgo llegaron a la conclusión de que se trataba de una calculadora mecánica que databa aproximadamente del año 60 antes de Cristo.



Sistema de arrastre, por engranaje desmontable, de las sumadoras mecánicas: cada vuelta de rueda A provoca un giro de un décimo de vuelta de la rueda B.

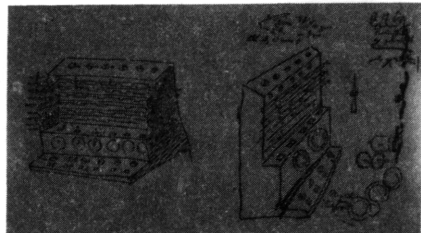
La primera constancia escrita sobre cómo debía ser una calculadora es obra de **Leonardo da Vinci** (1452-1519). Una reconstrucción hecha en 1967 a partir de un códice suyo, nos muestra una caja conteniendo siete ruedas (una por cifra) con un dispositivo de arrastre en cadena similar al que ahora llevan los cuentakilómetros de los coches. Pero este invento, y otros del genial toscano, como, por ejemplo, el helicóptero, el paracaídas, el tanque y la ametralladora, no se materializó porque la tecnología de la época no estaba a la altura de su ingenio.

Calculadora de Leonardo da Vinci, construida a partir de sus dibujos.



2.2 WILHEM SCHICKARD

La historia de las calculadoras mecánicas comienza propiamente con el alemán **Wilhem Schickard** (1592-1635), profesor de la Universidad de Tübingen, de lenguas orientales (1619-1631), y de matemáticas y astronomía (1632-1635). En 1623 comunica al astrónomo **Johannes Kepler** la noticia de su invento. La máquina era una sumadora-restadora que tenía seis ruedas (una por cifra) que hacían de acumulador* y otras seis, desconectadas de las primeras, que hacían de memoria. Además, tenía un dispositivo especial que le permitía hacer multiplicaciones, basado en los rodillos de Neper; si el resultado excedía de 999.999 sonaba una campana indicando el “overflow” y, entonces, entraba en juego un sistema adicional (para los dígitos a partir séptimo), basado en anillos que el operador se debía poner en la mano derecha.



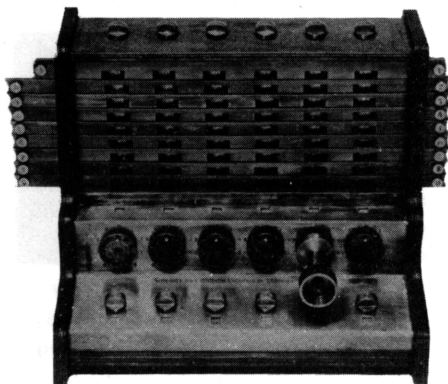
Croquis enviados por Schickard a Kepler en 1624.

* El acumulador contiene el resultado de las operaciones. Así, en una calculadora electrónica, el contenido del acumulador aparece en la pantalla.

Kepler debió pedirle una copia de su invento, ya que en 1624 Schickard le envía una carta explicándole los detalles de su funcionamiento y construcción, y completa su descripción con varios croquis. Asimismo, le comunica que la copia que había encargado para él se había destruido en un incendio. No se sabe a ciencia cierta el porqué, pero el hecho es que dicha copia nunca le fue remitida a Kepler. De la construcción original tampoco se tiene noticia; Schickard, junto con toda su familia, murió en 1635 víctima de una de las grandes pestes que asoló Europa. Se cree que la máquina debió caer en manos de alguien que no supo darle mejor uso que el de combustible en una hoguera; quizás algún día aparezca en un viejo desván (¡ojalá!).

Las dos cartas a Kepler aparecieron a mediados del presente siglo entre sus papeles. Los dibujos fueron encontrados años más tarde en la biblioteca del Observatorio de Pulkovo (cerca de Leningrado), en uno de sus cuadernos de notas. Aunque las cartas no daban detalles completos de la construcción de la máquina de Schickard, **Bruno Baron von Freytag Loringhoff**, profesor de filosofía de la Universidad de Tübingen y experto conocedor de las técnicas de construcción de relojes en el siglo XVII, ha logrado realizar una reconstrucción de dicha máquina.

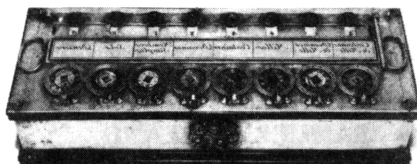
Las ideas de Schickard fueron parcialmente redescubiertas después por **Samuel Morland** y por **René Grillet**, pero las máquinas de éstos fueron netamente inferiores. Antes de hablar de estos personajes, y por respeto a la cronología, vamos a dedicar nuestra atención al filósofo y matemático francés **Blaise Pascal** (1623-1662), considerado hasta hace pocas décadas como el primer constructor de una calculadora.



Reconstrucción de la máquina de Schickard.

2.3 BLAISE PASCAL

A la edad de 19 años (1642), Pascal construyó su **machina arithmetica** (más tarde llamada **pascalina**), sólo sumadora en un principio (con acarreo automático) y que después de sucesivas modificaciones tomó forma definitiva (sumadora y restadora) en 1645. De este último modelo se hicieron y vendieron unos pocos ejemplares. Parece ser que los primeros intentos de construcción de la máquina se remontan a la adolescencia de Pascal y se explica que la motivación fue que su padre, recaudador de impuestos, pasaba demasiado tiempo sumando, lo cual le impedía salir a jugar con él a la **paume** (una especie de combinación de tenis y pelota vasca).



Blaise Pascal y su "machina arithmetica"

La máquina operaba con números de hasta seis dígitos en el sistema decimal y poseía dos posiciones adicionales para la moneda fraccionaria francesa de la época. Para sumar, por ejemplo, 876 más 459, se ponían a cero los números de las ventanas; a continuación, se introducía un objeto puntiagudo (**stylus**) en la ranura correspondiente al 6, del dial de las unidades, para des-

pués moverlo en sentido horario hasta encontrar un tope (como cuando se marca un número de teléfono); en la ventana superior aparecía el 6. Idéntica operación se repetía con el 7 y el 8, en los diales de las decenas y las centenas, respectivamente. El segundo sumando, 459, se introducía del mismo modo. El resultado se leía en las ventanas superiores.

Para restar, por ejemplo 876 menos 459, se había de proceder del mismo modo, sólo que el resultado había que leerlo en unas ventanas adicionales, situadas encima de las otras, y visibles al extraer una tapa en forma de regla que las cubría.

La idea se basa en un método para restar conocido por **suma del complemento**, siendo éste el número que se obtiene al restar de 9 cada una de las cifras del sustraendo, salvo la última significativa (no nula) que se resta de 10. Se supone que el sustraendo tiene tantas cifras como el minuendo; de no ser así, se completa con ceros a la izquierda. Hecha la suma, hay que despreciar el uno que se encuentra más a la izquierda.

$$\begin{array}{r}
 876 \\
 - 459 \\
 \hline
 417
 \end{array}
 \quad \longrightarrow \quad
 \begin{array}{r}
 876 \\
 + 541 \\
 \hline
 1417
 \end{array}$$

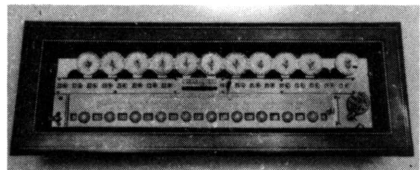
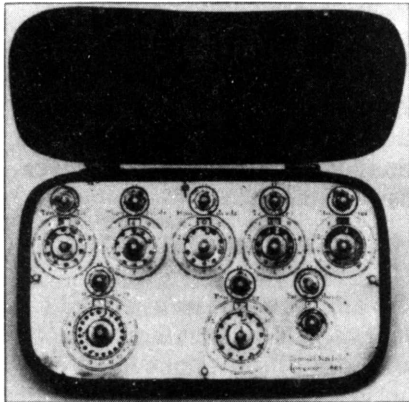
$$\begin{array}{r}
 2421 \\
 - 0740 \\
 \hline
 1681
 \end{array}
 \quad \longrightarrow \quad
 \begin{array}{r}
 1421 \\
 + 9260 \\
 \hline
 11681
 \end{array}$$

2.4 SAMUEL MORLAND

Samuel Morland (1625-1695) fue un diplomático inglés. Poseedor, desde temprana edad, de una gran cultura y hábil mecánico, aprovechó sus viajes profesionales para entrar en contacto con filósofos, científicos y constructores de ingenios mecánicos. Gracias a su fidelidad al exiliado rey **Carlos II**, cuando éste volvió al trono, le fueron concedidos honores y una pensión que le permitió retirarse del servicio activo para dedicarse a la invención de una variada gama de dispositivos: barómetros, bocinas, bombas de agua y máquinas de calcular.

En 1666, Morland construyó una sumadora de moneda inglesa. Consta de cinco discos giratorios para sumar hasta 99.999 libras (lo cual permitía

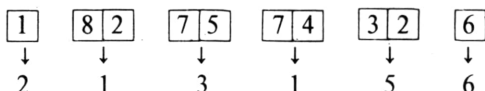
utilizar la máquina como sumadora general) y tres discos adicionales para la moneda fraccionaria: chelines (12 chelines = 1 libra), peniques (20 peniques = 1 chelín) y cuartos de penique (**farthings**). La máquina carecía de un dispositivo para el acarreo automático; el acarreo debía realizarse manualmente, añadiendo las unidades que indicaban los discos auxiliares (una por cada vuelta completa). La calculadora, era pues, netamente inferior a la de Pascal (si se excluye el hecho de que era realmente de bolsillo: $10 \times 7,5 \times 0,7$ centímetros), a pesar de que Morland había tenido oportunidad de examinar una pascalina.



Samuel Morland y sus máquinas: sumadora (izquierda) y multiplicadora (derecha).

En 1672 Morland publicó un pequeño libro titulado **Descripción y uso de dos instrumentos aritméticos** (la sumadora de moneda inglesa y la multiplicadora que veremos a continuación). En él propone la inclusión de discos de acarreo secundarios, cuyas unidades (una por cada vuelta completa del disco auxiliar correspondiente) debían añadirse al disco principal que se encontraba dos posiciones a la izquierda. No se tiene constancia de que esta máquina se llegara a construir.

La multiplicadora de Morland no es otra cosa que una versión particular de los rodillos de Neper. Consta de discos (uno por dígito), con un agujero semicircular en el centro, que deben ser colocados en sendos ejes verticales. Girando los discos convenientemente, en unas pequeñas ventanas frontales aparecen las parejas de dígitos (un solo dígito para las cifras de los extremos) que deben ser sumadas. Por ejemplo, al multiplicar $23684 \times 9 (= 213156)$ se obtenía:

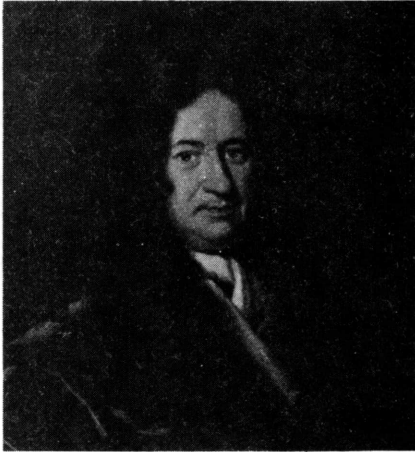


Recuérdese que mediante las regletas de Neper este producto se calculaba así:

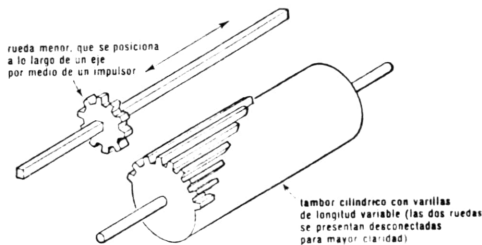
$$\begin{array}{r}
 12573 \\
 87426 \\
 \hline
 213156
 \end{array}$$

Esta máquina sólo servía para multiplicar por números de una cifra; para multiplicar por números de dos o más cifras, los productos parciales debían ser sumados a mano, o bien utilizando la sumadora. Mediante unos discos especiales se podían calcular raíces cuadradas y cúbicas.

prácticamente todas las calculadoras mecánicas posteriores, incluso en las de este siglo. Este dispositivo permite realizar cómodamente sumas y restas repetitivas, es decir, las operaciones intermedias para multiplicar y dividir, respectivamente.

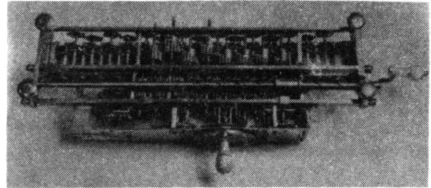
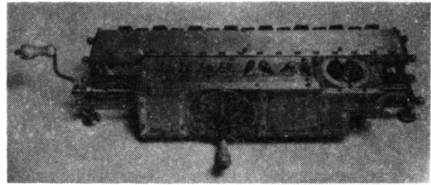


Gottfried Leibniz y la rueda escalonada de su invención.



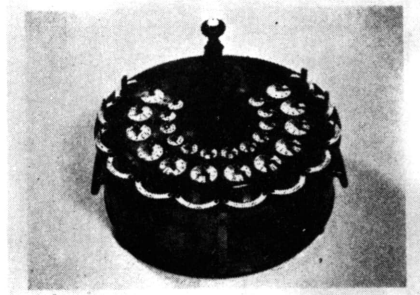
Desgraciadamente, la construcción masiva de este prodigio no fue posible hasta un siglo después de la muerte de Leibniz, debido al hecho de que las técnicas de ingeniería de producción del siglo XVIII (puramente artesanales) eran incapaces de conseguir el grado de precisión que exigían sus mecanismos. Tanto fue así, que el mismo Leibniz hubo de construir, una a una, todas las piezas de sus máquinas, ya que no fue posible encontrar alguien que fuese capaz de substituirlo en este trabajo.

Máquina de Leibniz, vista desde arriba y desde abajo.



De Leibniz se dice que fue el último filósofo, en el sentido de que fue el último ser humano capaz de dominar el saber de su época. Sus profundos estudios de lógica influyeron, dos siglos más tarde, en el desarrollo de la lógica simbólica (**George Boole**). Asimismo, la **aritmética binaria** por él creada se reveló, trescientos años después, como más adecuada que la decimal para los ordenadores digitales.

Calculadora mecánica de bolsillo marca CURTA, basada en la rueda escalonada de Leibniz.



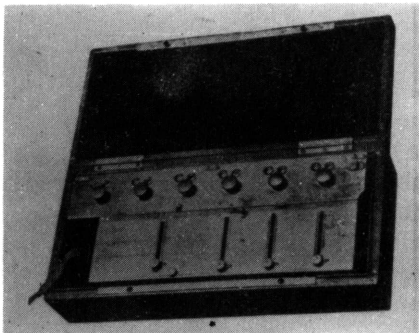
Máquina de Hahn.

De máquinas tipo Leibniz (con rueda escalonada) se llegaron a construir unos 1.500 modelos diferentes. De las que datan del siglo XVIII destacaremos la de **Phillipp Hahn** (1770), la de **Charles Stanhope** (1785) y la de **J. H. Müller** (1783).

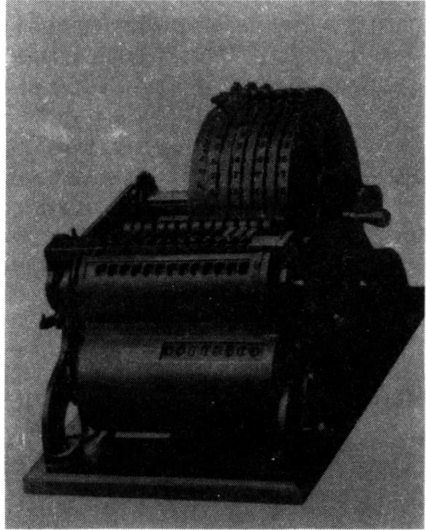
2.7 LA ERA DE LAS CALCULADORAS

En 1820 (fijense en la fecha) el alsaciano **Charles Thomas**, director de una compañía de seguros, puso en práctica el diseño de una máquina tipo Leibniz construable a escala industrial y a bajo coste. Después de mejoras sucesivas durante los siguientes cincuenta años, la máquina de Thomas se situó en el inicio de un proceso que a finales del siglo XIX dejó la calculadora completa y a un precio muy asequible, nunca antes imaginado.

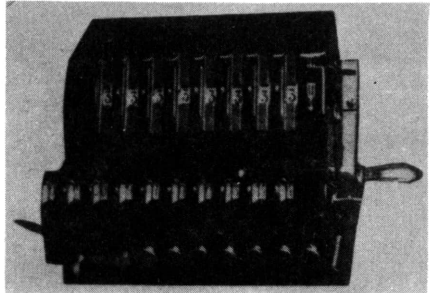
El norteamericano **Frank Baldwin** construyó, en 1872, una calculadora a la cual varios años después le añadió la denominada **rueda Odhner**, una variante de la rueda de Leibniz con un número variable de dientes sobresalientes, inventada por **Willgodt Odhner**. Las calculadoras de tipo Baldwin-Odhner son la prefiguración de la clásica calculadora de sobremesa, con manecilla lateral, que a partir de 1910 comercializaron diversos fabricantes, siendo los más conocidos **Brunsviga** y **Monroe**.



Máquina de Thomas (1820).



Máquina de Baldwin (1875).

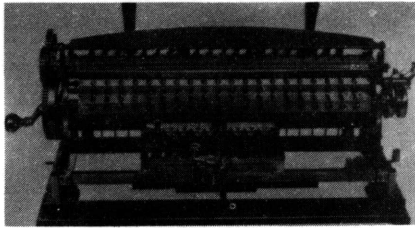


Máquina de Odhner (1878).

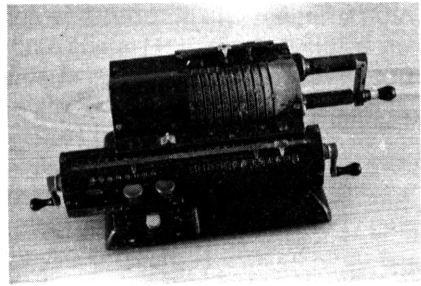
El francés **Léon Bollée**, a la edad de 18 años (1889), concibió una multiplicadora directa capaz de hacer las multiplicaciones por tabla y no por iteración (sumas reiteradas). La máquina, mejorada en ciertos aspectos, fue presentada en la **Exposición de Tours**, en 1892; además de las cuatro operaciones, podía extraer raíces cuadradas de números de 18 cifras en medio minuto. Este modelo fue industrializado desde 1899, con la marca **Millonaire**, por el suizo **Otto Steiger**. Se vendieron 4.655 ejemplares hasta 1935 en que dejó de fabricarse; en 1910 salió al mercado una versión eléctrica. Una de estas máquinas fue utilizada a principios de siglo por el astrónomo **Percival Lowell**

para estudiar las perturbaciones en la órbita de Urano por el entonces desconocido planeta **Plutón**, cuya existencia anunció en 1915, siendo descubierto finalmente el 13 de mayo 1930 por **Clyde Tombaugh**.

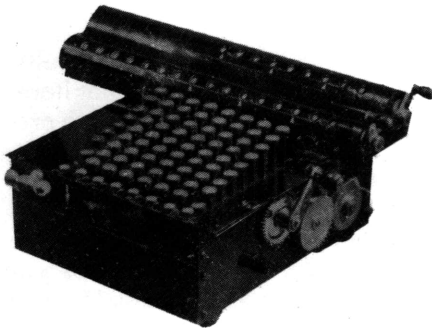
Aunque Bollée inventó otras calculadoras y máquinas para oficinas, dedicó la mayor parte de sus esfuerzos a diseñar y construir coches y a competir con ellos en carreras. Fue fundador del circuito de Le Mans. Su andadura como inventor la había iniciado a los 13 años, cuando patentó una bicicleta acuática insumergible; un inglés apellidado **Rigby** cruzó el Canal de la Mancha montado en ella.



Máquina de Bollée.

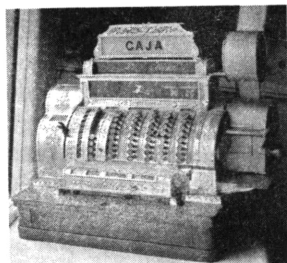


Calculadora Brunsviga.

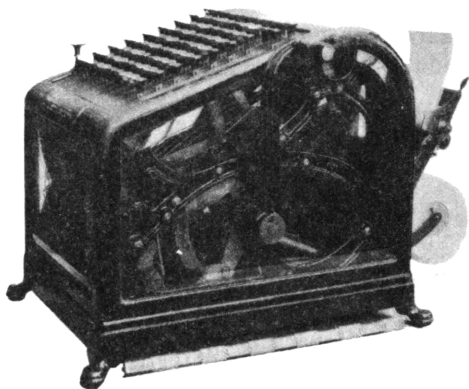


Primera calculadora Monroe (1912).

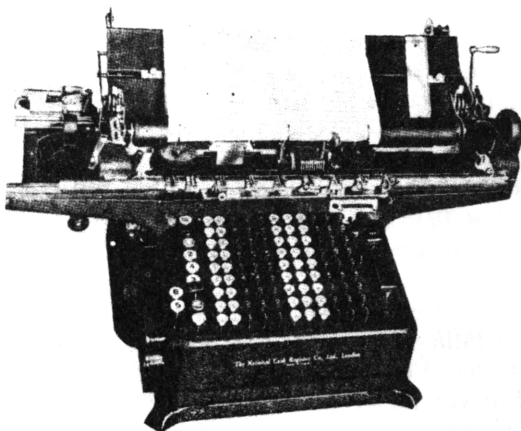
Caja registradora.



Máquina de Burroughs.



Máquina de contabilidad.



Por último, no podemos acabar este apartado sin mencionar los derivados de las calculadoras mecánicas. En primer lugar, tenemos la popular caja registradora, inventada por **James Ritty** en 1879 y comercializada bajo la marca **National** desde 1884. Otros dos derivados importantes son una sumadora provista de impresora, inventada por **William Burroughs** en 1884, y una sumadora con totalización sobre carro tabulante, denominada **máquina de contabilidad**, inventada por **Charles Kettering**; esta última fue comercializada exitosamente por la empresa National después de la Primera Guerra Mundial.

Las calculadoras mecánicas (y sus derivados) han tenido su propia evolución, sobre todo al convertirse en electromecánicas, todavía en uso, pero cada día más desplazadas por las calculadoras electrónicas.

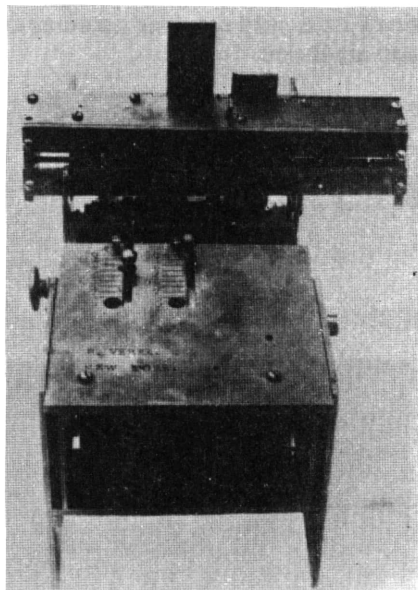
2.8 RAMÓN VEREA Y PAULÍ CASTELLS

Tres son los españoles que han destacado en la construcción de calculadoras: Verea, Castells y Torres Quevedo. En este apartado nos ocuparemos de los dos primeros; del tercero lo haremos en el próximo capítulo.

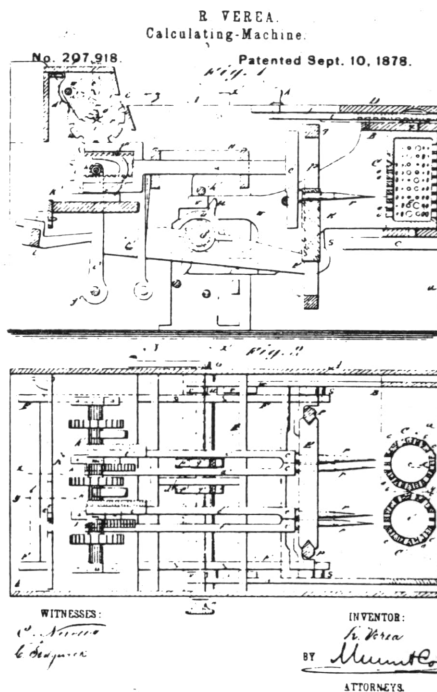
Ramón Verea García (1833-1899) nace en San Miguel de Curantes (Pontevedra). En 1849 ingresa en el Seminario Conciliar de Santiago de Compostela, abandonando la carrera eclesiástica en 1854 para embarcarse hacia Cuba, en 1855; allí trabaja como maestro de escuela y después como periodista y escritor. En 1865 se traslada a Nueva York, dedicándose a la enseñanza del español y a la labor de traducción, así como al comercio de maquinaria para las artes gráficas.

Seguramente gracias a sus conocimientos sobre máquinas impresoras, Verea, un hombre de letras, decide inventar una calculadora; la termina en 1878. Para describir en pocas palabras sus características técnicas, diremos que era similar a la de Bollée, sólo que once años anterior a ésta.

Entrevistado por un periodista del **New York Herald**, con ocasión de la medalla de oro que le había sido otorgada en la **Exposición de Matanzas** (Cuba), Verea aseguró que “no había hecho la máquina ni para emplearla ni para vender su patente, sino simplemente para demostrar que era posible que un español pudiera inventar tan bien como un americano”.



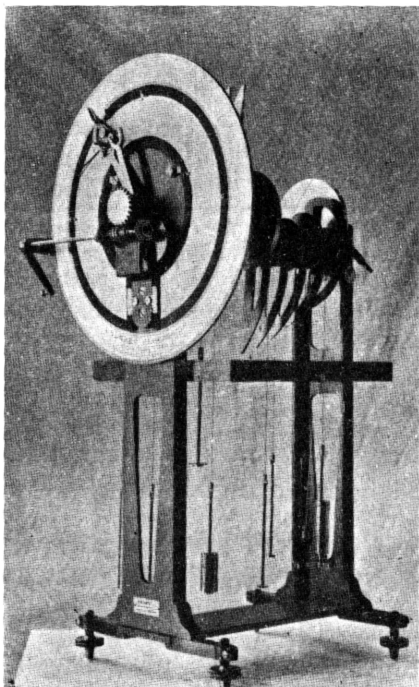
Máquina de Verea y su patente.



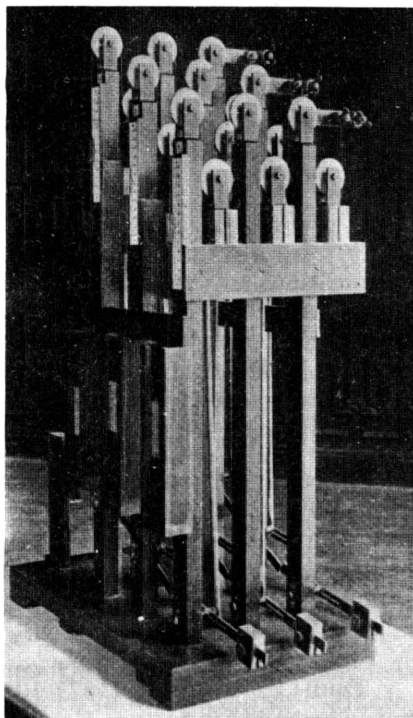
Verea cumplió su palabra al pie de la letra, ya que hasta su muerte, acaecida en Buenos Aires en 1899, siguió dedicándose al periodismo. Español hasta la médula de los huesos, en 1896 publicó en Guatemala, a donde se había trasladado, un opúsculo titulado **En defensa de España**, en el que combatió la política de colonialismo de EE.UU. en el resto de América y defendió la presencia de España en Cuba.

Paulí Castells i Vidal (1877-1956), fue doctor en ciencias físico-matemáticas e ingeniero industrial. Catedrático de análisis matemático de la Escuela de Ingenieros Industriales de su Barcelona natal, director de la misma de 1913 a 1932, y miembro de la Real Academia de Ciencias, publicó numerosos

trabajos sobre matemáticas, espectroscopia celeste y electrodinámica. Inventó diversos artilugios mecánicos, entre los que destacan un velocímetro y dos máquinas analógicas, una para resolver ecuaciones algebraicas y trascendentes denominada **balanza algebraica** y otra para resolver sistemas de ecuaciones lineales denominada **polipasto algébrico**.



Balanza algebraica.



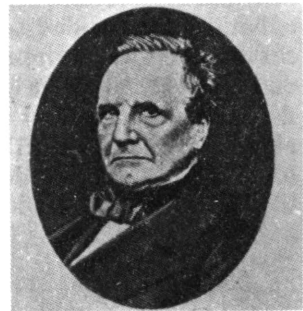
Polipasto algébrico.

Capítulo 3

LOS PRIMEROS DISEÑOS Y REALIZACIONES DE LA INFORMÁTICA

3.1 CHARLES BABBAGE

Las calculadoras mecánicas que se han descrito en el apartado anterior no son automáticas, esto es, requieren la constante acción de un operador, lo cual constituye un serio obstáculo para la velocidad y la fiabilidad de los resultados. En efecto, por muy rápida y fiable que sea una calculadora haciendo operaciones, hay un límite que no se puede traspasar si es necesario que una persona esté constantemente introduciendo números, accionando la máquina cada vez que se haga una operación y escribiendo los resultados parciales en hojas de papel. El ejemplo más ilustrativo nos lo proporcionan las calculadoras electrónicas de cuatro operaciones, sin paréntesis ni memoria.



Charles Babbage.

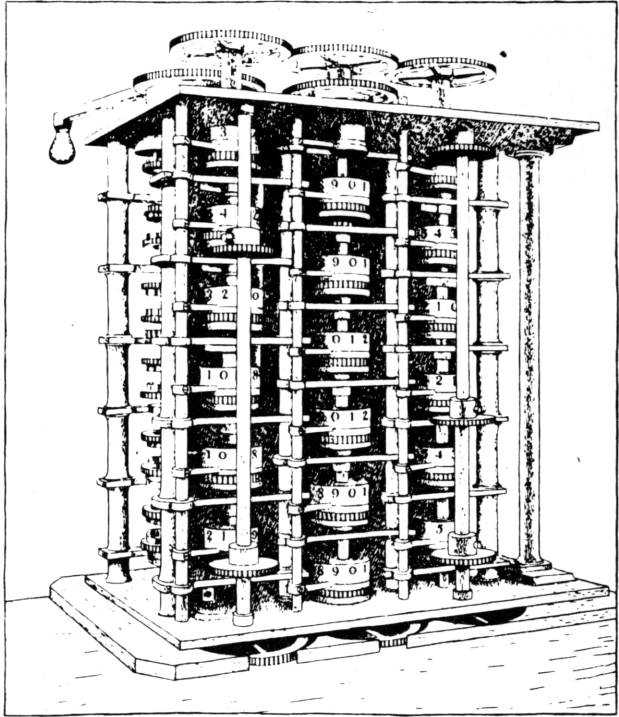


Ada Augusta Byron.

Un día de 1812 dos estudiantes de Cambridge, **Charles Babbage** y **John Herschel**, hijos de un rico banquero y del famoso astrónomo **William Herschel**, respectivamente, deben comprobar unos cálculos hechos para la Sociedad Astronómica. En su aburrida tarea de comprobar las cifras, Herschel y Babbage encuentran una buena cantidad de errores. En un cierto momento Babbage dice en broma: “Ojalá que estos cálculos hubiesen sido hechos a vapor”, esto es, hechos por una máquina (recuérdese que estamos en plena revolución industrial y que la máquina a vapor —inventada por **Newcomen** en 1711, pero desarrollada por **James Watt** a partir de 1769— es el invento más importante que hasta entonces había producido la tecnología). Herschel, siguiéndole la broma a Babbage, replica: “Eso es completamente posible”. A partir de este momento Babbage vivirá obsesionado por la idea de construir una máquina capaz de hacer los cálculos automáticamente y sobre todo sin errores, ya que las tablas de logaritmos de la época estaban plagados de ellos, cosa que Babbage conocía perfectamente.

Aquel mismo año (1812), Babbage concibe su **máquina de diferencias**, un instrumento mecánico para calcular (e imprimir) tablas de funciones matemáticas. En realidad, se trata de una máquina para calcular valores numéricos de funciones polinómicas, pero suficiente para construir las mencionadas tablas. En efecto, la mayoría de las funciones se pueden aproximar, en un determinado intervalo numérico, mediante una función polinómica; por ejemplo, $\text{sen } x \cong x - x^3/3! + x^5/5! \dots$ (*) (x radianes) en un intervalo centrado en el 0, siendo el grado del polinomio dependiente de la amplitud del intervalo y del grado de exactitud deseado.

* $3! = 1 \times 2 \times 3 = 6$, $5! = 1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5 = 120$, ... $n! = 1 \times 2 \times 3 \dots (n-1) \times n$.



Máquina de diferencias de Babbage.

x	R ₁	R ₂	R ₃
0,0	10,00		
0,1	10,61	0,61	
0,2	11,24	0,63	0,02
0,3	11,89	0,65	0,02
0,4	12,56	0,67	0,02
0,5	13,25	0,69	0,02
0,6	13,96	0,71	0,02
0,7	14,69	0,73	0,02
0,8	15,44	0,75	0,02
0,9	16,21	0,77	0,02
1,0	17,00	0,79	0,02

Tabla de la función $f(x) = x^2 + 6x + 10$ y sus diferencias.

La base matemática de la máquina de diferencias es una propiedad de los valores de una función polinómica de grado n sobre una progresión aritmética: si se resta cada valor menos el anterior y se va repitiendo el mismo proceso con los resultados, al llegar al paso n -ésimo todas las diferencias son iguales. En consecuencia, si para un determinado término de la progresión se conoce el valor de la función y las n diferencias, se puede calcular el valor de la función sobre los otros términos, mediante sumas y restas, y sólo son necesarios $n + 1$ registros. Esta propiedad es especialmente útil para la construcción de tablas de funciones, ya que generalmente, en estas tablas, los valores de la variable independiente (x) forman una progresión aritmética.

Veamos un ejemplo ilustrativo (figura siguiente). Supongamos que queremos tabular la función $f(x) = x^2 + 6x + 10$ para $x = 0, 0,1, 0,2, 0,3, \dots$ Como la función es de grado 2, calculamos, en primer lugar, los tres primeros valores ($2 + 1 = 3$):

$$\begin{aligned} f(0) &= 0^2 + 6 \times 0 + 10 = 10 \\ f(0,1) &= 0,1^2 + 6 \times 0,1 + 10 = 10,61 \\ f(0,2) &= 0,2^2 + 6 \times 0,2 + 10 = 11,24 \end{aligned}$$

A continuación calculamos las diferencias primeras de 0,1 y 0,2:

$$\begin{aligned} D_1(0,1) &= f(0,1) - f(0) = 10,61 - 10 = 0,61 \\ D_2(0,2) &= f(0,2) - f(0,1) = 11,24 - 10,61 = 0,63 \end{aligned}$$

Por último, calculamos la diferencia segunda de 0,2:

$$D_2(0,2) = D_1(0,2) - D_1(0,1) = 0,63 - 0,61 = 0,02$$

Con ello, ya tenemos un término (0,2) para el cual conocemos el valor de la función, su diferencia primera y su diferencia segunda:

x	$f(x)$	$D_1(x)$	$D_2(x)$
0,2	11,24	0,63	0,02

Ahora ya estamos en condiciones de calcular el resto de valores de la función. Inicialicemos los registros de la máquina de diferencias:

$$\begin{aligned} R &\leftarrow 11,24 \\ R_1 &\leftarrow 0,63 \\ R_2 &\leftarrow 0,02 \end{aligned}$$

y hagamos que la máquina vaya repitiendo el siguiente ciclo de operaciones:

$$\begin{aligned} R_1 &\leftarrow R_1 + R_2 && \text{(sumar a } R_1 \text{ el contenido de } R_2) \\ R &\leftarrow R + R_1 && \text{(sumar a } R \text{ el contenido de } R_1) \end{aligned}$$

Cada vez que se ejecuta este ciclo tenemos en el registro **R** el valor de la función correspondiente al siguiente término de la progresión. Por ejemplo:

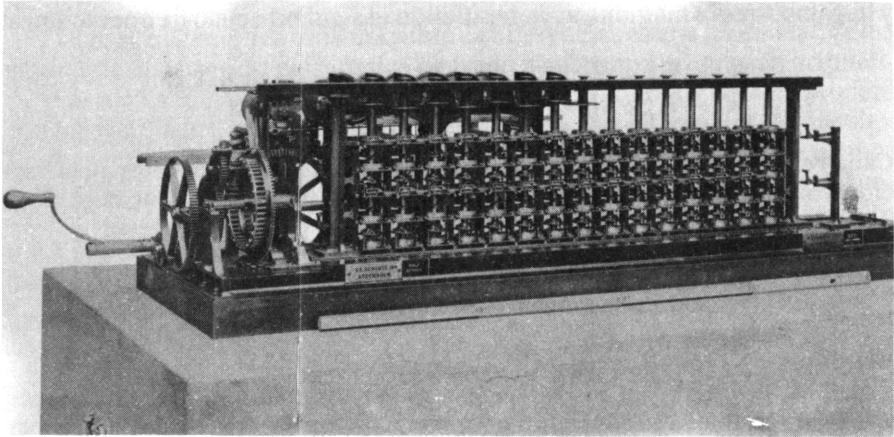
$$\left. \begin{aligned} R_1 &\leftarrow 0,63 + 0,02 = 0,65 \\ R &\leftarrow 11,24 + 0,65 = 11,89 \end{aligned} \right\} f(0,3) = 11,89$$

$$\left. \begin{aligned} R_1 &\leftarrow 0,65 + 0,02 = 0,67 \\ R &\leftarrow 11,89 + 0,67 = 12,56 \end{aligned} \right\} f(0,4) = 12,56$$

En 1822 Babbage consiguió hacer una máquina para tabular funciones de segundo grado con ocho cifras, lo cual le supuso el apoyo de la **Royal Society** y del gobierno inglés para construir una máquina capaz de tabular funciones de sexto grado con veinte cifras. En el año 1842 le fue retirada la subvención porque ya le habían dado 17.000 libras (unos doscientos millones de pesetas hoy) y no la había podido construir. Las razones del fracaso son dos; en primer lugar, Babbage tenía constantemente nuevas ideas y echaba por tierra todo lo que se había hecho antes, originando conflictos con sus mecánicos; por otra parte, la tecnología de la época era incapaz de fabricar, con la precisión requerida, las piezas necesarias.

En 1853, un ingeniero sueco, **Georg Scheutz**, basándose en las ideas de Babbage, construyó con la ayuda de su hijo **Edward** una máquina para tabular funciones de cuarto grado con catorce cifras. Una copia de esta máquina fue vendida a la Oficina del Registro General inglés, y fue empleada para calcular una serie de tablas de mortalidad publicadas en 1864. Años después, el también sueco **Martin Wiberg** y el norteamericano **George Grant** construyeron sendas máquinas de diferencias; la de Grant fue exhibida en Filadelfia en una exposición conmemorativa del centenario de la independencia de su país (1876).

En 1832 Babbage, desilusionado por el fracaso de la construcción de la máquina de diferencias, imaginó una nueva máquina, según él, más sencilla de construir, y que denominó **máquina analítica**. Se trataba, en términos actuales, de un **ordenador mecánico de uso general** preparado para realizar cualquier tipo de cálculo mediante un **programa** adecuado. Conviene aclarar que la máquina de diferencias, por el contrario, sólo puede hacer una secuencia fija de operaciones y es, pues, una **máquina de uso especial**.



Máquina de diferencias de Scheutz (1853).

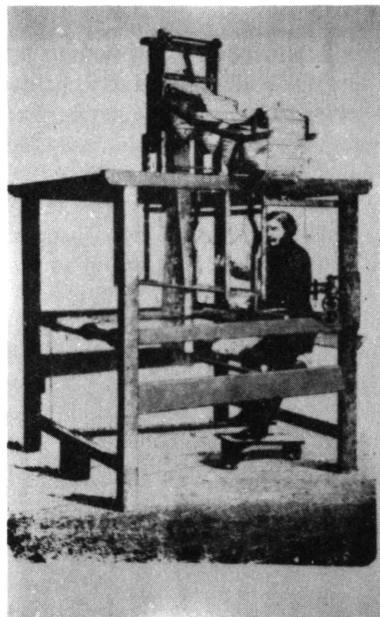
Los elementos esenciales de la máquina analítica habían de ser los siguientes:

- a) Una **memoria** capaz de almacenar 1.000 números de 50 cifras.
- b) Una **unidad aritmético-lógica** para realizar todas las operaciones con aquellos números.
- c) Una **unidad de control** para hacer que la máquina ejecutase las operaciones en el orden correcto.
- d) **Dispositivos de entrada** para suministrar a la máquina los números y las instrucciones de operación (el programa).
- e) **Dispositivos de salida** de los resultados.

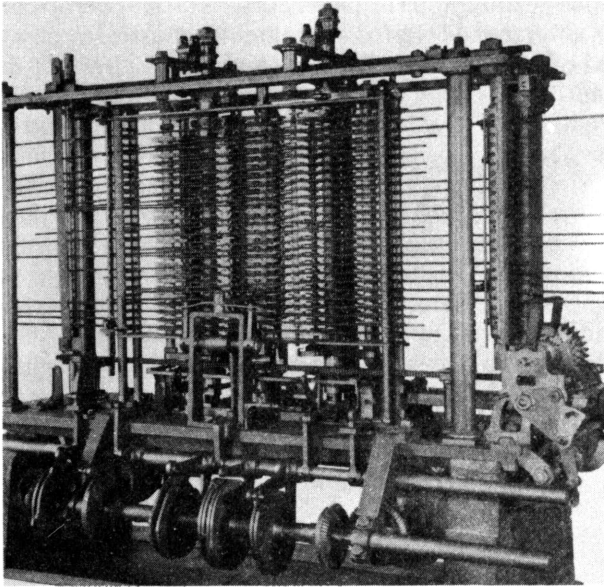
Este esquema tiene un particular interés para nosotros, ya que es idéntico al de los más modernos ordenadores.

Pero las ideas adelantadas de Babbage iban todavía más lejos. Por ejemplo, la entrada de los datos y de las instrucciones se había de realizar mediante **fichas perforadas**, similares a las que hacía más de cien años empleaban los telares y que aún hoy utilizan ciertos ordenadores. En 1725 el ingeniero francés **Basile Bouchon** había inventado un telar que hacía los dibujos si-

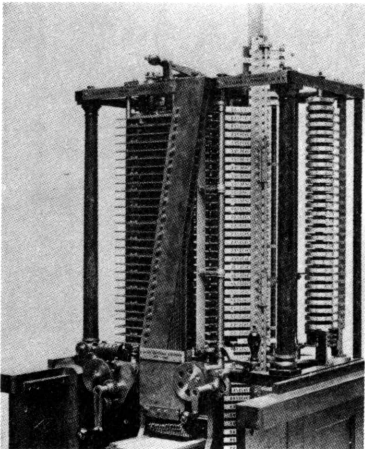
guiendo órdenes registradas en una banda de papel perforada de acuerdo con un código binario (sí-no), similar al de ciertos instrumentos musicales, como por ejemplo, las cajas de música, los organillos y las pianolas. El invento de Bouchon fue perfeccionado a principios del siglo XIX (1806) por el también francés **Joseph Marie Jacquard** (1752-1832) y por lo que hace referencia a lo que nos interesa, substituyó la banda de papel por fichas de cartón, más fáciles de combinar y más resistentes al uso; además, como contenían poca información, en caso de error en la perforación, no costaba mucho hacer una nueva. Babbage profesaba una gran admiración por Jacquard y había adquirido un retrato suyo hecho con uno de sus telares de Lyon; para ejecutarlo se habían necesitado 24.000 fichas perforadas y los detalles eran tan perfectos que, al verlo, todo el mundo pensaba que era un grabado. Babbage, entusiasmado por las fichas perforadas, había llegado a decir que su máquina analítica serviría para “tejer pautas algebraicas de la misma manera que el telar de Jacquard tejía flores y hojas”.



Telar de Jacquard.



Parte de la inacabada
máquina analítica
de Babbage.



La Mill de Henry Babbage.

Babbage fue un hombre versátil. Se le considera precursor, además de la informática, de la investigación operativa por su importante obra **Sobre la economía de manufacturas y de maquinaria**. Publicó una tabla de logaritmos del 1 al 108.000, extensamente utilizada. Calculó tablas de mortalidad e hizo un intento vanguardista de popularizar los seguros de vida. Inventó desde herramientas hasta artificios para evitar catástrofes ferroviarias y sistemas de iluminación de faros costeros. Escribió artículos sobre física, geología, astronomía y arqueología, pero poca cosa sobre la gran pasión de su vida: las máquinas matemáticas. Si algo nos ha llegado de sus ideas, además de unas cuantas máquinas inacabadas, los diseños de sus mecanismos (unos 100 m² de papel) y sobre todo una autobiografía, ha sido en gran parte gracias a unas conferencias que dio en 1840 en Turín (Italia). Uno de los asistentes, **L.F. Menabrea**, ingeniero y oficial de la Academia Militar de aquella ciudad, escribió un informe y lo publicó en un diario de Génova, en 1842. Un año después, el artículo fue traducido al inglés y publicado en el *Scientific Memoirs* por **Lady Augusta Ada** (1815-1852), condesa de Lovelace, hija de Lord Byron y amiga personal de Babbage. Añadió a la traducción una gran cantidad de notas sobre programación, exponiendo ideas tan actuales como la instrucción de **bifurcación**, hacia adelante y hacia atrás (el GO TO de los lenguajes de programación), y la ejecución de bucles (repeticiones). Pero al mismo tiempo, desmitificó la máquina analítica diciendo que “no pretende, en absoluto, crear nada; sólo puede realizar lo que nosotros sepamos ordenarle”. Por todo esto se dice, con justicia, que Lady Lovelace es la primera programadora de la Historia. En su homenaje, la NASA ha llamado **ADA** al lenguaje de programación que ha desarrollado.

A la muerte de Babbage, su hijo **Henry** continuó con la construcción de la máquina analítica. En 1910 dio a conocer su unidad aritmética (llamada **Mill**), con impresora incluida, sin conseguir éxito alguno.

La máquina analítica fue inspiradora de las obras del irlandés **Percy Ludgate**, del español **Leonardo Torres Quevedo** y del francés **Louis Couffignal**, respectivamente en la primera, segunda y tercera década del presente siglo.

3.2 LEONARDO TORRES QUEVEDO

Leonardo Torres Quevedo nace en Santa Cruz de Iguña (Santander) el 18 de diciembre de 1852. En 1868 termina en Bilbao sus estudios de bachillerato y ese mismo año viaja a París. En 1870 regresa a Bilbao y en 1871 ingresa

en la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid, para seguir la misma carrera que su padre. Termina en 1876 y durante breve tiempo se dedica a trabajos ferroviarios que abandona para realizar un largo viaje por Italia, Francia y Suiza, a fin de completar su formación.

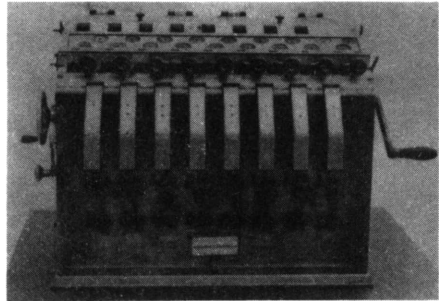


Leonardo Torres Quevedo.

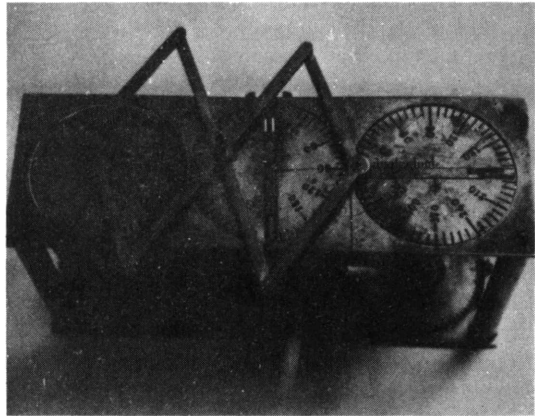
Gracias a la herencia que le legaron unas parientas suyas, las Srtas. Barenchea, no se vio sujeto al imperativo de un sueldo para sostener a su familia (se había casado en 1885). Durante los años que transcurren hasta 1890, Torres Quevedo investiga y desarrolla sus ideas sobre calculadoras y transbordadores, que más adelante le darían renombre internacional.

En 1890, Torres Quevedo presenta en Suiza un proyecto para la construcción de un transbordador que ha ensayado con éxito en su pueblo natal. El proyecto es rechazado por los científicos helvéticos e, incluso, duramente fustigado por la prensa. Este fracaso, que sería el primero y único, no le impide seguir trabajando, aunque de momento deja los transbordadores. Así, en 1893 envía a la Academia de Ciencias su **Memoria sobre máquinas algebraicas**, cuyo informe favorable, a cargo de **Eduardo Saavedra**, le abre las puertas de la fama. Después vendría una interminable serie de trabajos e invenciones a lo largo de más de cuarenta años.

A principios de siglo, se crearon varios centros oficiales para desarrollar sus inventos. Uno de ellos (su preferido) fue el **Laboratorio de Automática**, cuya sede estuvo en el Palacio de la Industria y de las Artes, en los altos del antiguo hipódromo de Madrid. Allí trabaja hasta su muerte, acaecida en plena Guerra Civil, concretamente el 18 de diciembre de 1936, cuando le faltan sólo diez días para cumplir los 84 años.



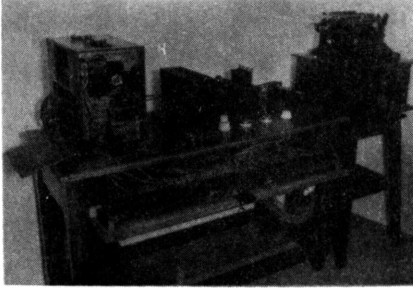
Máquina algebraica de Torres Quevedo.



Máquina analógica de Torres Quevedo para resolver ecuaciones de segundo grado con coeficientes complejos.

Las máquinas de calcular de Torres Quevedo se dividen en dos grupos: analógicas y digitales (ver 3.6). De las primeras destacamos una máquina para resolver ecuaciones de segundo grado con coeficientes complejos, un integrador mecánico y una máquina para resolver ecuaciones algebraicas. Elementos básicos de la última son los **aritmóforos**, que representan logaritmi-

camente los valores de las variables (generalmente monomios), y el **husillo sin fin**, un ingeniosísimo mecanismo para hallar el logaritmo de la suma de dos números a partir de los logaritmos de los sumandos. Todas estas máquinas fueron proyectadas antes de 1900.



Aritmómetro de Torres Quevedo.

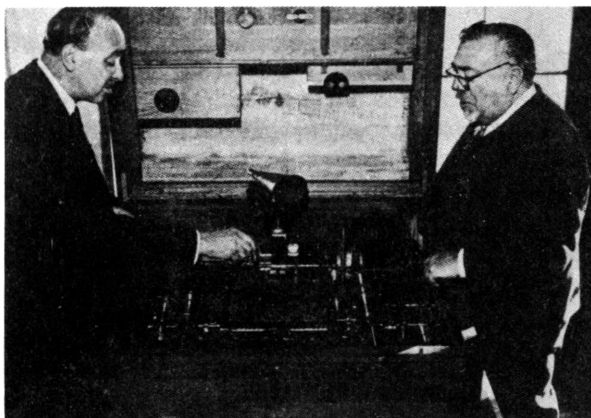
En cuanto a sus calculadoras digitales, llamadas **aritmómetros**, Torres Quevedo es el más importante continuador de las ideas de Babbage. El primer aritmómetro completo, a base de relés, fue exhibido en París, con motivo del centenario de la máquina de Thomas (1920). Estos aparatos eran gobernados a distancia mediante una máquina de escribir (con contactos eléctricos en sus teclas) que también servía para escribir automáticamente los resultados. Asimismo, tenían una memoria electromecánica que registraba las cifras hasta que se escribía en la máquina el signo de la operación que se quería realizar. El operador se limitaba a entrar los operandos y el signo de la operación; el resto lo hacía la máquina automáticamente.

Esto es particularmente significativo en el caso de la división. En efecto, la división, en las calculadoras digitales, se realiza por resta reiterada del divisor sobre cada dividendo parcial, mientras éste se mantenga mayor o igual que aquél. Obviamente, cada vez que se efectúa una resta, la correspondiente cifra del cociente se incrementa en una unidad. Una vez agotado un dividendo parcial, se baja la cifra siguiente del dividendo, para formar un nuevo dividendo parcial, y se repite el proceso; y así sucesivamente, hasta agotar todas las cifras del dividendo. Con una calculadora no automática, las decisiones de restar, bajar una cifra y dar por concluida la operación, las debe tomar el operador, en base a comparaciones que él debe realizar. Con un aritmómetro de Torres Quevedo, el operador se ve liberado de estas tareas, ya que es la máquina la que compara y obra en consecuencia.

Los aritmómetros de Torres Quevedo fueron las primeras calculadoras

con estas tres características: **automatismo, mando a distancia y memoria**, que en el futuro se impondrían rotundamente.

Torres Quevedo es considerado precursor no sólo de la informática, sino de la **cibernética**, particularmente por su obra **Ensayos sobre Automática. Su definición. Extensión teórica de sus aplicaciones** (1913), un clásico del género, donde el autor hace un profundo estudio teórico sobre lo que hoy denominamos robots y sus aplicaciones, sobre todo en la industria. Dentro de esta línea, consiguió gran popularidad un autómatas de su invención, denominado **el ajedrecista**, que da mate de rey y torre contra rey y reacciona ante las jugadas antirreglamentarias de su adversario, denunciando las dos primeras y bloqueándose a la tercera. Otros aspectos interesantes de este trabajo son la introducción, por vez primera, de la idea de **aritmética de coma flotante** y un exhaustivo estudio de las máquinas de Babbage.



Gonzalo Torres Quevedo mostrando el manejo de su ajedrecista a Norbert Wiener (1951), considerado como el padre de la cibernética.

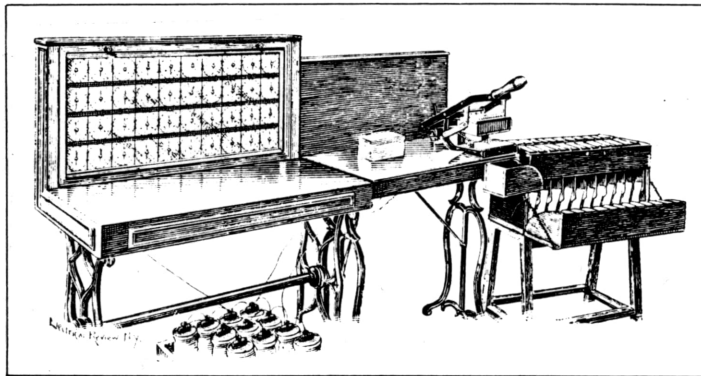
A la luz de las publicaciones e invenciones de Torres Quevedo, no cabe ninguna duda de que hubiese sido perfectamente capaz de construir el primer ordenador electromecánico, al menos veinte años antes que el **Z1** de Zuse (1941) y el **Mark I** (1944) de Aiken (por cierto que este último cita abundantemente a Torres Quevedo en sus trabajos). **Brian Randell**, una autoridad en historia de la informática, opina que si no lo hizo fue porque en aquella época no existía una verdadera necesidad de un ordenador; por este motivo dedicó sus esfuerzos a otras invenciones más útiles en aquel momento. En este sentido, conviene señalar que Torres Quevedo construyó diversos autó-

matas (su aritmómetro entre ellos) sólo con el fin de demostrar que sus ideas avanzadas podían llevarse a la práctica, y no con finalidades comerciales. La necesidad de un ordenador se dio efectivamente al sobrevenir la Segunda Guerra Mundial (1939-1945) y sólo entonces se crearon los medios y entorno adecuados para lograr su consecución.

Otras importantes invenciones del genial montañés fueron el **telekino** (el primer aparato de radiodirección operativo), un globo dirigible semirrígido empleado por las fuerzas armadas francesas e inglesas durante la Primera Guerra y un transbordador que después su hijo **Gonzalo** construiría (1915) sobre las cataratas del Niágara, el **Niagara Spanish Aerocar**.

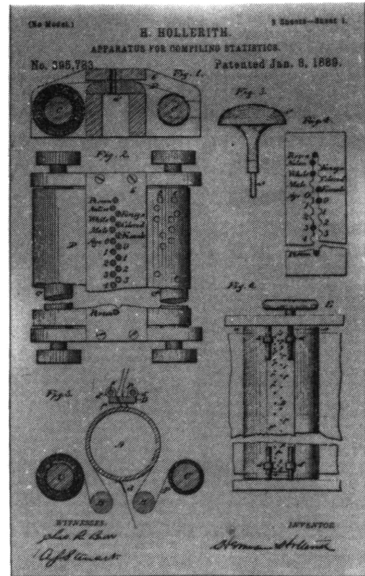
3.3 HERMAN HOLLERITH E IBM

Herman Hollerith (1860-1929), es un estadístico de Buffalo que en 1880 entra a trabajar en la US Census Bureau, la oficina del censo norteamericana, que cada diez años hacía un censo de todo el país. En 1886 se da cuenta de que el proceso de los datos del censo de 1880 no acabará hasta pasado 1890, año en el que debía comenzar el nuevo censo; además, se sabía que el número de habitantes de aquel año habría aumentado de 50 millones en 1880, a 62 millones.



Máquina de Hollerith.

Parte de la patente de la máquina de Hollerith.



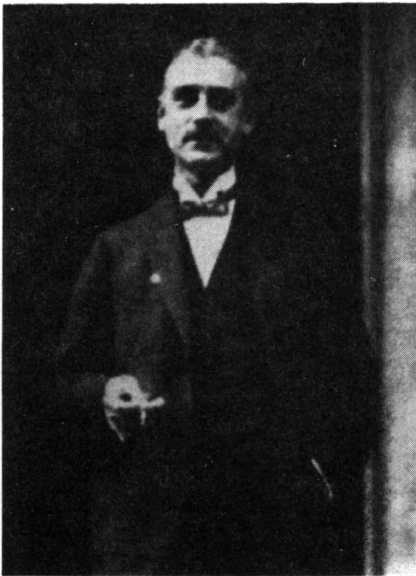
Conviene aclarar que el censo norteamericano de aquella época era esencialmente clasificatorio (hacia inventarios por sexo, religión, profesión, distrito, etc.) y recogía toda clase de informaciones útiles, pero de elaboración y confrontación penosas. El uso de calculadoras no simplicaba el problema, ya que se trataba no tanto de hacer cálculos sino de un **tratamiento de datos**.

Hollerith y la ficha inventada por él para su máquina.



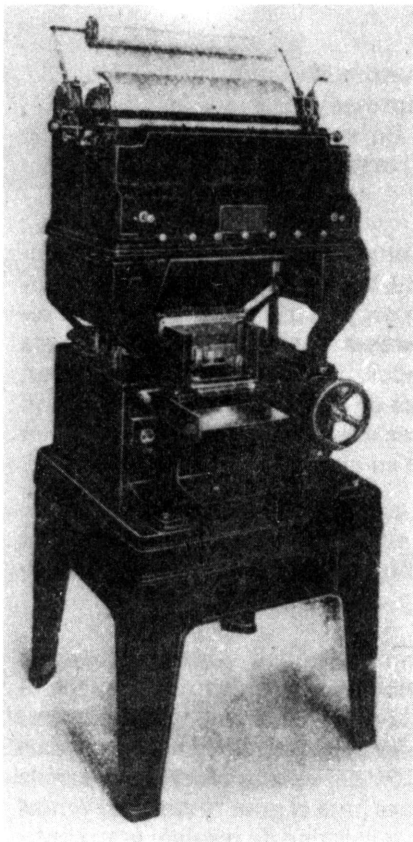
Hollerith, que conocía el sistema de control por fichas perforadas de los telares de Jacquard, se dio cuenta de que muchas de las preguntas del censo solamente admitían dos respuestas (por ejemplo: sexo, ¿es casado?, ¿tiene casa propia?, etc.) las cuales se podían codificar haciendo un agujero, o no haciéndolo, en una determinada casilla de una ficha. Otras informaciones como distrito, religión, profesión, estado civil, número de hijos, edad, etc., también se podían codificar por la presencia o ausencia de perforaciones en un grupo de posiciones. También se dio cuenta de que las perforaciones de una ficha podían ser detectadas por medios eléctricos: la presencia de una perforación permitiría el paso de la corriente eléctrica y la ausencia, la interrumpiría.

Basado en estas ideas, Hollerith diseña una máquina compuesta de una **lectora eléctrica de fichas**, una **tabuladora** y una **clasificadora** rudimentaria. La máquina es construida a finales de la década de los ochenta y es empleada para tratar los datos del censo de 1890. Procesaba 200 ítems por minuto en lugar de los dos por minuto habituales cuando se hacía esto a mano. El invento revoluciona el tratamiento de datos administrativos y el mercado se ve inundado por toda clase de máquinas contables, basadas en la metodología y la tecnología de la tabuladora electromecánica de Hollerith.

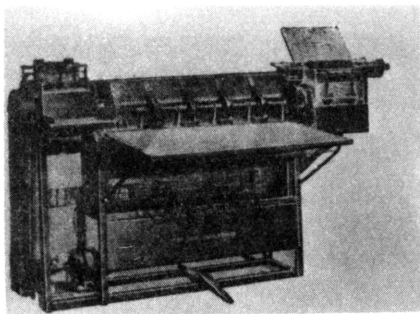


James Powers.

El mérito de Hollerith radica en el hecho de que fue el primer **informático**, es decir, el primero en conseguir el **tratamiento automático de datos** (información). Hay que tener en cuenta que, en general, los ordenadores de hoy dedican más del 80% de su tiempo a tratar datos y, el resto, a hacer cálculos.



Tabuladora Samas (Powers).



Tabuladora IBM (años 30).



Impresoras diseñadas en los años 10 por Edward Kleinschmidt. La fotografía es de 1968, cuando el inventor contaba con 93 años.

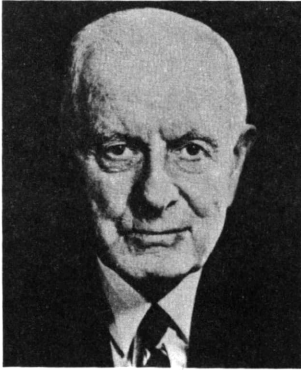
Para poder sacar provecho de su invento, en 1896 Hollerith funda empresa propia, la **Tabulating Machine Co.**. Los datos del censo de 1900 son procesados con sus máquinas en régimen de alquiler. Pero ese mismo año surgen desavenencias, por razones pecuniarias, con la Censu. Poco después, entra en escena el joven ingeniero **James Powers**, que obtiene un contrato para fabricar las tabuladoras para el censo de 1910, con derecho a retener para sí las correspondientes patentes.

En 1911, Powers funda la **Powers Accounting Machine Co.**, al tiempo que Hollerith funda un “holding” con otras empresas y le da el nombre de **Computing-Tabulating-Recording Co.** (CTR). En sus primeros años, la CTR, además de tabuladoras, vende balanzas y cortadoras de jamón, entre otros aparatos.

En 1914 la CTR contrata como director general a **Thomas Watson**, un puritano metodista, ex director de la National. En 1917, Watson funda una sucursal en Canadá y en 1924, convertido en propietario de la empresa, la rebautiza con el nombre de **International Business Machines** (la todopoderosa **IBM** de nuestros días). En aquellos momentos, la empresa había dado ya un gran salto hacia adelante y Watson disponía de una magnífica organización de ventas. En definitiva, había logrado crear una mística: la IBM. Como en ninguna otra, el “hombre IBM” vivía para su empresa.

Watson, sin saberlo, se preparaba para la gran crisis que en 1929 había de remover hasta sus cimientos la economía estadounidense. Al iniciarse este crítico período, toda la organización cerró filas, redobló sus esfuerzos y no registró pérdidas en ningún momento.

Con una gran intuición, o quizás con gran temeridad, Watson hizo trabajar sus fábricas a pleno rendimiento y los stocks llegaron a tomar dimensiones alarmantes. Sin embargo, el recién elegido presidente de los Estados Unidos, **Franklin D. Roosevelt**, con su política de recuperación, la puesta en marcha de la seguridad social y la intervención del estado federal en la vida económica de la nación, creó las condiciones para el gran “boom” de ventas de IBM. Las empresas se encontraron en la necesidad de resolver gran cantidad de nuevas cuestiones de carácter burocrático, lo cual significó la apertura de un nuevo y amplio mercado en el que IBM pudo introducir sus productos sin competencia. El propio estado pasó a ser su mejor cliente y, gracias a sus stocks, logró satisfacer la avalancha de pedidos. Para dar una idea de cuan boyante era la situación de la empresa en aquel entonces, bastará citar que en 1935 se fabricaron más de 3.000 millones de tarjetas para alimentar las máquinas vendidas.



Thomas Watson.



Fábrica de IBM en 1925.

Por su parte, en 1927, la **Powers Accounting Machine Co.**, tras una serie de ampliaciones de capital, se convierte en la División de Tabuladoras de la **Remington-Rand Corp.** Esta empresa será la que construirá los primeros ordenadores UNIVAC.

3.4 LA LÓGICA Y LAS MÁQUINAS LÓGICAS

Antes de continuar nuestra exposición con los primeros ordenadores electromecánicos, hemos creído interesante dedicar un apartado a la lógica y las máquinas lógicas, sobre todo en lo referente a su influencia sobre los ordenadores actuales.

condensados de manera casi algebraica; por ejemplo, “la demostración daría la D a la H de la A con la F y la G” (Ars Magna).

En cuanto a los diagramas lógicos, encontramos precedentes en los diagramas arborescentes de **Aristóteles** (384-322 años antes de Cristo). También los empleaban **Jean Buridan** en el siglo XIV y **Petrus Tartaretus** en el XV. Sin embargo, es el lógico inglés **John Venn** (1834-1923) quien, basándose en los diagramas del matemático suizo **Leonhard Euler** (1707-1783), creó sus conocidos diagramas circulares.

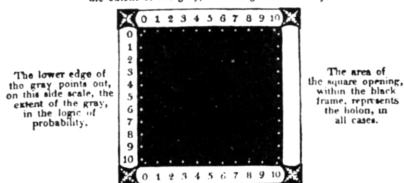
En lo que respecta a los estudios sobre lógica, hay que citar al inglés **George Boole** (1815-1864), creador de la **lógica simbólica moderna**. Influyó notablemente sobre los lógicos posteriores y sobre los diseñadores de circuitos eléctricos, y, en consecuencia, sobre los constructores de los primeros ordenadores. Sus principales obras fueron **Análisis matemático de la lógica** (1847) y **Las leyes del pensamiento** (1854).

También cabe citar, aunque con mucho menos énfasis, a otro inglés, **Charles Dodgson** (1832-1898), más conocido por su seudónimo **Lewis Carroll**. Famoso por su cuento **Alicia en el país de las maravillas** y sus publicaciones sobre matemática recreativa, Dodgson inventó unos ingeniosos diagramas con fichas de colores, que dio a conocer en dos obras, ambas en 1896, **Lógica simbólica** y **El juego de la lógica**, esta última de divulgación, para divertirse haciendo lógica.

D E M O N S T R A T O R,

INVENTED BY
CHARLES EARL STANHOPE.

The right-hand edge of the gray points out, on this upper scale, the extent of the gray, in the logic of certainty.



The lower edge of the gray points out, on this side scale, the extent of the gray, in the logic of probability.

The area of the square opening, within the black frame, represents the holon, in all cases.

The right-hand side of the square opening points out, on this lower scale, the extent of the red, in all cases.

The right-hand edge of the gray points out, on the same lower scale, the extent of the consequence, (or dark red,) if any, in the logic of certainty.

Rule for the Logic of Certainty.

To the gray, add the red, and deduct the holon: the remainder, (or dark red,) if any, will be the extent of the consequence.

Rule for the Logic of Probability.

The proportion, between the area of the dark red and the area of the holon, is the probability which results from the gray and the red.

PRINTED BY EARL STANHOPE, CHEVENING, KENT.

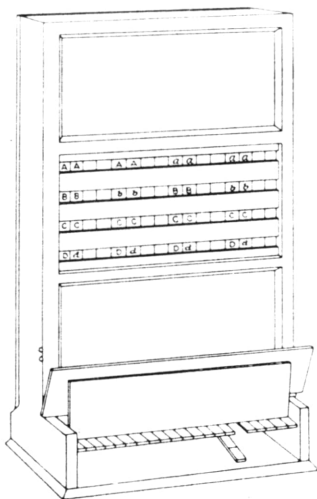
Carátula del demostrador de Stanhope.

El inventor de la primera **máquina lógica**, en el más estricto sentido de la expresión, fue el inglés **Charles Stanhope** (1753-1816). Su máquina, que él llamó **demonstrator** (demostrador), servía no sólo para resolver los silogismos tradicionales, sino también para los numéricos, anticipándose al análisis que después haría el también inglés **Augustus de Morgan** (1806-1871). Asimismo, Stanhope consiguió resolver, por medio de su máquina, problemas elementales de probabilidad.

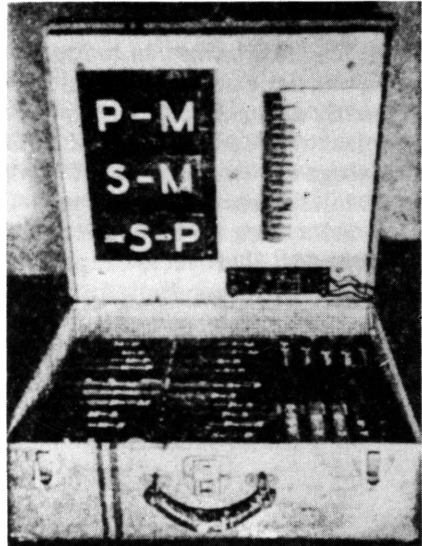
Otro inglés, **Stanley Jevons** (1835-1882), siguiendo las ideas de Boole, construyó en 1869 una máquina para hacer inferencias lógicas. Fue denominada **piano lógico**, porque parecía más bien un piano que cualquier otra cosa.

El primer avance respecto a la máquina de Jevons fue hecho por el norteamericano **Allan Marquand** (1853-1924), que diseñó en 1881 una máquina que hacía lo mismo que la otra, pero con menos teclas (10 en lugar de 21); además, la máquina era más rápida y de mecanismos más sencillos. En 1910 el norteamericano **Charles Macaulay** construyó una aún más compacta.

Al italiano **Annibale Pastore** (nacido en 1896) le debemos una máquina lógica muy original. Se basa en la idea de trasladar la estructura del razonamiento silogístico a un movimiento físico, de una manera similar a la de un ordenador análogo.



Piano lógico de Jevons.



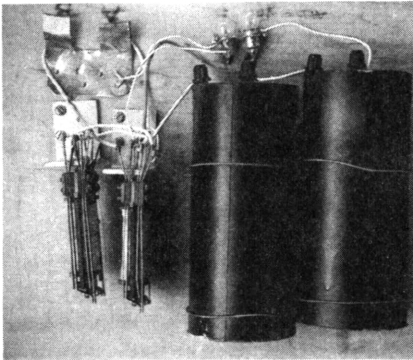
Máquina silogística de Burack.

Respecto a las máquinas lógicas eléctricas (después electrónicas) se han hecho muchas. La primera fue diseñada por Marquand, en 1885, pero parece ser que no se llegó a construir. La que sí se construyó (1936) y funcionaba bien, fue la **máquina silogística** de **Benjamin Burack**.

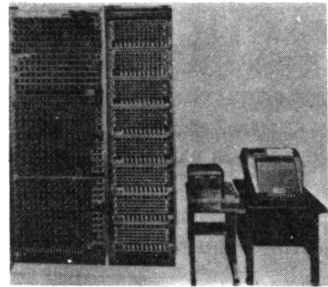
En 1937 el norteamericano **Claude Shannon**, creador de la **teoría de la información**, publicó un artículo, basado en su tesis doctoral, titulado **Un análisis simbólico de los circuitos de relés e interruptores**, que estableció los fundamentos para la construcción de máquinas lógicas veritativas y, al mismo tiempo, sugirió nuevos métodos para diseñar y simplificar circuitos (**teoría de la conmutación**). Este artículo también dio luz sobre los aspectos lógicos de la programación de los ordenadores electrónicos, ya que darles órdenes para que ejecuten una serie de instrucciones determinadas, en unas condiciones asimismo determinadas, es más bien una tarea lógica que aritmética; los diseñadores de **hardware** (circuitos de los ordenadores) lo tienen muy en cuenta.

3.5 LOS PRIMEROS ORDENADORES ELECTROMECÁNICOS

En los años treinta, la todopoderosa **ATT**, compañía telefónica norteamericana, tiene urgentes necesidades de cálculo: diseño de circuitos y de toda clase de dispositivos, cálculo de equilibrio y dimensionamiento de redes, minimización de pérdidas e interferencias, etc. Un matemático que trabajaba allí, **George Stibitz**, y que ya había construido por “hobby” un sumador binario con relés, presenta en 1937 un proyecto de construcción de una máquina, con la aritmética de los números complejos, para resolver los problemas mencionados. El proyecto es aprobado y, así, el 8 de enero de 1940 comienza a funcionar a pleno rendimiento el **Complex Calculator** (Calculador de Complejos); trabaja internamente en **binario** y tiene un **teletipo** como entrada. Ello le permite hacer una demostración que deja boquiabiertos a los científicos: desde Hanover (New Hampshire) hace cálculos con un teletipo conectado, vía cable telefónico, con la máquina que se encuentra nada menos que en Nueva York, a unos 400 km de distancia.



Sumador binario de Stibitz.

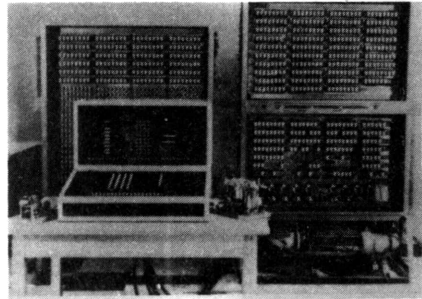


Relés y teletipo del Complex Calculator de Stibitz.

El **Complex Calculator** tuvo cuatro sucesores entre 1942 y 1945, cada uno mejor y más universal que el anterior; todos ellos fueron diseñados por Stibitz y construidos en los **Bell Labs**, los laboratorios de la **ATT**. Estas máquinas calculaban toda clase de expresiones algebraicas, con instrucciones introducidas por el teclado del teletipo o bien por una cinta telegráfica de papel con cinco canales; tenían un dispositivo de búsqueda de una determinada instrucción o dato de la cinta y se podían emplear instrucciones de bifurca-

ción incondicional (GOTO) o condicional (IF ... THEN GOTO). Las máquinas de Stibitz fueron la primera materialización de las ideas de Babbage, ciento diez años después de que éste las hubiese concebido.

Paralelamente a Stibitz, **Konrad Zuse** construye calculadores en una Alemania nazi, no demasiado entusiasta de su esfuerzo pionero. En un contexto de aislamiento, lo cual enaltece todavía más sus realizaciones, construye el **primer ordenador universal y completo**, el **Z3** de 1941, aproximadamente equivalente al **Mark I** de Harvard (construido en 1944), pero más pequeño y ligeramente más rápido. Además es binario, opera en coma flotante y tiene una memoria de 64 palabras de 22 bits (uno para el signo, catorce para la mantisa y siete para el exponente).

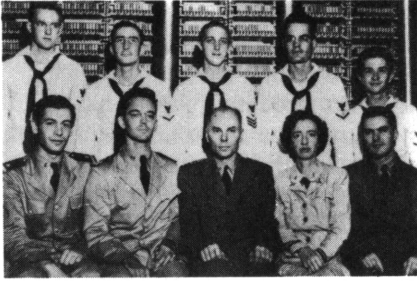


El Z3 de Zuse.

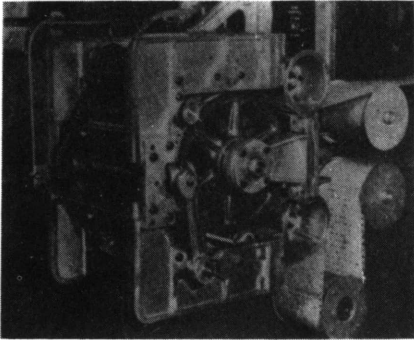
Zuse ya había propuesto, en 1939, hacer una versión electrónica, pero el veto oficial al proyecto impidió que el primer ordenador electrónico fuese construido en Alemania, en favor del **ENIAC** de los Estados Unidos (1945). No obstante, en 1942 logró poner a punto una unidad aritmética electrónica.

Las máquinas de Zuse fueron el objetivo de muchos bombardeos aliados. Aunque constantemente las cambiaban de lugar, los espías daban con su situación y la destrucción se consumaba. Así, el Z3 fue destruido en 1944. Sólo se salvó el **Z4**, un ordenador superior a su antecesor, que había sido terminado en 1945, poco antes de que la guerra acabase.

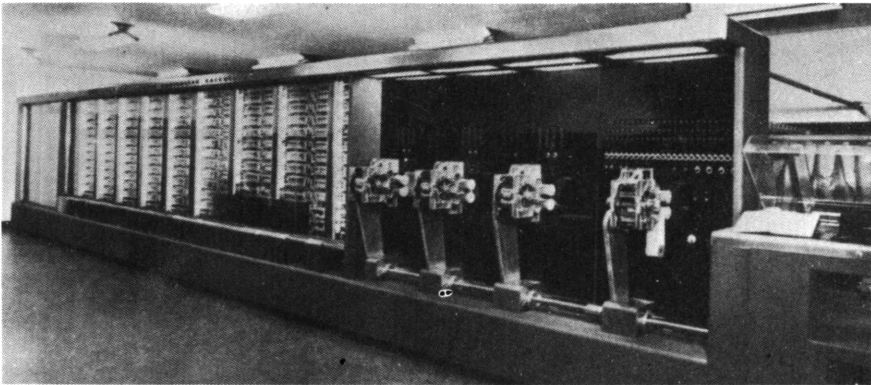
Conjuntamente con Stibitz, Zuse fue el primer materializador de la idea babbagiana de programa, que contenía las ideas de programación y de lenguaje de programación, que más adelante desarrollarían discípulos suyos, especialmente **Heinz Rutihauer**.



Howard Aiken y su equipo de colaboradores.



Detalle de una lectora de cinta del Mark I.



El Mark 1 (1944).

Finalmente tenemos a **Howard Aiken** (1900-1973), profesor de la Universidad de Harvard. En 1937, concibe la idea de construir un ordenador completamente automático, a base de relés y con entrada de datos e instruc-

ciones por medio de fichas perforadas. Para poder conseguir su propósito, en 1939, se pone en contacto con IBM, el mayor fabricante de equipos de fichas perforadas; el proyecto es finalmente aceptado por el director, el legendario **Thomas Watson**.

El resultado de esta colaboración, bruscamente interrumpida desde que se acabó su construcción, en 1944, fue el denominado **Mark I** por los de Harvard y **ASCC (Automatic Sequence Controlled Calculator)** por los de IBM. Tenía 72 registros de 23 cifras más el signo, todos ellos mecánicos, es decir, a base de ruedas, y decimales, en lugar de binarios. Cada registro tenía un mecanismo sumador y restador; para la multiplicación y la división había una unidad separada. Una serie de interruptores, que se podían accionar a mano, permitían almacenar 70 constantes, para números cuyos valores se conocían antes de iniciar un cálculo. Las instrucciones se daban por cinta perforada de 24 posiciones binarias por fila, por lo cual tenía dos lectoras electromecánicas. La salida se podía hacer por medio de una perforadora de cinta o de dos máquinas de escribir. También disponía de mecanismos especiales para encontrar el valor numérico de las funciones más usuales (sen x , e^x , etc.); otras funciones se podían suministrar por medio de cintas de funciones. Esta máquina costó más de cinco millones de dólares. Medía 15 m de largo por 2,5 de alto y pesaba cinco toneladas. Tenía más de 750.000 piezas y más de 800 km de cables. Sumaba y restaba en 0,3 segundos, multiplicaba en cuatro segundos y dividía en diez segundos.

Conviene señalar que, a diferencia de Zuse, quien tuvo que redescubrirlo todo, Aiken conocía a la perfección la obra de Babbage y la de Torres Quevedo, a quienes cita constantemente en sus escritos. Incluso, se cuenta que llegó a afirmar que si Charles Babbage hubiese vivido 75 años más tarde, él habría estado en paro.

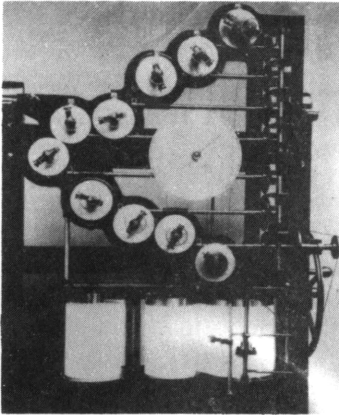
Durante los años 50, Aiken colaboró activamente con investigadores españoles del **Instituto de Electricidad y Automática (IEA)** del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Entre éstos se encontraba **José García Santesmases**, autor de numerosos trabajos sobre informática y de un estupendo libro sobre Torres Quevedo (véase la bibliografía).

Dichos investigadores diseñaron y construyeron, entre 1952 y 1954, un analizador diferencial electrónico, que en 1955 fue presentado en el **Simpósio Internacional sobre Computación Analógica**, que tuvo lugar en Bruselas. En 1952, elaboraron un proyecto de ordenador digital, del que solo se pudo construir la unidad aritmética, por falta de ayuda económica. Años más tarde, el IEA construyó un miniordenador de propósito general.

3.6 LOS ORDENADORES ANALÓGICOS

Los ordenadores del apartado anterior (y los que veremos en lo sucesivo) son **digitales**, esto es, representan los números mediante una secuencia finita de dígitos (binarios o decimales, con signo y eventualmente en forma de mantisa y exponente); en consecuencia, sólo pueden representar cantidades **discretas**. También se dice que son **secuenciales**, pues ejecutan las instrucciones secuencialmente (una a continuación de la otra).

Los ordenadores **analógicos** realizan las operaciones por analogía con una determinada ley física; representan los números de forma **continua** y son **simultáneos**, es decir, ejecutan todas las instrucciones a la vez. Por ejemplo, la multiplicación puede ser realizada analógicamente mediante la ley de Ohm: $E = I \cdot R$ (la diferencia de tensión eléctrica, E , en voltios, es igual al producto de la intensidad de la corriente eléctrica, I , en amperios, por la resistencia, R , en ohmios). Si se quiere multiplicar dos números a y b , sólo hay que hacer pasar una corriente eléctrica de intensidad a amperios, a través de una resistencia de b ohmios y medir con un voltímetro la diferencia de tensión, que ha de ser $E = a \cdot b$. La división se hace de una manera similar.



Predicador de mareas de Lord Kelvin.

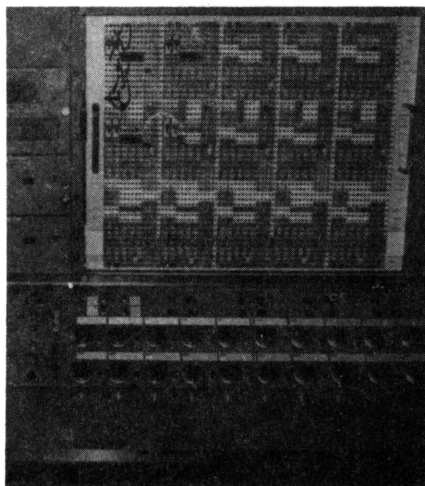
La historia de los ordenadores analógicos comienza en 1867 cuando la **British Association** encarga a **Lord Kelvin** la construcción de un **predicador de mareas**. En 1876, **James Thompson** construyó su **analizador diferencial**, que era un integrador mecánico. Durante la Primera Guerra Mundial, la **Ford Instrument** construyó un analizador diferencial muy sofisticado para calcular

trayectorias de proyectiles lanzados por cañones navales. El primer analizador diferencial no mecánico fue un simulador de circuitos, construido por la **General Electric** en 1920. La época de máximo esplendor de los ordenadores analógicos fue la década de los treinta, con los construidos por el norteamericano **Vannevar Bush**.

Vannevar Bush con su analizador diferencial (años 30), construido en el M.I.T. para resolver ecuaciones diferenciales.



Panel de un ordenador analógico de los años 60.



Sus enormes dimensiones, sus desajustes crónicos, sus errores de cálculo (entre 0,1% y 1%) y sobre todo la aparición de los ordenadores digitales, fueron las causas de su declive. Hoy tienen un uso muy restringido, generalmente en forma **híbrida**, es decir, con una parte digital para los cálculos en los que no se admite error. Tal es el caso de los ordenadores utilizados para calcular las trayectorias de los vehículos espaciales lanzados hacia la Luna, a principios de la década de los setenta.

SCIENTIFIC AMERICAN

Published at the No. 100, N. Y. St., N. Y., by Munn, Rice & Co., Proprietors.

A WEEKLY JOURNAL OF PRACTICAL INFORMATION, ART, SCIENCE, MECHANICS, CHEMISTRY, AND MANUFACTURES

Vol. XLIII, No. 8,
Boston, 1880

NEW YORK, AUGUST 10, 1880

Price, 5 CENTS



Capítulo 4

LA PRIMERA GENERACIÓN DE ORDENADORES ELECTRÓNICOS

4.1 ANTECEDENTES

Una cuestión previa, al hablar de ordenadores electrónicos, es cuál fue la primera máquina merecedora del apelativo **ordenador electrónico**. **Ton Sales** (véase la bibliografía), profesor de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Catalunya, resuelve así dicha cuestión:

“A lo largo de la historia de la ciencia, cuando una necesidad se hace muy patente, aparecen a menudo esfuerzos paralelos o simultáneos, entrecruzados o independientes, que hacen difícil averiguar a quién hay que conceder la primacía histórica. No es éste el caso del primer ordenador, en el que, aun dándose la premisa —una necesidad apremiante de hacer automáticamente largos cálculos numéricos—, los esfuerzos individuales comparten una notable coherencia, sin duda debida al notabilísimo precedente de Babbage y a su sistematización formal del problema y de su solución, que proporciona el marco conceptual indiscutible y aceptado por todo el mundo.

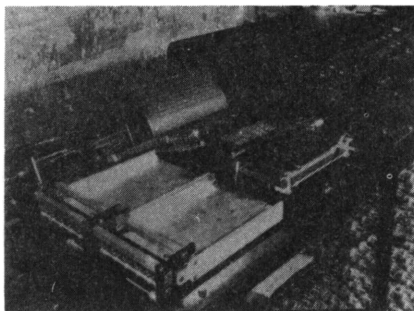
En informática, la asignación de primacías históricas es una mera cuestión de definición. Si se quiere saber cuál fue el primer ordenador será necesario solamente definir qué es «ordenador». Acudiendo a algún diccionario —por ejemplo el **Diccionari d'Informàtica** publicado por la Cámara de Comercio de Barcelona en 1978— vemos que un **calculador** (que es distinto de una «calculadora») puede ser analógico o digital y, en este segundo caso, dedicado a una aplicación concreta o universal. Este últi-

mo, aunque no es imperativo (pero hoy lo contrario resulta inimaginable), suele ser electrónico. Estos tres elementos lo configuran como ordenador (casi), y en este caso el ENIAC es claramente el primero.”

Este apartado lo dedicaremos a diseños (llevados o no a la práctica) de calculadores electrónicos que, de acuerdo a las puntualizaciones anteriores, no llegaron a ser ordenadores.

El primer precedente data de 1936 y se refiere a un memorandum del británico **William Phillips**, titulado **Binary Calculation**. El trabajo se centra, por una parte, en las ventajas de las aritméticas binaria y octal, y por otra en una unidad aritmética basada en el conteo de impulsos provenientes de células fotoeléctricas. El memorandum original hacía referencia al uso de tubos termoiónicos; sin embargo, ello tuvo que ser omitido, a instancias del gobierno británico, por problemas de patentes.

El primer constructor de un calculador electrónico fue el físico norteamericano **John Atanasoff**, del Iowa State College. Tras haber construido diversos analizadores diferenciales, en 1938 emprendió el diseño de un calculador binario electrónico para resolver sistemas de ecuaciones lineales. Ayudado por el estudiante **Cliff Berry**, terminó el primer prototipo en el otoño de 1939; sus circuitos lógicos contenían tubos, mientras que la memoria estaba hecha a base de condensadores.



Calculador electrónico de Atanasoff.

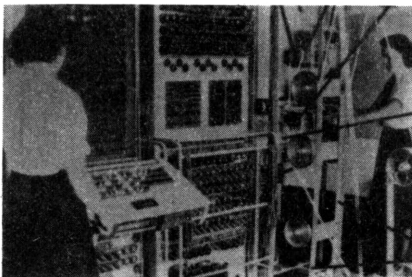
Animados por este éxito, Atanasoff y Berry iniciaron, en 1940, la construcción de la máquina definitiva, capaz de resolver sistemas lineales de no más de 30 ecuaciones. Las entradas y salidas iban a efectuarse mediante una lectora-perforadora de fichas binarias, cuyo proyecto constituyó la tesis de Berry.

En 1942 el equipo se dispersó a causa de la guerra, cuando la componente electrónica ya era operacional, pero no así la lectora-perforadora. Aunque la máquina completa nunca llegó a funcionar, debemos resaltar la importancia del proyecto, no solo por su carácter pionero sino porque **John Mauchly**, uno de los constructores del ENIAC, asistió en 1940 a una charla que Atanasoff dio sobre el tema.

Gracias a su pequeño calculador de mesa, que ni siquiera era automático, ni mucho menos universal, Atanasoff es desde el 19 de octubre de 1973, según sentencia de los tribunales norteamericanos, el “inventor del ordenador” (“computer’s inventor”).

El último antecedente, en orden cronológico, lo constituyen las ultrasecretas máquinas construidas para el Departamento de Comunicaciones del British Foreign Office, sito en Bletchley Park, a unas 50 millas de Londres. El objeto de dichas máquinas era descifrar los mensajes radiotelegráficos de las fuerzas armadas alemanas. Éstas, para sus comunicaciones de alto nivel, hacían uso de unos sofisticados aparatos cifradores-descifradores: el **Enigma** y el **Geheimschreiber** (“escritor secreto”), siendo la codificación de este último mucho más compleja, y por tanto más inaccesible que la del anterior.

Para enviar un mensaje, bastaba reproducirlo (en alemán) mediante un teclado similar al de una máquina de escribir. El mensaje era cifrado por la máquina, en base a una clave que podía ser variada arbitrariamente, y a su vez convertido en ondas de radio. El receptor (una máquina idéntica al emisor) captaba el mensaje y siempre que se hubiese introducido previamente en él la misma clave que la del emisor, el mensaje era descifrado y escrito automáticamente.

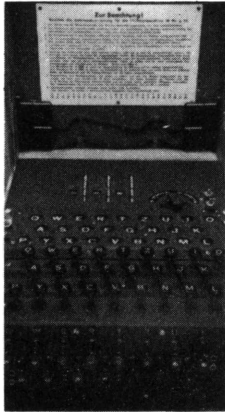


El Colossus.



Alan Turing.

No había, pues, ningún problema en captar los mensajes cifrados. El verdadero problema radicaba en descifrarlos (y había que hacerlo rápidamente), máxime si se tiene en cuenta que continuamente se enviaban mensajes supeditados a claves diferentes.



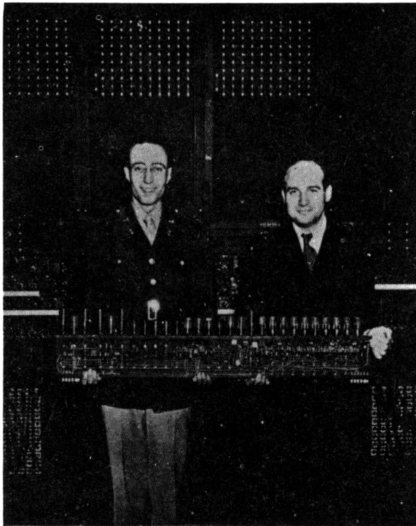
La cifradora-descifradora ENIGMA utilizada por la Wehrmacht durante la Segunda Guerra Mundial.

La primera máquina descifradora fue electrónica y se llamó **Heath Robinson**. Fue diseñada y construida por el equipo de **C.E. Wynn-Williams**, que contaba entre sus miembros a **Alan Turing**, ya famoso por sus investigaciones en lo que más tarde se llamó informática teórica. Su excesiva lentitud promovió la formación de un equipo dirigido por el lógico de Cambridge, **Max Newman**, que en 1943 puso en funcionamiento una descifradora electrónica (2.500 tubos), llamada **Colossus**. En seguida se encargó la construcción de tres ejemplares, en los que se introdujeron diversas mejoras; por ejemplo, el primer modelo leía 5.000 caracteres por segundo (en cinta perforada) y los nuevos, llamados **Mark 2 Colossus**, 25.000. Trabajando contra reloj, se pudo poner a punto la primera de estas máquinas poco antes del **día D** (6 de junio de 1944), en que las tropas aliadas desembarcaron en Normandía. Al final de la guerra, unos diez Colossus estaban en funcionamiento y varios más en período de construcción.

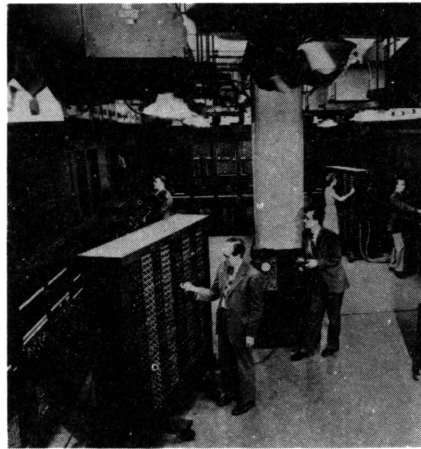
Los Colossus fueron máquinas electrónicas, digitales y programables (por medio de interruptores). Aunque máquinas de propósito particular, lo cual nos impide llamarlas ordenadores, hay que reconocer que en ellos, tanto en la técnica como en el espíritu, estaban presentes todos los ingredientes de un ordenador.

4.2 EL ENIAC

A pesar de la sentencia de los tribunales norteamericanos en favor de Atanasoff, el primer **ordenador electrónico** de verdad fue el **ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator)**, construido en 1945. Sus diseñadores fueron **John Eckert** y **John Mauchly**, de la Escuela Moore de Electrónica de la Universidad de Pensilvania. Aunque el ENIAC era una máquina de uso general, la motivación para construirla fue resolver problemas militares típicos: cálculo de trayectorias de bombas y granadas.



Herman Goldstine (izquierda) y John Eckert (derecha) sosteniendo una unidad integrada de válvulas del ENIAC.



El ENIAC, primer ordenador electrónico (de verdad). En primer plano vemos a J. Eckert (izquierda) y J. Mauchly (derecha); al fondo a la derecha aparece H. Goldstine.

Aparte de los mecanismos de entrada y salida, la máquina no tenía piezas móviles; el almacenamiento y el proceso de datos dentro de la máquina, así como el control de la secuencia de las operaciones, se hacían por medio de circuitos electrónicos. Esto significó un enorme progreso en cuanto a velocidad de cálculo: 0,6 milisegundos para la suma y 15 milisegundos para la multiplicación, es decir, del orden de 300 veces más rápido que el Mark I.

Solamente tenía veinte registros de memoria, de diez cifras decimales más el signo; cada registro usaba 550 tubos, con un tamaño total de 60 cm de ancho por 2,5 m de alto. La entrada de datos se hacía por tarjetas perforadas o por cinta perforada y la salida de resultados se hacía por este último medio. También había un dispositivo especial para suministrar tablas de funciones matemáticas.

Contenía en total unos 18.200 tubos electrónicos, la mayoría tríodos dobles, que consumían cerca de 200 kilovatios de electricidad, los cuales se transformaban en calor. Cada vez que se ponía en marcha esta enorme máquina (pesaba 30 toneladas y ocupaba todo un primer piso de la Moore School) las luces de todo el barrio oeste de Filadelfia hacían un parpadeo perceptible. A las dificultades de localización de los tubos fundidos, unos cuantos por día, se añadía la de la laboriosa transición entre programas; la idea de almacenarlos como si fuesen datos, resultaría la consecuencia más inmediata y obvia.

A pesar de las características negativas apuntadas, el ENIAC consiguió un éxito rotundo. En primer lugar, por su coste: 400.000 dólares, una verdadera ganga comparado con el Mark I, que había costado cinco millones de dólares. Y, en segundo lugar, una vez acabada la guerra, por los cálculos que se le encomendaron: π y e , con más de 2.000 cifras decimales cada uno, demostración de diversos teoremas de la teoría de números y sobre todo el cálculo de la propuesta bomba H, cuyo resultado favorable puso en marcha el proyecto.

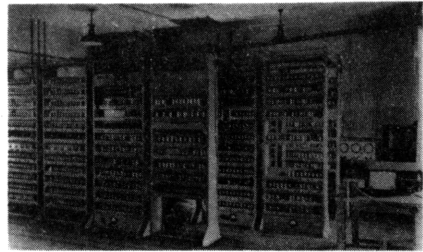
4.3 JOHANNES VON NEUMANN

En 1945 se incorpora al equipo de Eckert y Mauchly el prestigiado matemático y físico **Johannes von Neumann** y los tres redactan un informe sobre una nueva máquina, el **EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer)**, con programa almacenado en una memoria de 8 K ($1 \text{ K} = 2^{10} = 1024$), palabras de 32 bits*.

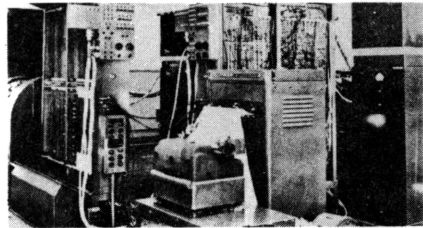
Poco después, Eckert y Mauchly se marchan de la Moore School porque no les dejan patentar el ENIAC, y von Neumann, ahora asociado con **Herman Goldstine**, el inventor de los ordinogramas o diagramas de flujo, se va a

* El **bit** es la unidad mínima de memoria, capaz de almacenar un 0 ó un 1.

Princeton con una oferta de la **RCA** para construir el EDVAC. Ambos, entusiasmados por su proyecto, se dedicaron a publicar informes muy precisos, tanto, que otros se adelantaron, mientras el padre de estas monstruosas criaturas, el EDVAC, nació con retraso, y, por tanto, obsoleto (1952), construido por técnicos de la Moore School.



El EDSAC.

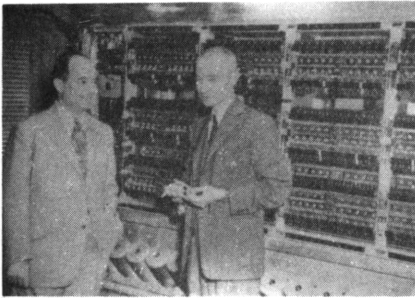


El BINAC de Eckert y Mauchly (1949).

Las primeras máquinas con programa almacenado en la memoria (que según ciertos autores es lo que da derecho a una máquina a llamarse ordenador) fueron, por este orden, el **EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator)** y el **BINAC (BINary Automatic Calculator)**, ambos de 1949. La primera fue diseñada por **Maurice Wilkes** de la Universidad de Cambridge, Inglaterra. La segunda fue diseñada por Eckert y Mauchly, que al irse de la Moore School habían fundado empresa propia, la **Electronic Control C.**; más tarde llegó a ser la **Eckert-Mauchly Corp.** con el soporte financiero de **H.L. Strauss**, presidente de la **American Totalizer**, una gran empresa que se dedicaba a la fabricación de aparatos para las apuestas automáticas de los hipódromos. El propio von Neumann diseñó en Princeton un ordenador en la línea del EDVAC, el **MANIAC**, que fue instalado en el laboratorio de Los Álamos en 1951.

Aunque el EDVAC no se llegó a construir hasta 1952, tuvo el mérito de ser el primer diseño de máquina con programa y datos almacenados en memoria, como sucede en los ordenadores actuales.

Por último, de la persona de Johannes von Neumann (1903-1957), uno de los mejores matemáticos de este siglo, hay que decir que nació en Budapest y que en 1930 emigró a los Estados Unidos. Publicó importantes trabajos sobre economía, física nuclear (trabajó en el famoso proyecto de Los Álamos sobre la bomba atómica), teoría de juegos, teoría de conjuntos, análisis matemático, cibernética e informática.

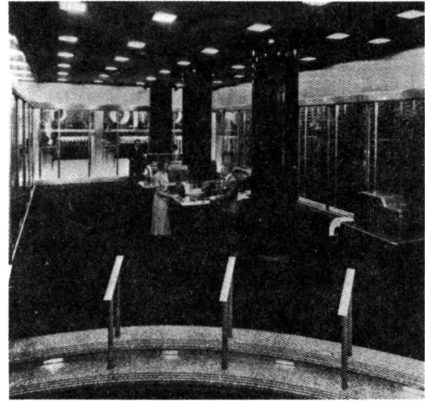


Johannes von Neumann (izquierda) posando junto a su Maniac. A la derecha, el físico Robert Oppenheimer.

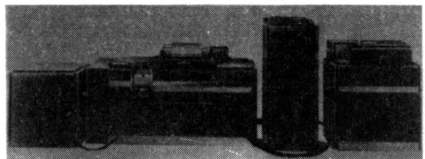
4.4 EL SSEC Y EL CPC DE IBM

Mientras tanto, IBM había construido (1947) una máquina a base de relés, en la tradición del Mark I, pero que también tenía tubos electrónicos (unos 1.400): el **SSEC (Selective Sequence Electronic Calculator)**. Tenía una memoria electrónica de ocho números, una de relés capaz de almacenar 150 números y una de cinta de papel con una capacidad de 20.000 números. Aunque nació técnicamente anacrónica, dio a IBM la posibilidad de combatir con éxito la patente del ENIAC, aduciendo una cierta capacidad de la máquina de almacenar instrucciones en memoria y de ejecutarlas. Lo que sí fue un acierto, desde una óptica propagandística y de política comercial, fue la decisión de alquilar el SSEC al ejército, a las universidades y a toda clase de usuarios, a razón de 300 dólares la hora de uso, y como la máquina permitía hacer en una hora el trabajo de diez años de cálculos manuales, el tiempo de espera para poder usarla nunca bajó de los seis meses.

En cuanto a las calculadoras, IBM, ya desde 1944, había decidido renovarlas, haciéndolas primero a base de relés y después electrónicas (1946). En 1948 conectó una tabuladora de fichas como dispositivo de entrada y de salida, dando lugar al **CPC (Card-Programmed electronic Calculator)** que tuvo un gran éxito: 700 ejemplares alquilados en pocos años. Al igual que el SSEC, el CPC no fue un ordenador, en el exacto sentido de la palabra; sin embargo, su programabilidad y la amplia gama de aplicaciones a que fue sometido, proporcionaron a los técnicos de IBM la experiencia necesaria para engancharse, a principios de la década de los 50, al último vagón del tren de la informática.



El SSEC, instalado en pleno centro de Manhattan (1947). Al fondo se observa la memoria principal, a cintas de papel.



El CPC de IBM.

4.5 EL UNIVAC I

También en 1948, mientras era construido el BINAC, Eckert y Mauchly habían firmado sendos contratos con la **Prudential**, una importante compañía de seguros, y con la **US Census Bureau**, para la construcción de un orde-

nador decimal y a caracteres denominado **UNIVAC (UNIVERSAL Automatic Computer)**. La Prudential lo quería como herramienta de gestión administrativa y la US Census Bureau, para procesar los datos del censo de 1950. Estando el proyecto en marcha, una serie de contratiempos lo pusieron en peligro: la muerte de Strauss en accidente de aviación y sobre todo un gran error en la estimación de los costos que les había obligado a aumentar el precio (inicialmente de 250.000 dólares), por lo cual la Prudential canceló el contrato. Para salvarse de la bancarrota (1950), Eckert y Mauchly recurrieron en primer lugar a IBM, y aunque fueron recibidos entusiásticamente por los técnicos, Watson, ya viejo, cometió el grave error de rechazar su oferta de financiación o compra. Decepcionados, Eckert y Mauchly acudieron al más inmediato competidor de IBM, la **Remington Rand**, cuyo patrón, **Jim Rand**, optó por la compra. A fin de afianzar su entrada en el terreno de la informática, Rand decidió poco más tarde la adquisición de **ERA (Electronic Research Associated)**, una pequeña empresa de técnicos muy cualificados que habían construido dos pequeños ordenadores a tambor: el **ERA 1101** y el **ERA 1102**; la idea era complementar la línea UNIVAC, administrativa, con un producto científico (la serie 1100 que todavía perdura).

En 1951 vio la luz el UNIVAC I, ya como producto de la Remington Rand y obtuvo un sonado éxito, no sólo por su gran calidad (había sido probado a conciencia sobre el BINAC), sino por la publicidad que se le dio. El anuncio a bombo y platillo en la prensa de su instalación en la US Census Bureau y su aparición en las cámaras de televisión (los ordenadores habían dejado de ser materia "top secret") con ocasión de las elecciones de 1952, hicieron que llovieran los pedidos. Sin embargo, una serie de acontecimientos posteriores, conjuntamente con un dormirse en los laureles, hicieron perder a la Remington Rand, pocos años después, el liderato informático, en favor, cómo no, de IBM.



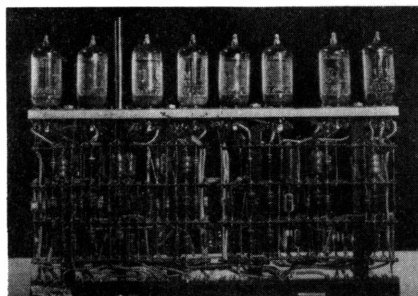
El UNIVAC I.

De las características técnicas del UNIVAC I, resaltamos su procesador síncrono, la incorporación de las cintas magnéticas y su memoria de líneas de mercurio; éstas más tarde (1953) fueron sustituidas por núcleos de ferrita.

4.6 LA REACCIÓN DE IBM

La guerra de Corea (1950-1953), en la que la aviación tuvo un papel estelar, creó unas necesidades de cálculo centradas en los gabinetes de estudio de las fábricas de aviones y municiones. Por otra parte, la continuación del esfuerzo nuclear de Los Álamos también exigía una potente capacidad de cálculo para alcanzar el éxito. Ambas cosas, unidas a dos décadas de estrecha colaboración con el ejército y con el gobierno federal, dieron a IBM la ocasión de oro para entrar triunfalmente en la informática: un jugoso contrato para la construcción del que primitivamente se llamó **Defense Calculator**, presentado públicamente en Nueva York (1953) con el nombre comercial de **IBM 701**.

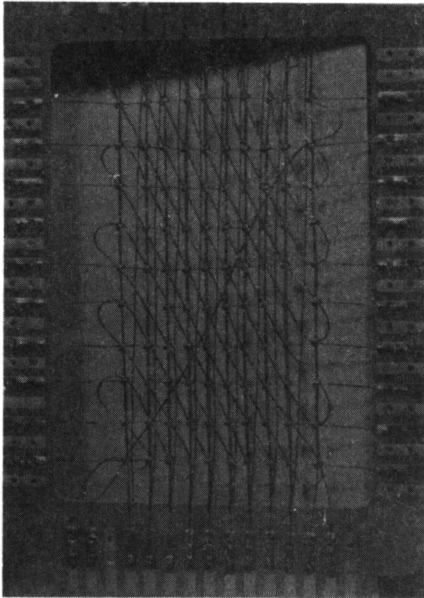
El IBM 701 era un ordenador científico y, por tanto, no competía con el UNIVAC. Era binario, con una memoria electrostática (de 2.048 palabras de 36 bits) barata, pero poco fiable. Tenía un tambor magnético como memoria auxiliar e iba provisto de armarios de cintas magnéticas. Fue un éxito, ya que se vendieron todos los ejemplares previstos, la mayoría a compañías de aviación.



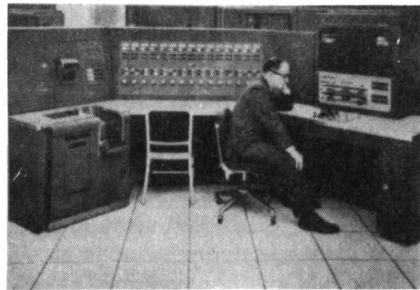
Componente del IBM 701.

Otro aspecto interesante del IBM 701 fue que motivó el primer estudio sobre el coste que representaba desarrollar el **software** (programas) para él, que se estimó en alrededor de diez dólares por instrucción codificada. Ello

movió a IBM a crear un departamento de software, con **John Backus** entre otros. Los primeros resultados fueron el lenguaje **Speedcoding** para el 701 y las especificaciones (1954) de lo que sería el lenguaje **FORTRAN (FORMula TRANslator)**, creado por Backus. Por cierto que, a pesar de las tres décadas transcurridas y de haber sido superado en el plano teórico por otros lenguajes de programación (**PL/1, ALGOL, PASCAL**, etc.), el FORTRAN sigue siendo utilizado con preferencia para realizar cálculos matemáticos; ello se debe sobre todo a la rapidez con que realiza los cálculos y a los millares de subrutinas de resultados fiables que han sido desarrolladas.



Prototipo de memoria de núcleos de ferrita.



Alex Bernstein jugando al ajedrez con un IBM 704.

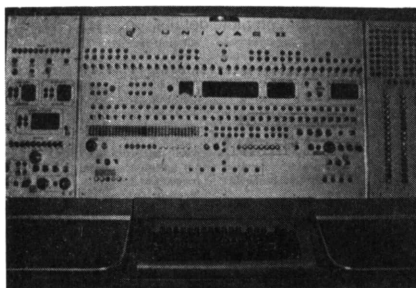
El ordenador para el que se diseñó el FORTRAN fue el **IBM 704** (1955), en esencia una versión mejorada del 701, en el que se había sustituido la deficiente memoria electrostática por una de **núcleos magnéticos** o **ferritas**, cuya patente acababa de comprar, a precio de oro, al **MIT (Massachusetts Institute of Technology)**. Habiendo previsto una venta de 16 a 18 ejemplares, tuvieron la agradable sorpresa de recibir más de 200 pedidos. Cabe resaltar que el 704 fue el primer ordenador en el que funcionó un **sistema operativo**, escrito por usuarios y distribuido gratuitamente por la IBM; este primer esfuerzo de cooperación entre usuarios desembocó en la creación, en 1955, de la asociación **SHARE** (que significa “compartir”).

4.7 EL K.O. DEFINITIVO

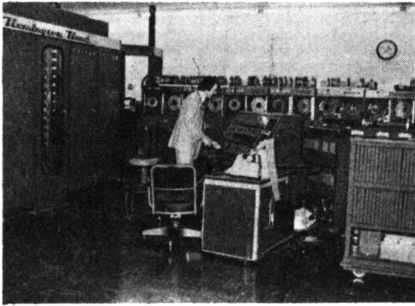
El éxito alcanzado por el 701 dio pie a IBM para lanzarse a conquistar el mercado administrativo, feudo de la Remington Rand. Así, en 1952 se inició la construcción del **IBM 702** que fue un rotundo fracaso: no tenía nada que hacer frente al UNIVAC. Tras servir unos ejemplares de compromiso, la empresa decidió en 1954 cortar por lo sano, retirándolo del mercado y anunciando, casi haciendo un farol, la inminente aparición de un nuevo ordenador: el **IBM 705**. Acto seguido se lanzó, a tumba abiertá, a su construcción.

Se creó un enorme equipo de diseño (más de 150 personas) con un presupuesto muy elevado. El aparato salió al mercado en 1955 y, a pesar de no ser tan rápido ni fiable como sus constructores hubiesen deseado, ni ser globalmente superior al UNIVAC, desbancó a éste, quizás en parte debido a la elegancia de sus acabados, pero sobre todo a los errores cometidos por la Remington Rand. La máquina se vendió bien: unos 175 ejemplares en cinco años.

El anuncio de la construcción del IBM 705 despertó abruptamente a los de la Remington Rand de su laureado sueño. Éstos, sabiéndose poseedores del mejor ordenador administrativo del mercado, no se habían dado ninguna prisa en renovarse tecnológicamente. El nerviosismo cundió en sus filas y buscaron su tabla de salvación en una refundición con la **Sperry Gyroscope Co.** y otras empresas de menor entidad, para dar lugar (1955) a la **Sperry Rand Corp.** La nueva empresa anunció la construcción del **UNIVAC II**, versión actualizada, a núcleos, del UNIVAC I. Si lo hubiese acabado en 1956, y no en 1958 como lo hizo, probablemente no habría perdido el liderato en ordenadores de gestión. El retraso provocó que los potenciales clientes, cansados de esperar, optaran por la adquisición del IBM 705, con lo cual, más por deméritos del oponente que por méritos propios, IBM se hizo con el mercado.



El UNIVAC II.



El UNIVAC II.

Otro tanto decisivo de IBM fue su señoreamiento en el mercado de los pequeños ordenadores comerciales. Ya en 1953 había anunciado el **IBM 650**, que de cincuenta ejemplares previstos pasó a vender más de 1.000. La reacción de Sperry Rand fue tardía e insegura: dos aparatos, el **File Computer** y el **80/90**, casi equivalentes y, para colmo de males, haciéndose mutuamente la competencia. Por fin (1958) se decidió por el segundo, del que se vendieron unos 500 ejemplares. La respuesta de IBM fue contundente y definitiva: el **IBM 1401** de 1959 que copó el mercado.



El IBM 650.

Por último, un análisis posterior de las causas del fracaso, contra todo pronóstico, de la Sperry Rand frente a IBM, apuntó hacia la diferencia entre las políticas comerciales de ambas empresas. En efecto, la primera empleaba a ingenieros convertidos en vendedores, que trataban con colegas suyos (de las empresas potencialmente compradoras); conocían a la perfección el producto y exponían con toda honradez sus limitaciones. Los vendedores de IBM, en cambio, no eran técnicos, sino personas que dominaban ampliamente su oficio, y ofrecían el oro y el moro, no a ingenieros, sino a directivos (generalmente conocidos suyos) con gran capacidad de decisión, pero tan ignorantes como ellos en lo referente a aspectos técnicos del producto.

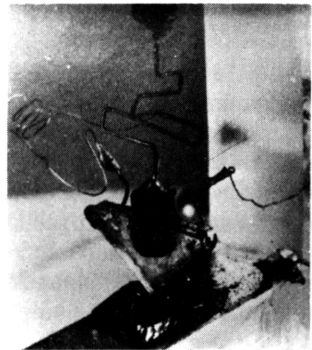
Capítulo 5

LAS NUEVAS GENERACIONES DE ORDENADORES ELECTRÓNICOS

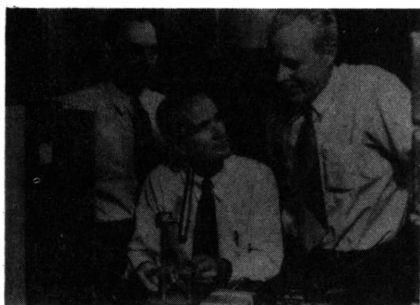
5.1 LA SEGUNDA GENERACIÓN

La **segunda generación** de ordenadores electrónicos nace, en 1958, al sustituir los tubos de vacío por **transistores**.

El primer transistor fue el de **contactos puntuales** inventado por los norteamericanos **John Bardeen** y **Walter Brattain**, en 1948. Consistía en un cristal de germanio, cuya superficie estaba en contacto con dos electrodos puntiagudos y distantes 0,5 mm. Este modelo, que carecía de estabilidad y cuya potencia era muy débil, pronto fue sustituido por el transistor de **unión**, universalmente adoptado, y que había sido inventado por **William Shockley**, en 1951. Por cierto, que los tres inventores fueron galardonados con el Premio Nobel de Física, en 1956.



El primer transistor.



Los inventores del transistor, de izquierda a derecha: J. Bardeen, W. Shockley y W. Brittain.

Otro elemento característico de la segunda generación es la sustitución de los tambores magnéticos por entramados de núcleos de ferrita.

Las máquinas son más pequeñas, de circuitos más sencillos y más rápidas; la velocidad de las operaciones se mide en **microsegundos**, es decir, en millonésimas de segundo.

Paralelamente son desarrollados:

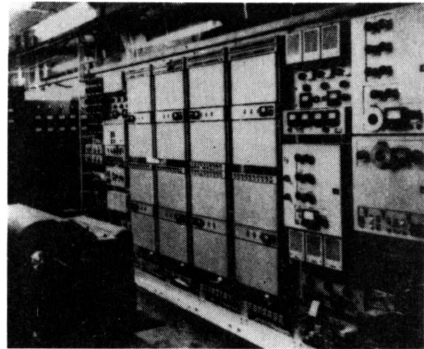
- a) Instrumentos de almacenamiento de información en forma magnética, de gran capacidad y reducidas dimensiones: unidades de discos y de cintas magnéticas.
- b) Dispositivos de entrada y salida de altas velocidades de transmisión: lectoras de fichas perforadas e impresoras.
- c) Lenguajes de programación simbólicos: ensambladores, COBOL, ALGOL y LISP.

El lenguaje **COBOL (Common Business-Oriented Language)** surgió de una reunión entre representantes del Gobierno norteamericano, de los empresarios, de los profesores universitarios y de la pujante industria informática. Fue desarrollado específicamente para aplicaciones comerciales y financieras. Se caracteriza por los programas expresados en palabras (en inglés, claro está) y frases precisas, fáciles de aprender y que pueden ser leídas por usuarios no técnicos. Ofrece muchas características importantes de organización de ficheros y puede tratar con datos de longitud variable. Los procedimientos de entrada y salida, y la generación de informes, son sus puntos fuertes. Otra característica importante es que, desde el principio, fue diseñado

para ser utilizado sin variaciones en muchos ordenadores diferentes. Hoy, un cuarto de siglo después de su invención, el COBOL sigue siendo uno de los mejores lenguajes de programación para realizar la tarea para la que fue diseñado: el proceso de datos empresariales.

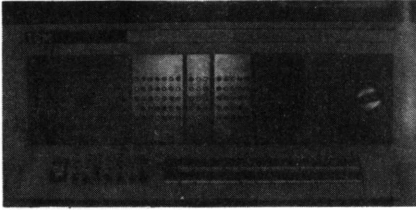


Eiichi Goto (izquierda) y Hideosi Takahasi con su PC-1 (1958).

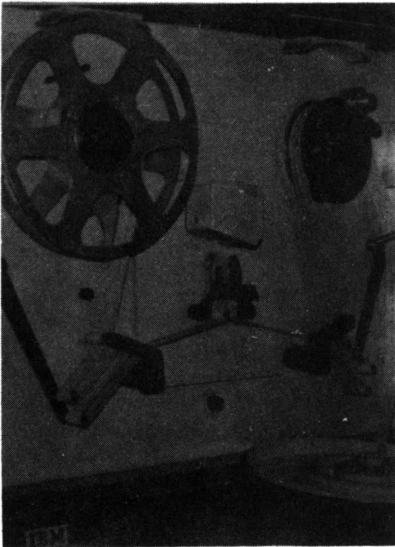


El ordenador japonés Musasino-1 (1957), a base de parametrones. El parametrón fue inventado por Eiichi Goto en 1954; fue usado como sustitutivo del transistor, por ser, en aquella época, más barato, duradero y fiable que éste.

El lenguaje **ALGOL (ALGO**rithmic Language), creado entre 1958 y 1960, es un lenguaje particularmente potente. Fue desarrollado originariamente como lenguaje de aplicación general para expresar algoritmos para la resolución de problemas. Es más comprensible, flexible y legible que el FORTRAN y, gracias a su estructura más formal, plantea menos excepciones. Quizás por no tener los imperativos de eficiencia del FORTRAN y por su origen académico y europeo, el ALGOL es un lenguaje diseñado más cuidadosamente. Las ideas aportadas por el ALGOL permanecen en gran parte de los lenguajes modernos: estructura de bloques, declaración explícita de variables, procedimientos recursivos, instrucciones estructuradas, etc.



IBM 1620.



Lectora de cinta de papel perforada del IBM 1621.

El **LISP (LISt Processing)**, desarrollado por **J. McCarthy** entre 1956 y 1958, e implementado entre 1958 y 1962, es un lenguaje que en cierto modo se adelantó a su tiempo. Se caracteriza por su gran capacidad para el proceso de listas y, por ello, es utilizado por quienes investigan sobre la inteligencia artificial. Está diseñado específicamente para la manipulación de datos no numéricos, que cambian, a menudo sensiblemente, en cuanto a longitud y estructura, durante la ejecución de un programa. Debido a que define una lista simplemente como un conjunto de elementos ordenados, ofrece un modo conveniente de representar datos de índole diversa; por ejemplo, frases, fórmulas matemáticas, posiciones en un juego, teoremas lógicos o programas

para ordenador. Esta capacidad lo convierte en una potente herramienta para aplicaciones tales como comprobaciones matemáticas, reconocimiento de patrones, manipulación algebraica, simulaciones de resolución de problemas por humanos, recopilación de información, programación heurística, análisis lingüístico, traducción computerizada y exploración de nuevos lenguajes de programación.

Las primeras compañías que introdujeron pequeños ordenadores transistorizados fueron **NCR** y **RCA**. El **RCA** (1959) poseía ya un pequeño compilador de **COBOL**.

En cuanto a **IBM**, lanzó el primer ordenador con transistores en el año 1960. Se denominó **IBM 7070**, estaba orientado a los negocios e intentó reemplazar a los 650 y 705. Al no ser software compatible con éstos, fue poco aceptado en el mercado, por lo que fue sustituido por el **IBM 7080** que sí lo era. Al mismo tiempo, **IBM** lanzó ordenadores pequeños, tales como los **IBM 1620** e **IBM 1401**, de los que vendió 2.000 y 20.000 ejemplares, respectivamente.

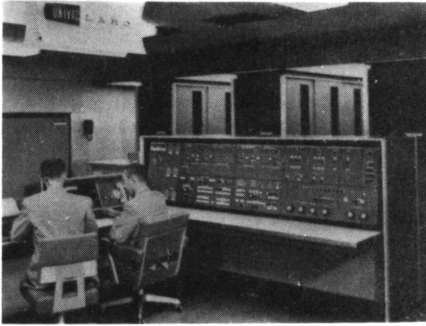
En aplicaciones científicas, lanzó el **IBM 7090** (1959), que era una versión transistorizada del 709. Éste, junto con sus sucesores **7094** y **7094 II**, fue el ordenador científico que más éxito tuvo en la época. Se vendieron más de 400.

En este período, diversas empresas, entre las que cabe destacar a **IBM** y **Sperry Rand**, comienzan los diseños de ordenadores de alta velocidad. Se basan fundamentalmente en dos ideas: segmentar la ejecución de las instrucciones y adaptar las velocidades procesador-memoria mediante el uso de memorias entrelazadas.

IBM comienza el diseño del **STRETCH** en Los Álamos, uno de cuyos objetivos era ser cien veces más rápido que el **IBM 704**, usando una memoria y una lógica seis y diez veces más rápida, respectivamente. La memoria estaba entrelazada y el procesador tenía dos segmentos trabajando en paralelo: la unidad de búsqueda de instrucciones y decodificación y la unidad de ejecución. De hecho, sólo se alcanzó una relación de 50 a 1, por lo que fue olvidado en favor del **IBM 7094**. El primer **STRETCH** fue comercializado, en 1961, con el nombre de **IBM 7030**.

Sperry Rand sacó su primer ordenador transistorizado, el **UNIVAC 1107**, tres años después del **IBM 7090**. No fue muy aceptado, aunque a nivel interno sirvió para rediseñarlo después y sacar el famoso **1108**, ya de tercera

generación. En el campo de la alta velocidad, diseñó el **LARC** (1960), que era un sistema biprocesador (uno de ellos para entradas-salidas), con memoria, entrelazada y con cuatro segmentos independientes en el procesador (técnica de “look ahead”). Tanto el 1107 como el LARC no fueron muy aceptados.



El ordenador LARC de UNIVAC.

En la misma época **Honeywell** introduce el **H 800**, rápido y barato, además de la serie 200 que era software compatible y superior al IBM 1401.

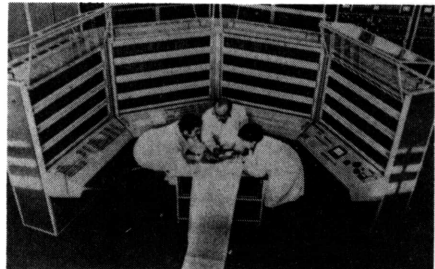
Control Data Corporation fue fundada en 1957 por disidentes de Sperry Rand, entre ellos **Seymour R. Cray**. Su primer ordenador orientado a cálculos científicos fue el **1604**, más barato y lento que el IBM 7090. Después sacó el **CDC 3600**, que tenía una estructura de memorias “multipuerta” y “multibuses” para conectar el procesador y los canales de entrada-salida a las memorias. En 1964, al final de la segunda generación, introdujo el **CDC 6600**, que fue el primer ordenador que empleó paralelismo funcional (varias unidades aritméticas) como objetivo fundamental de su diseño. A partir de entonces, esta empresa ha tenido especial interés por el diseño de superordenadores.



El CDC 6600.

Ya hemos dicho que a finales de los años 50 aparece el lenguaje ALGOL. Burroughs ve la importancia de este avance en software y presenta, en 1963, el **B-5000** que fue seguido al año siguiente por el **B-5500**. A dichos ordenadores se les denominó **máquinas de pilas** o **máquinas orientadas a la sintaxis de los programas**.

En 1956, el profesor **Kilburn** comienza en Manchester el diseño de un ordenador denominado **ATLAS**, que es acabado en 1961 y comercializado por **Ferranti** en 1963. En él se introdujo, por vez primera, el concepto de **memoria virtual**, como mecanismo para extender el espacio de direcciones de la memoria central. Además, este diseño fue pionero por los estudios realizados sobre **sistemas operativos multiprogramados**, basados en los conceptos de memoria virtual y entradas-salidas controladas por interrupciones. La memoria virtual poseía 10^6 palabras y el sistema de memoria física estaba jerarquizado en un primer nivel de 16 K ($1\text{ K} = 2^{10} = 1024$) de ferritas, un segundo nivel basado en un tambor de 96 K y el tercero basado en una cinta magnética.

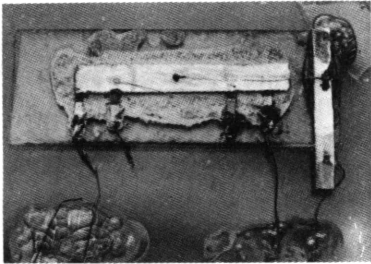


Ordenador soviético BESM-6, de segunda generación, construido en 1966.

Con los ordenadores de la segunda generación surge la **informática**, ciencia del tratamiento automático de la información.

5.2 LA TERCERA GENERACIÓN

La **tercera generación** de ordenadores electrónicos surge hacia mediados de la década de los sesenta y su base es el **circuito integrado** y el **microcircuito**. Estas máquinas son mucho más pequeñas que las de la segunda generación, y mucho más rápidas: la velocidad de proceso se mide en **nanosegundos** (milmillonésimas de segundo).



Primer circuito integrado.



Jack Kilby inventó los circuitos integrados en 1958, cuando trabajaba para la Texas Instruments.

Otra característica importante de la tercera generación es el desarrollo de mecanismos nuevos: interrupción de programa, extensión de la memoria y de sus dispositivos de protección y de recorte, búsqueda de una simultaneidad máxima, etc.

Paralelamente son desarrollados:

- a) Periféricos más efectivos y rápidos (entradas y salidas).

- b) Adaptaciones para controlar procesos industriales, realizar análisis clínicos, etc.
- c) Terminales remotas (bancos de datos, actualización de cuentas corrientes, etc.).
- d) Dispositivos y programas dedicados a la enseñanza.
- e) **La multiprogramación** (el ordenador procesa diversos programas simultáneamente) y el **tiempo compartido** (consecuencia de lo anterior; diversos usuarios, provistos de terminales, utilizan el ordenador simultáneamente y cada uno tiene la impresión de que es el único que lo está haciendo).

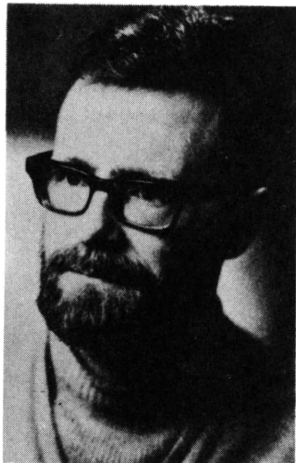
Durante esta generación se realiza un considerable esfuerzo por desarrollar software de base adaptado a las necesidades del usuario. Veámoslo en cifras: de ser prácticamente inexistente en la primera generación, pasó a representar el 20% del coste en la segunda y en la tercera al 50%.

En cuanto a los lenguajes de programación, esta generación se caracteriza por la elaboración de **lenguajes universales**, es decir, concebidos para ser utilizados en un número considerable de ordenadores diferentes. En primer lugar, se estandarizan el **FORTRAN** (1966)*, el **ALGOL** (1968) y el **COBOL** (el **COBOL ANS** de 1970). Se crea el **PL/I**, con vocación de sustituir al FORTRAN (lenguaje de cálculo científico), al COBOL (lenguaje de aplicaciones comerciales y financieras) y al ALGOL (lenguaje estructurado, apto para describir algoritmos). Otros lenguajes dignos de mención son el **BASIC** y el **PASCAL**.

El lenguaje **PL/I (Programming Language no. 1)** fue diseñado por IBM, en 1964, como lenguaje de programación de aplicaciones múltiples, para la resolución tanto de problemas científicos como de gestión. Incorpora características del FORTRAN, del COBOL y del ALGOL. Desde la óptica del FORTRAN, el PL/I posee instrucciones simples y concisas, y desde la del COBOL, posee la capacidad de manipular ficheros con bastante facilidad. Utiliza bloques básicos de construcción llamados **procedimientos**, que son bloques de instrucciones diseñadas para ejecutar determinadas funciones. Un procedimiento puede ser incorporado jerárquicamente dentro de otro, y cualquier dato declarado en un procedimiento está disponible automáticamente para todos los procedimientos relacionados dentro de él. Puede mane-

* El FORTRAN sería nuevamente estandarizado en 1977, en plena cuarta generación.

jar cadenas de caracteres alfanuméricos o cadenas de bits. Por otra parte, contiene instrucciones correspondientes a las estructuras algorítmicas básicas, en sus diversas modalidades, lo cual le confiere, además, la cualidad de ser un lenguaje apto para la **programación estructurada**.



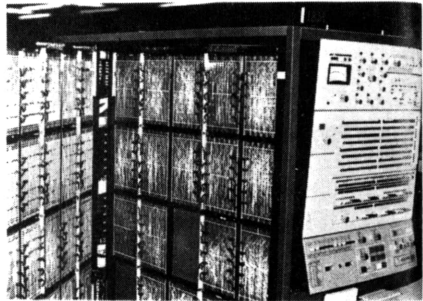
Edsger Dijkstra, uno de los creadores de la programación estructurada.

El lenguaje BASIC (**B**eginners **A**ll-**p**urpose **S**ymbolic **I**nstruction **C**ode) fue diseñado en 1964 por los profesores **John Kemeny** y **Thomas Kurtz**, de Dartmouth. Incorpora características del FORTRAN y del ALGOL, y fue diseñado para ser muy fácil de aprender y barato de implementar y utilizar. Desde el principio ha sido un lenguaje interactivo: el usuario consigue una respuesta inmediata a lo que está siendo tecleado en el ordenador. Su principal ventaja, para los programadores principiantes, es su disponibilidad en versión **interpretada** y en versión **compilada**. En una versión interpretada, cualquiera puede escribir un programa y después inspeccionarlo, modificarlo y corregirlo con un mínimo de inconvenientes. La versión compilada servirá para ahorrar tiempo a la hora de explotar el programa. Por desgracia, le han surgido numerosos “dialectos”; algunos intentos de estandarización han sido estériles. Las versiones para microordenadores (cuarta generación) han incrementado su potencia, hasta el punto que actualmente son más que adecuadas para un gran número de aplicaciones comerciales y de gestión.

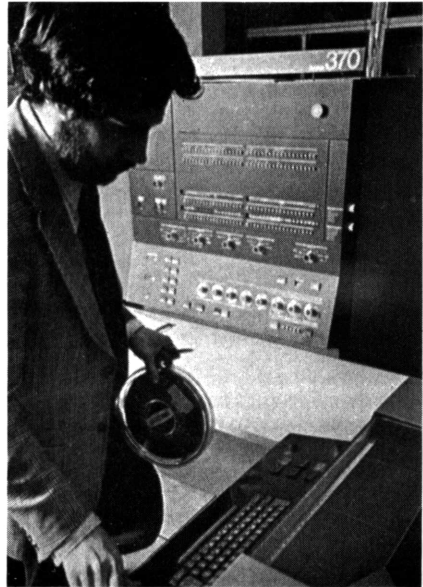
El lenguaje **PASCAL** fue creado en 1971 por **Niklaus Wirth**; el nombre es en honor al matemático y filósofo francés del siglo XVII, **Blaise Pascal**. Este

lenguaje fue creado con el fin de facilitar la creación de programas grandes y complejos, mediante la **programación estructurada**. Los programas realizados mediante esta metodología, resultan fáciles de corregir para quienes los crean y asimismo fáciles de entender y de modificar para quienes los utilizan. El Pascal tiene una sintaxis similar a la del ALGOL y se diferencia del PL/I por el hecho de que es un lenguaje “pequeño” en el sentido de que no está permitido un gran número de construcciones sintácticas diferentes. Con ello se pretende que sea un lenguaje “fácil” de aprender, de utilizar y de memorizar.

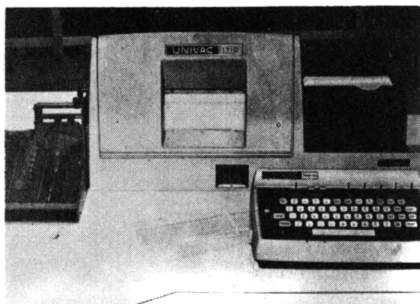
El IBM 360.



El IBM 370.



En cuanto a los ordenadores de esta generación, destaquemos en primer lugar la familia **IBM 360**, empezada a construir en 1961 y cuyos primeros modelos (denominados 30, 40, 50, 60, 62 y 70) se empezaron a vender en 1964. Incompatibles con la serie 7000, sobre todo por diferencias en el diseño de la UCP (unidad central de procesos), tenían 16 registros de uso general, de 32 bits, y 4 registros de 64 bits para operaciones en coma flotante. En 1967 aparece el **IBM 360/67**, el primer ordenador comercial con memoria virtual y en 1968 lo hace el **IBM 360/85**, el primer ordenador comercial con memoria “cache”. También de mediados de los sesenta data el **IBM 1130**, un ordenador pequeño pero de una gran potencia y facilidad de manejo. En 1970 aparece el **IBM 370**, la gran “vedette” de la tercera generación.



Perforadora de fichas marca UNIVAC.

Sperry Rand, a partir de los trabajos sobre el **LARC** (1960), introdujo en 1965 el primer ordenador de su famosa serie **1100** y que se denominó **1108**. Modelos sucesivos de esta serie fueron el **1100** (1971), **1106** (1972), **1100/10**, **1100/20** y **1100/90** (1975) y el **1100/80** (1976).

A finales de los años sesenta, Burroughs, continuando con el diseño de sus máquinas de pilas, lanzó al mercado el **B-6700** y la familia **B-1700** de orientación comercial. Asimismo, Honeywell compró las empresas **Multics**, **Compagnie des Machines Bull** (francesa) y **General Electric**; esta última ya había lanzado un ordenador comercial, el **GE 645**. Por otra parte, **RCA** fabrica la serie **SPECTRA** (1965), software compatible con la familia 360 de **IBM**.

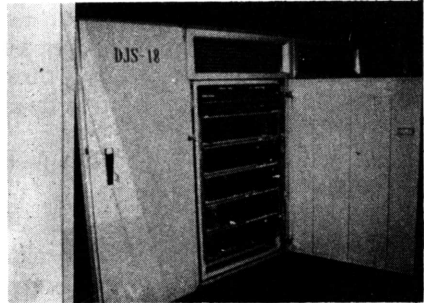
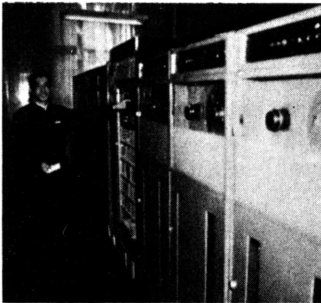
Control Data Corporation, aprovechando el éxito del **CDC 6600** en aplicaciones de cálculo, lanza al mercado el **CDC 6400** (1965), el **CDC 6500** (1966) y el **CDC 6700** (1967). En 1969 presenta el **CDC 7600**, software com-

patible con el 6600, pero con una arquitectura interna muy sofisticada; durante un corto período fue considerado el ordenador más potente. En 1972 comenzó con su famosa serie **CYBER**.



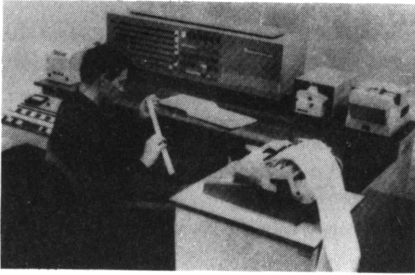
El CDC 7600.

En 1972 **Seymour Cray**, cofundador de Control Data Corporation, deja la compañía para fundar la **Cray Research Incorporated** con la idea de producir el ordenador más rápido del mundo. El primero de ellos, el **CRAY 1**, vio la luz en 1976 y fue vendido al laboratorio de Los Álamos. En 1982 anunció el **CRAY 2**, prácticamente idéntico a su antecesor, pero el doble de rápido*.



Ordenador chino DJS-18, de tercera generación, construido en 1974.

* Véase el apartado 5.6.



Miniordenador de tercera generación, NAIRI-3, desarrollado por científicos armenios en la URSS.

Durante la década de los setenta aparecen en escena compañías constructoras no estadounidenses. Cabe destacar la **Fujitsu** de Japón, la **Siemens** de la República Federal Alemana, la **CII** de Francia y la **RIAD** de la Unión Soviética. Un caso aparte lo constituye la **ICL** de la Gran Bretaña, que construye ordenadores desde la primera generación, pero que tienen muy poca implantación fuera de dicho país.

5.3 LOS MINIORDENADORES

A finales de la década de los sesenta surgen los **miniordenadores**, como consecuencia de la creación de los **circuitos integrados a media escala (MSI)**. Estos ordenadores se encuentran a caballo entre la tercera y la cuarta generación; incluso hay autores que le otorgan una generación (la cuarta) haciendo retroceder un lugar a las otras dos generaciones que estudiaremos.

La potencia de los miniordenadores es comparable a la de los ordenadores medios de la tercera generación.

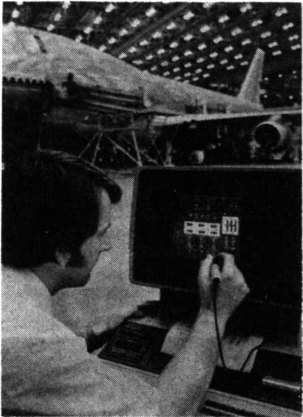
Los miniordenadores se caracterizan por una disminución de tamaño, por un coste asequible y sobre todo por la posibilidad de ser explotados directamente por los usuarios, ayudados por un software desarrollado expresamente a tal fin, principalmente en lo que respecta a la gestión de los terminales, los cuales condicionan el diálogo entre los usuarios y el ordenador.

Los miniordenadores son organizados en “redes” que los interconectan entre sí, mientras que un ordenador central gestiona el ir y venir de la información.

Terminal bancaria de un miniordenador.

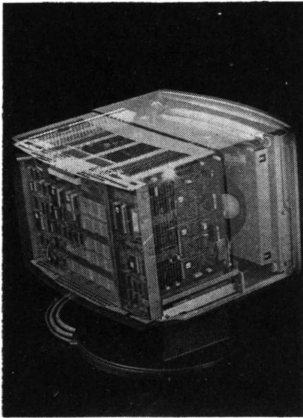


Terminales de miniordenadores.



El objetivo fundamental de los miniordenadores fue responder a la necesidad de descentralización y de repartición de la informática al nivel de los usuarios. La implantación de los miniordenadores en los locales de trabajo de los usuarios, permitió que éstos los explotasen directamente, sin intermediarios, y, en consecuencia, que asumiesen plenamente la responsabilidad que de ello se derivaba.

Los miniordenadores han permitido realizar una serie de tareas antes imposibles, al poder ser utilizados de un modo conversacional. En particular, resuelven rápidamente las consultas a ficheros, sobre todo cuando se trata de un servicio de atención al público: bancos, seguros, transportes, etcétera.

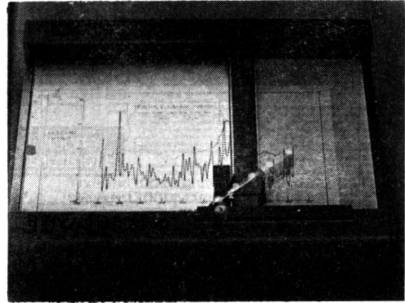


Interior de un monitor ALFASKOP, construido por la empresa sueca Data-saab.



Realización de análisis clínicos con ayuda de un ordenador.

Plotter.



Los diseños contenidos en un plano son procesados por un ordenador con ayuda de un digitalizador de imágenes.



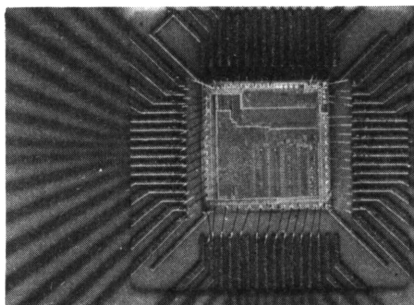
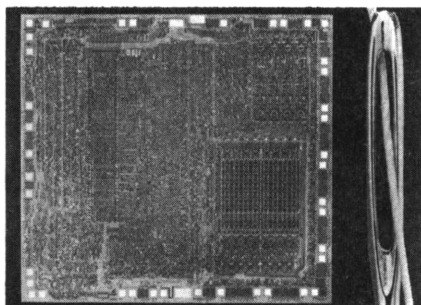
El miniordenador PDP 11/70.



En cuanto a fabricantes, cabe destacar a **Hewlett Packard (HP 2116 de 1966)**, **Texas Instruments** y sobre todo **Digital**, con sus modelos **PDP 8 (1965-1966)**, de los que se vendieron 12.000 unidades, **PDP 10 (1967)** y la familia **PDP 11: PDP 11-20 (1970)**, **PDP 11-05 y 11-45 (1972)**, **PDP 11-40 (1973)**. Los miniordenadores de la familia PDP 11 son software compatibles entre sí y han alcanzado altos niveles de popularidad y ventas.

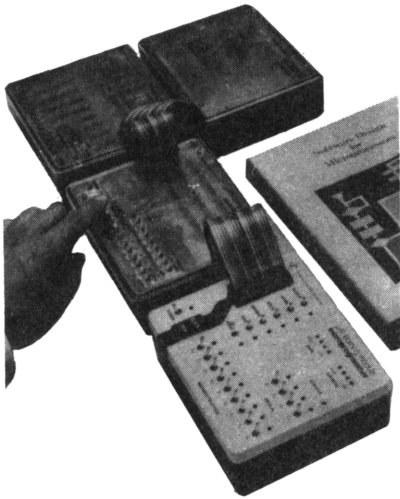
5.4 MICROPROCESADORES

A finales de los sesenta están de moda las calculadoras electrónicas de bolsillo y la competitividad es alta. En 1969, la hoy desaparecida empresa japonesa **Busicom** está en tratos con **Intel** (nacida tres años antes) para que le diseñe doce modelos de pastilla (chip) de 600 a 1.000 transistores cada una, destinados a la construcción de una nueva calculadora modular. La tecnología de Intel permitía en aquel entonces integrar unos 2.000 transistores por pastilla, utilizando tecnología **MOS**. Los ingenieros de Intel rehacen el diseño y llegan a la conclusión de que es posible fabricar un tipo de circuito con inteligencia propia, es decir, capaz de decodificar y ejecutar un conjunto de instrucciones. Ello, junto a memorias de acceso aleatorio (**RAM**, de **Random-Access Memory**) y de contenido fijo (**ROM**, de **Read-Only Memory**), y a controladores para el teclado y los visualizadores, permite hacer la calculadora y, además, muchas otras cosas. Por otra parte, el descubrimiento de Intel durante esa época de la memoria **PROM (Programmable ROM)** confiere al diseño un interés inusitado.

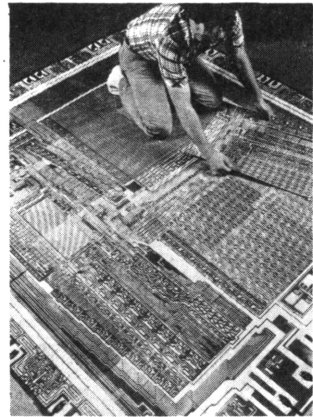


Microprocesadores. En la fotografía de la izquierda aparece la cabeza de una aguja.

Como resultado final, Intel anuncia en 1971 un nuevo circuito que poseía un sumador rápido de números de 4 bits, 16 registros de 4 bits, un registro acumulador y un pequeño **stack***. Se le puso el nombre de **I-4004**. Al año siguiente, le dio el nombre de **microprocesador**. El número de transistores que poseía era de 2.300. Los cuatro bits permitían trabajar con números en **BCD**** , con lo cual el microprocesador se adaptaba al diseño original: la calculadora.



Dispositivo para programar microprocesadores.



Diseño de un microprocesador.

Un **microprocesador** se define como la integración, dentro de un solo circuito, de la unidad de control y la ruta de datos de un procesador; es capaz de realizar automáticamente las funciones para las que haya sido programado.

En 1972 Intel anuncia el microprocesador **I-8008**, ya de 8 bits. Estaba orientado a trabajar con caracteres y su unidad aritmética operaba con nú-

* Tabla que estructura sus elementos en forma de pila o **LIFO** (Last In First Out, es decir, el último en entrar es el primero en salir).

** **Binary-Coded Decimal**, es decir, sistema decimal codificado en binario.

meros de 8 bits y disponía de 45 instrucciones distintas. El tiempo medio de ejecución de una instrucción era de 30 microsegundos y poseía 6 registros de 8 bits de propósito general. Podía direccionar 16 K bytes de memoria. El circuito poseía 18 patas y estaba fabricado con tecnología PMOS.

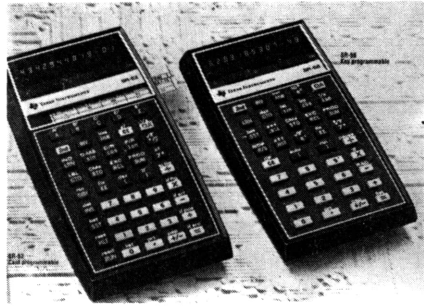
A partir de este momento, se abre una carrera entre diversas empresas para fabricar más y mejores microprocesadores. A mediados de 1974 había 19 microprocesadores diferentes y en 1976 ya eran 54.

En la figura siguiente exponemos algunas características de los microprocesadores más importantes; obsérvese el avance en la capacidad de integración. Hewlett Packard ya tenía, en 1983, un microprocesador con 450.000 transistores. Algunos autores hablan de **generaciones** en los microprocesadores: primera, segunda, tercera y cuarta, según que sean, respectivamente, de 4, 8, 16 y 32 bits.

Microprocesador	Bits	Año	Transistores
I-4004	4	1971	2.300
I-8080	8	1974	5.000
M-6800	8	1974	6.000
Z-80	8	1976	8.000
I-8086	16	1978	29.000
Z-8000	16	1978	17.500
M-68000	16	1979	68.000
NS-16000	16	1981	100.000
I-86286	16	1982	130.000
iAPX-432	32	1981	100.000

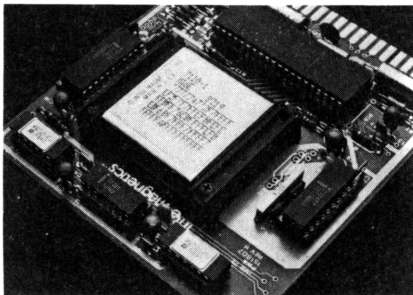
Tabla de microprocesadores.

El objetivo de los fabricantes de microprocesadores es, por una parte, lanzar al mercado ordenadores cada vez más potentes y con mayores posibilidades de ser vendidos. Y, por otra parte, abrir nuevos mercados encontrando aplicaciones de los microprocesadores fuera del campo de la informática. Así, tenemos que en 1979 se vendieron más de 75 millones de microprocesadores.



Calculadoras programables de bolsillo.

Hace varios años, la investigación se centraba en poder integrar más transistores, ya que las funciones que se debían implementar eran claras: las que lo habían sido en los miniordenadores y maxiordenadores. Así, la potencia del **iAPX-432** es comparable a la del **IBM 370/158** y cuatro de ellos pueden dar un rendimiento superior al del **VAX 11-780** de Digital. Actualmente existen problemas para predecir qué funciones se integrarán en el futuro, debido al alto nivel de integración que existirá. Por otra parte, los microprocesadores cada día tienen un mayor campo de aplicación, que va mucho más allá de la informática: robots industriales, sistemas antirrobo, reguladores de calefacción, programadores de lavadoras, videojuegos, circuitos anti-polución y de economía de gasolina en los coches, fotocopiadoras, etcétera.



Memoria de burbujas magnéticas de INTEL.

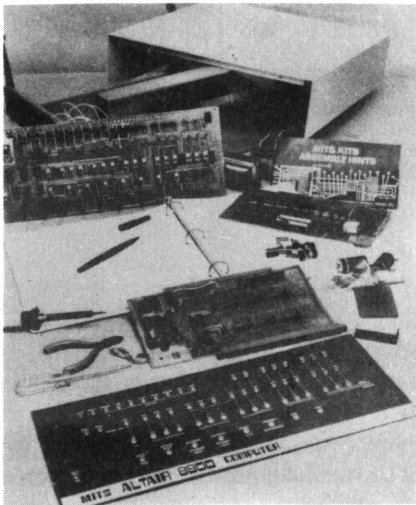


El VAX 11-780 del Centro de Cálculo de la Universidad Autónoma de Barcelona.

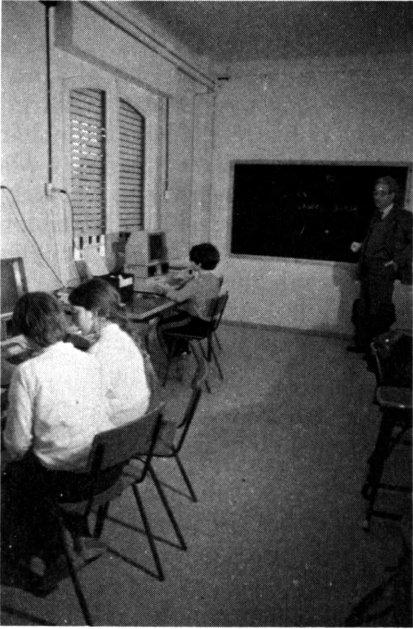
5.5 LA CUARTA GENERACIÓN

La cercanía en el tiempo nos impide una visión de los ordenadores actuales, por una parte globalizadora, y por otra diferenciadora con respecto a características que ya han empezado a aparecer (por ejemplo, utilización de procesadores en paralelo) y que quizás en el futuro sean consideradas como determinantes de una nueva generación. Por este motivo, cualquier definición que demos de “cuarta generación” puede ser materia de debate. Incluso hay autores que rechazan de plano que se hable de generaciones a partir de la utilización de circuitos integrados en la construcción de ordenadores (lo que nosotros hemos llamado tercera generación), aduciendo la rigidez que entraña el término “generación”.

Sin embargo, el empleo de microprocesadores en la construcción de ordenadores, trae como consecuencia la popularización de la informática, con la aparición de los **microordenadores** (de precio asequible, primero a pequeñas empresas y después al gran público) y el desarrollo de un software que se extiende mas allá de las aplicaciones científicas y comerciales: entretenimiento (juegos), educación (enseñanza asistida por ordenador), familia (administración doméstica, directorios telefónicos, agendas, ...), etc. Es por ello que, a sabiendas del riesgo que corremos, llamaremos ordenadores de **cuarta generación** a aquéllos en cuya construcción se haya hecho uso de **microprocesadores**.



Kit del microordenador ALTAIR 8800.



El ordenador es una herramienta pedagógica de gran utilidad.

La historia de los microordenadores empieza, en diciembre de 1974, con la aparición de un anuncio en la revista **Popular Electronics** (EE.UU.) en el que la empresa **MITS (Micro Instrumentation & Telemetry Systems, Inc.)** oferta un pequeño ordenador, el **ALTAIR 8800**, con sus periféricos correspondientes, en dos formas: **kit** (desmontado) o ensamblado. Esto promueve la formación de pequeñas empresas de ensamblado y/o distribución y venta de microordenadores, dentro y fuera de EE.UU. Entre sus principales características, cabe destacar: microprocesador **Intel 8080**, bus **S-100** (diseñado por la propia empresa), memoria de 5 K ampliable a 65 K, hasta 16 **floppies** (unidades de disquetes), teletipo para entradas y salidas, impresora, interfaz para cassette audio, reloj y lenguaje BASIC (en tres versiones) construido por la empresa **Microsoft**. Meses más tarde, fue lanzada una versión mejorada, el **ALTAIR 8800 b**.

En 1976 aparece el **ALTAIR 680**, con microprocesador **Motorola 6800** y clara vocación de microordenador **personal** (“ideal para aficionados” rezaba la propaganda). También este modelo tuvo su versión mejorada: el **ALTAIR 680 b**. Poco después, la MITS sería absorbida por **PERTEC**, una empresa dedicada a la fabricación de floppies y cintas magnéticas, entre otras cosas.

A finales de 1975 (EE.UU) aparece el microordenador **SPHERE**, el primero con pantalla integrada. Entre sus características, destacamos: microprocesador Motorola 6800, memoria de 4 K ampliable a 64 K y **modem** para conexión al teléfono. A pesar de su atractivo diseño, constituyó un fracaso debido a su deficiente funcionamiento.



El microordenador SPHERE.

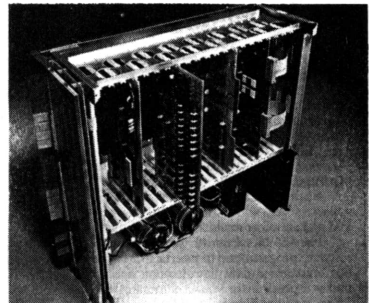
En 1976 entraron en liza la **Commodore**, fabricante de calculadoras y la **Mos Technology**, fabricante de microprocesadores (ambas de EE.UU.), con el **KIM**, un microordenador personal, del tamaño de una cartera de ejecutivo, teclado hexadecimal, una K de memoria y microprocesador **Mos 6502**.

Era ideal para desarrollar proyectos caseros o semiprofesionales. Después la Commodore fabricaría, entre otros, los populares **PET 2001** (1977), con pantalla y cassette integradas y 8 K de memoria, **VIC 20** (1981) y **Commodore 64** (1983).



Microordenador personal con teclado hexadecimal.

También en 1976 aparece el microordenador personal **IMSAI**, con bus S-100, compatible con los ALTAIR, pero con catálogo más amplio, mejor organización y superior sistema operativo. Como dato anecdótico, de esta marca es el microordenador del protagonista de la película “Juegos de Guerra”.



El microordenador IMSAI 8080.

En 1977 es lanzado al mercado el **Processor Technology**, monoplaza con teclado integrado, sin pantalla, pero conectable a monitor de TV, microprocesador Intel 8080, bus S-100 y buen software. Por otro lado, la empresa norteamericana **Radio Shack** presenta su **TRS 80, modelo 1**, también conectable a

monitor, con BASIC Microsoft, 4 K de memoria y microprocesador **Z-80**. Fue el primer microordenador comercializado en tiendas de electrónica doméstica, conjuntamente con televisores y equipos de alta fidelidad. Conviene aclarar que fuera de EE.UU., la marca TRS 80 suele adoptar el nombre **SHARP**.

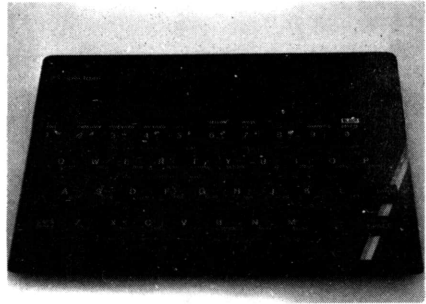
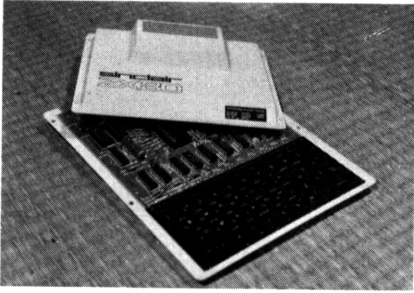


Steve Jobs y Steve Wozniak junto a su **APPLE I**.

También en 1977 aparece el **APPLE I**, con BASIC de números enteros (Integer BASIC) y señal de color. El primer prototipo había sido fabricado en un garaje por dos jóvenes norteamericanos: **Steve Jobs** y **Steve Wozniak**.



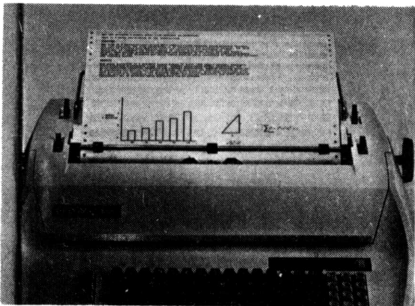
Clive Sinclair.



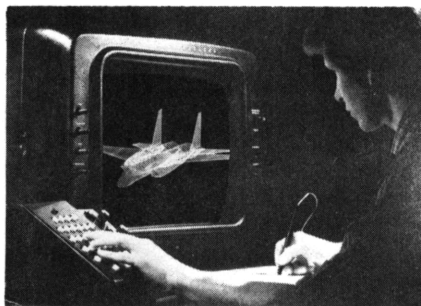
Microordenadores ZX 80 y ZX Spectrum.

A partir de 1978, y sobre todo en la década de los 80, aparece una fauna inmensa de microordenadores personales: **Hewlett Packard, Texas Instruments, Genie, Epson, Victor, Oric, Digital, Toshiba, Dragon, Atari, Osborne, New Brain, Nec, Olivetti, Casio**, etc. Destacaremos la marca **Sinclair**, con sus modelos **ZX 80** (1980), con BASIC de números enteros, predecesor del popular **ZX 81** (1981), del **ZX Spectrum** (1983) y del **QL** (1984), este último con microprocesador **Motorola 68008** de 32 bits.

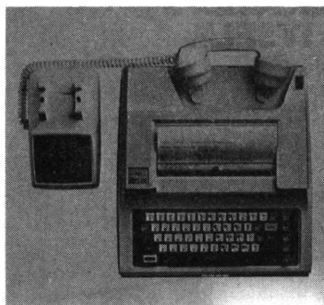
Juego didáctico realizado con un ordenador.



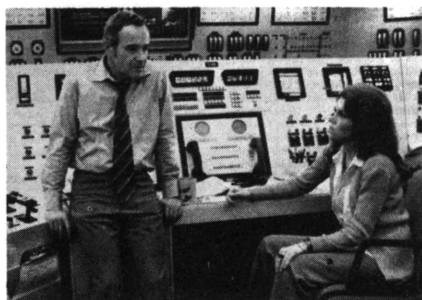
Terminal provisto de impresora gráfica.



Diseño de aviones con ayuda de un ordenador.



Terminal con "modem" para la comunicación, via cable telefónico, con el ordenador.



Fotograma de la película "El síndrome de China". El ordenador controla una planta de producción de energía nuclear.

UNIVAC sistema 80.

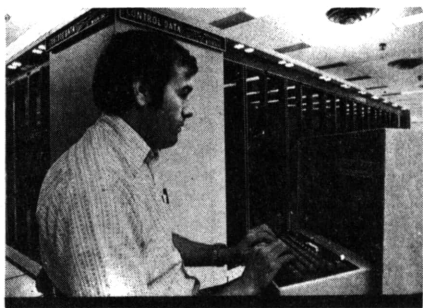


En 1984 irrumpen en el mercado las máquinas **MSX**. Aunque son de distintas marcas, sus periféricos son intercambiables y sus software compatibles. La idea, cómo no, tiene nombre japonés: **Kazuhiko Mishi** (vicepresidente de Microsoft) y las empresas que participan de ella son: **Canon, Fujitsu, General, Hitachi, J. V., Kyocera, Matsushita, Mitsubishi, National, Pioneer, Sanyo, Sony, Toshiba, Yamaha** y **Yashica**. Recientemente se han apuntado **Philips**, que ya ha lanzado un modelo, las compañías coreanas **Daewoo, Goldstar** y **Samsung, Siemens** y la firma española **Eurohard**, fabricante de **Dragón**. Las máquinas MSX llevan microprocesadores **Z80A**, chip de vídeo **TMS 9918A** de Texas Instruments, chip de audio **AY 3-8910** de General Instruments (3 sintetizadores de 8 octavas) y BASIC Microsoft actualizado, sobre todo en lo referente a gráficos (16 colores y una potencia comparable a la del LOGO) y tiempo (para el control del sonido). Por citar unos ejemplos: **Canon V-20, Sony Hit Bit 75, Toshiba HX-10** y **Philips VG-8000**.

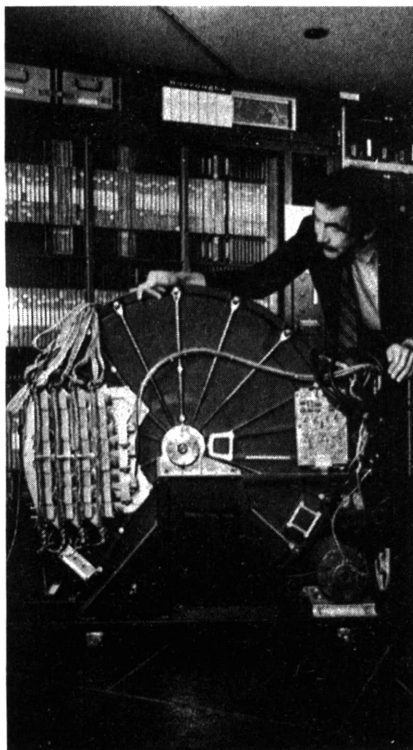
El lenguaje LOGO fue diseñado a finales de los sesenta por **Wallace Feurzeig, Daniel Bobrow** y **Seymour Papert** en la **Bolt Beranek and Newman Inc.**, de Cambridge, Massachusetts (EE.UU.). Su primera versión era muy cercana al LISP y fue creada como parte de un experimento relacionado con la enseñanza de las matemáticas. Más tarde, el LOGO fue mejorado en el **Laboratorio de Inteligencia Artificial del MIT** (Massachusetts Institute of Technology) y en el **Departamento de Inteligencia Artificial de la Universidad de Edimburgo** (Escocia). Hoy en día, el éxito del LOGO se basa en su potencia (recursividad, gráficos) y su simplicidad.

5.6 LOS SUPERORDENADORES

La aviónica, la meteorología, la investigación petrolera y la ingeniería nuclear, por citar unos ejemplos, a partir de 1970 empiezan a exigir, para su normal desarrollo, ordenadores capaces de realizar por lo menos 100 millones de operaciones por segundo. Se inicia entonces una carrera entre diversas empresas para el logro de tales ordenadores. En 1973, un estudio de la Cray Research estimaba en sesenta el número de usuarios de los superordenadores; diez años más tarde la previsión era de varios centenares.



El superordenador STAR 100 de Control Data Corporation.

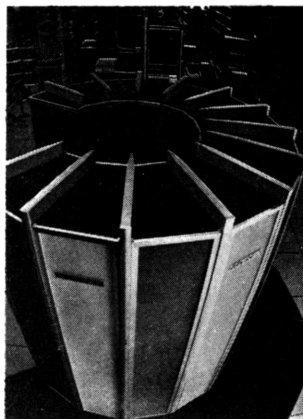


Unidad de discos magnéticos del ILLIAC-IV.

Se considera que el primer **superordenador** fue el **STAR 100** de Control Data Corporation, con procesadores en paralelo. Se empezó a diseñar a finales de los años sesenta, saliendo al mercado en 1974.

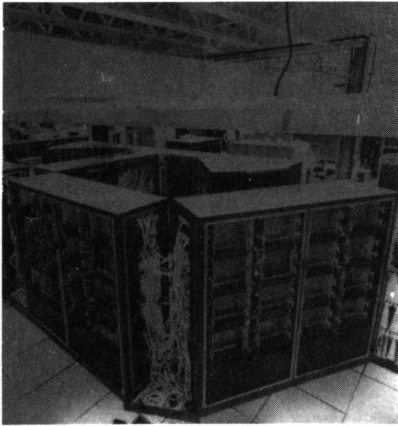
Mayor que el anterior, en potencia, rapidez y sobre todo en tamaño, fue el **ILLIAC IV**, diseñado a finales de los sesenta por la Universidad de Illinois y construido por la Burroughs, tras vencer enormes dificultades tecnológicas. Operacional en 1976, su explotación cesó en marzo de 1981, por fundamentales razones de fiabilidad y de coste de mantenimiento. Su potencia de cálculo permitió a la NASA atacar problemas inabordables en otros ordenadores.

También de 1976 data el **Cray 1**, del que se vendieron más de 50 ejemplares hasta 1983, a pesar de su precio: entre cinco y diecisiete millones de dólares. Para hacerse una idea de su velocidad de cálculo, por ejemplo, una simulación de yacimientos naturales habría ocupado a un **IBM 3033** durante seis meses y a un Cray 1 "sólo" una semana. Sus sucesores serán el **Cray 2** (1984) y el **Cray 3** (1986-87), estando previsto que este último sea diez veces más rápido que el modelo 1.



El superordenador CRAY 1.

Competidores del Cray 1 son, desde 1979, los **Cyber 203** y **205** de Control Data Corporation, de los que hasta 1983 se habían vendido once ejemplares. Son análogos en prestaciones al Cray 1 y su coste oscila entre cinco y doce millones de dólares, sin sus periféricos.



El superordenador CYBER 205.

Recientemente ha salido al mercado el **HEP 1 de Denelcolor**. Esta casa ha anunciado para muy pronto el **HEP 2**, que realizará doce mil millones de operaciones por segundo.

Los japoneses también han anunciado para dentro de muy poco su entrada en el mercado de los superordenadores. Así tenemos el **FACOM VP 100** de **Hitachi** y el superordenador de la **NEC**, con una potencia cinco veces mayor que la de un Cray.

Característica común de los superordenadores es su paralelismo de ejecución que, en contraposición con los ordenadores clásicos, permite realizar varias operaciones a la vez. Utilizan como lenguajes de programación extensiones del **FORTRAN**, obtenidas añadiendo instrucciones adecuadas a la expresión del paralelismo. Desgraciadamente, los constructores no se han puesto de acuerdo para poner a punto una versión estándar y, por consiguiente, dichos lenguajes son incompatibles entre sí.

En la actualidad, los superordenadores presentan el problema de la refrigeración de sus enormes circuitos. Para dar una idea bastará citar los cien mil circuitos integrados de la memoria central de un Cyber 205 (que ocupan aproximadamente la mitad de su volumen) y sus 7.000 km de cables coaxiales. El agente refrigerante utilizado es el freón que circula por una canalización compleja que recorre todos los circuitos. En el Cray 2 los circuitos integrados estarán literalmente inmersos en el líquido refrigerante.

IBM ha anunciado, para finales de este decenio, un superordenador más

rápido que el Cray 1 y con un volumen (sin contar los periféricos) de menos de 4 dm³. Dado su escaso consumo (7 vatios en lugar de los 20.000 que necesitaría con la tecnología actual) no presentará los citados problemas de refrigeración.



Prototipo del primer Apple.

Capítulo 6

UNA MIRADA AL FUTURO

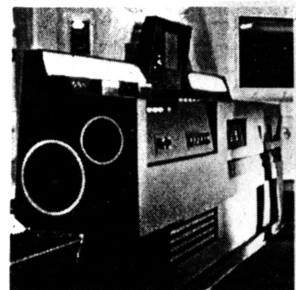
6.1 LA QUINTA GENERACIÓN

Los ordenadores de hoy en día presentan, entre otros, los siguientes problemas:

- Funciones relativamente débiles para el proceso de datos no numéricos, tales como imágenes y voces.
- Coste elevado del software.

La próxima generación de ordenadores electrónicos, la quinta, tendrá resueltos estos problemas. Para ello será necesario el desarrollo conjuntado de un amplio abanico de ciencias, que abarca desde la psicología a la microelectrónica.

Fotograma de la película “2001, una odisea del espacio” que muestra el ordenador de quinta generación HAL 9000.



En pocas palabras, un ordenador de la quinta generación será como el ordenador **HAL 9000 (Heuristic-programmed ALgorithmic computer)*** de la obra de **Arthur C. Clarke** “2001, una odisea del espacio” llevada a la pantalla por **Stanley Kubrick**. En el apartado 16, Clark escribe: “(El) sexto miembro de la tripulación (...) no era humano. Era el sumamente perfeccionado ordenador HAL 9000, cerebro y sistema nervioso de la nave. (...) En los años ochenta, Minsky y Good habían mostrado cómo podían (...) construirse cerebros artificiales mediante un proceso asombrosamente análogo al desarrollo de un cerebro humano. (...) El resultado final fue una máquina-*inteligencia* que podía reproducir la mayoría de las actividades del cerebro humano, y con mucha mayor velocidad y seguridad. (...) HAL había sido entrenado para aquella misión tan esmeradamente como sus colegas humanos... y a un grado de potencia mucho mayor, pues además de su velocidad intrínseca, no dormía nunca. (...) La mayoría de sus comunicaciones con sus camaradas de navegación se hacían mediante la palabra hablada (...) en el perfecto y más puro inglés que había aprendido durante las fugaces semanas de su electrónica infancia.”

Un ordenador de **quinta generación** deberá, pues, “entender” lenguajes naturales (castellano, japonés, etc), haciendo innecesarios, de cara a los usuarios, los lenguajes de programación (FORTRAN, COBOL, BASIC, etc.), y ser capaz de “pensar” y “razonar” como lo hace un ser humano, y de “aprender” de sus propias experiencias.

Para ello serán imprescindibles, en primer lugar:

- Estudios de lingüística y de lógica.
- Descubrimiento de los mecanismos del pensamiento humano (psicología).
- Construcción de aparatos capaces de reconocer la voz humana y de “leer” textos escritos.
- Desarrollo de la **inteligencia artificial** (ciencia que se orienta en torno a la transferencia del conocimiento humano a los ordenadores), en particular de los “algoritmos que aprenden”, es decir, algoritmos que obtienen información útil en el transcurso de su ejecución (por ejemplo, un algoritmo para jugar al póquer que analice la psicología de cada uno de los contrincantes y obre en consecuencia).

* Si desplazamos hacia la siguiente en orden alfabético cada una de las tres letras de HAL, podremos percatarnos de la profunda ironía de Clarke en la elección de este nombre.

Lo anterior no basta por sí solo para alcanzar los objetivos señalados. Además hará falta un espectacular avance en los dos frentes tradicionales de la informática: hardware y software.

Los ordenadores de quinta generación necesitarán dispositivos de memoria de enorme capacidad y acceso super rápido. Siendo la velocidad de la luz un límite infranqueable, el tradicional procesamiento secuencial de las instrucciones deberá ser sustituido por la actuación de decenas de miles de microprocesadores en paralelo. Ello requerirá el desarrollo de un software adecuado: el **software de paralelismo**.

Asimismo, las actuales bases de datos, de estructura y relaciones entre ítems predeterminadas, serán sustituidas por las **bases de conocimientos**, que constarán de ítems de información no estructurados y cuyas relaciones vendrán determinadas, sobre la marcha, por los requerimientos de la resolución de cada problema concreto que se plantee.

Por último, dado que los ordenadores de quinta generación deberán “razonar”, será necesario un lenguaje de programación (de uso interno) que realice inferencias lógicas haciendo uso de las bases de conocimientos. De hecho, ya durante la cuarta generación se han creado los lenguajes **PROLOG** y **LOGLISP** para realizar inferencias lógicas y parece ser que con ligeras modificaciones serán aptos para la quinta generación.

El problema, con respecto a este tema, es más bien de índole tecnológica y se refiere a la velocidad con que se realizan actualmente las inferencias. Los científicos japoneses han creado el acrónimo **LIPS** (Inferencias lógicas por segundo) como medida de velocidad para la quinta generación, en oposición al **MIPS** (millones de instrucciones por segundo). Pues bien, los superordenadores de hoy en día alcanzan la velocidad de 10^9 LIPS y se ha estimado que los ordenadores de la próxima generación deberán alcanzar una velocidad al menos un millón de veces mayor: 10^9 LIPS. Los japoneses han anunciado que lo lograrán sustituyendo el intérprete PROLOG por un compilador, utilizando procesadores en paralelo y desarrollando una nueva tecnología de integración de circuitos: **VLSI (Very-Large-Scale Integration)**.

Carentes de recursos naturales, los japoneses se han concienciado de que sólo alcanzando la supremacía tecnológica (sobre todo en el campo de la informática) podrán contarrestar el poder político, económico y militar de las grandes potencias. La etapa de “copia y venta a bajo precio” (los ordenadores FACOM de la tercera generación son un ejemplo significativo) ya ha

quedado enterrada en el pasado y hoy en día sus productos gozan de un reconocido y bien merecido prestigio a nivel internacional.

En 1982 los señores **Tohru Moto-oka** y **Kazuhiro Fuchi**, respectivamente catedrático de la Universidad de Tokio y directivo de **Electro-Technical Laboratory**, consiguieron, en colaboración con el Ministerio de Comercio e Industria, convertir el tema del ordenador de quinta generación en un proyecto del Gobierno japonés. Con tal fin se creó el **ICOT (Institute for New Generation Computer Technology)** con la participación, además de Electro-Technical Laboratory, de **NTTPC (Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation)** y de ocho empresas privadas: **Fujitsu, Nec, Hitachi, Mitsubishi, Toshiba, Oki, Matsushita** y **Sharp**. El Gobierno ha asignado al proyecto un presupuesto de 100.000 millones de yens para un período de diez años: 1982-1992.

6.2 LOS DERIVADOS DE LA INFORMÁTICA: TELEMÁTICA, BURÓTICA Y ROBÓTICA

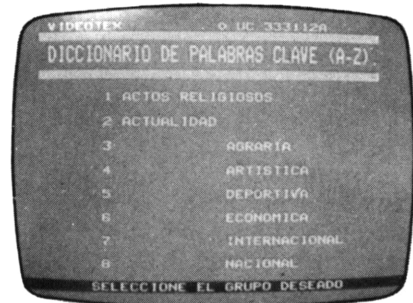
El término **telemática** se lo debemos al español **Luis Arroyo** (1977), Director General de **ENTEL**. Significa asociación íntima y muy global de los medios de telecomunicación y la informática.

Entre las futuras realizaciones de la telemática, destacamos:

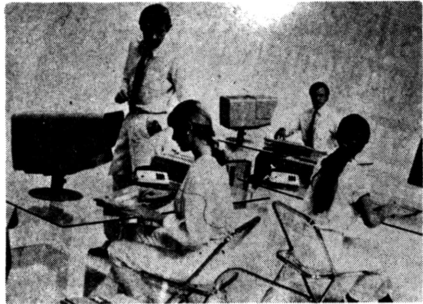
- a) El **videotexto**, que posibilitará consultar diversas fuentes de información (diarios, listín de teléfonos, superenciclopedias, bancos de datos, etc.) mediante una terminal acoplada a un televisor y conectada al cable telefónico.



Videotexto desarrollado por la Compañía Telefónica Nacional de España.



- b) **La teleconferencia:** comunicación gráfica (imágenes), auditiva y simultánea entre diversos grupos de personas.



La oficina del futuro.

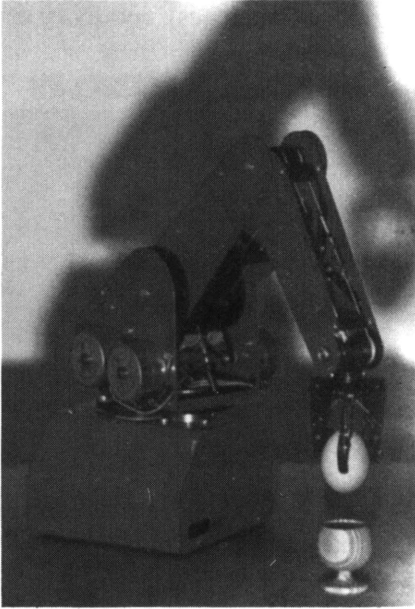
Por **burótica*** (galicismo que proviene de “bureautique”, traducción al francés de “office automation”) se entiende una automatización de las oficinas, a través de la informática (tratamiento de textos, archivos, etc.) y la telemática (consultas a bancos de datos, transmisión de textos, coordinación de trabajos a través de teleconferencias, etc.).

El tercer derivado, la **robótica**, no necesita definición y es el que presenta un mayor atractivo, ya que en él descansa uno de nuestros sueños: alcanzar la sociedad del ocio.

Actualmente los robots son utilizados para carga y descarga, transporte, clasificación, empaquetado, soldadura, moldeado, pintura, cromado, etc. Sin embargo, todavía quedan lejos las leyes de la robótica que **Isaac Asimov** enunciara en 1942:

1. Un robot no debe dañar a un ser humano ni por medio de inactividad permitir que uno sea dañado.
2. Un robot debe siempre obedecer a los seres humanos, a menos que exista conflicto con la primera ley.
3. Un robot debe protegerse del daño, a menos que exista conflicto con la primera o segunda ley.

* Algunos autores emplean el término **ofimática** (de oficina automática).



Robot de elevada precisión.



Robot que realiza las tareas del hogar, fabricado por la empresa norteamericana ZENITH.

Entre las cualidades disponibles en el presente, destacamos:

- a) Control del espacio de trabajo mediante seis articulaciones, infinitamente controlables, entre la base del robot y la extremidad de su mano.

- b) Posibilidad de enseñanza y reproducción, permitiendo programación rápida e instintiva.
- c) Selección de programas posibilitada por estímulos externos.
- d) Capacidad de manipulación de pesos de hasta 150 kg.
- e) Sincronización con piezas en movimiento.
- f) Interfaz permitiendo compatibilidad con un ordenador.

Para un futuro próximo, se tiene previsto:

- a) Sentido visual rudimentario para proporcionar información de reconocimiento y de orientación.
- b) Sentido táctil para proporcionar información de reconocimiento, de orientación y de interacción física.
- c) Movilidad.
- d) Comunicación a través de la voz.

El campo de aplicación de estos robots se extenderá a:

- a) Preparación y entrega de comidas preparadas.
- b) Servicio de automóvil (gasolina, cambio de aceite, etc.).
- c) Ordeño, esquila, etc.
- d) Mantenimiento y limpieza nuclear.
- e) Recolección de residuos.
- f) Sirviente doméstico.
- g) Cuidados médicos.

Capítulo 7

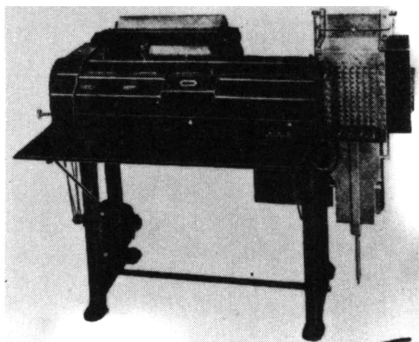
LA INFORMÁTICA EN ESPAÑA

7.1 TABULADORAS

La primera tabuladora se instala en España en 1925 en la **CTNE (Compañía Telefónica Nacional de España)**, fundada el año anterior. En 1926 el **Ayuntamiento de Barcelona** adquiere una tabuladora **Samas** (Powers) para procesar datos relacionados con el padrón de habitantes. De esta época también datan una tabuladora instalada en **Campofrío** (una fábrica de embutidos con la que estaba vinculado el rey **Alfonso XIII**) y una tabuladora **Hollerith** (IBM) adquirida por la compañía ferroviaria **M.Z.A.**

En 1927 la **Remington**, segunda empresa mundial del ramo (después de IBM), abre una sucursal en Madrid; IBM no lo haría hasta los años cuarenta, siendo, sus productos comercializados, mientras tanto, por un ciudadano norteamericano afincado en Madrid. Conviene aclarar que además de las **tabulating machines** (así se las llamaba), la Remington vendía máquinas de escribir e IBM, relojes de marcar, balanzas de carnicero y cortadoras de queso, entre otras cosas.

Sus primeros clientes, en cuanto a tabuladoras se refiere, fueron **CAMPSA, La Unión y el Fénix, Banco de Vizcaya, Caminos de Hierro del Norte de España, Standard Eléctrica, Dirección General de Aduanas**, etc., todos ellos posteriores a 1929. Durante la República, a pesar del mal momento económico mundial en que ésta surgió (secuelas de la crisis de 1929), se instalaron algunas de las máquinas antes citadas, y otras dedicadas a la facturación de clientes, en empresas de servicio público (gas y electricidad) o fabriles (incluyendo el sector textil).



Tabuladora Bull.

A principios de los cuarenta, IBM se establece en España directamente, sin intermediarios, con el nombre de **Máquinas Comerciales Watson** (a partir de entonces las “tabulating machines” pasarían a llamarse **máquinas comerciales o máquinas Watson**). Operaba desde oficinas en Madrid y Barcelona, bajo la dirección de **Fernando de Asúa y Sejornant**, antiguo director de la M.Z.A. Vendía tabuladoras, máquinas de escribir eléctricas y relojes de marcar, habiéndose desprendido ya de los otros productos.

Durante la Autarquía (1939-1959) no se pudo reproducir en España el relativo “boom” de las **máquinas contables** (nuevo nombre de las tabuladoras) en otros países, debido a los cupos y a las licencias de importación, conseguidas mediante carreras de influencias. Una vía de escape la daban las **Ferias de Muestras** y acontecimientos análogos, tras los cuales se establecían fuertes pujas para obtener los sistemas exhibidos. IBM, ya con ese nombre, estableció un monopolio de facto (que duraría hasta 1952), debido a la superioridad de sus máquinas electromagnéticas sobre las de **Remington Rand**, todavía electromecánicas.

En 1952 la empresa barcelonesa **Guillermo Truniger, S.A.** se hace cargo de la contratación, instalación y mantenimiento de las tabuladoras de la **Compagnie des Machines Bull**, francesa, fuerte competidora de IBM en los mercados europeos y hasta entonces no representada en España, rompiendo la situación de monopolio antes aludida. Sus primeros clientes fueron la delegación de Barcelona, del **Instituto Nacional de Previsión** y el **Servicio Nacional del Trigo** (Madrid), ambos en 1953.

A finales de los años cincuenta, el parque español de máquinas contables

era de unas setenta unidades, de las que una cuarta parte estaban en la Administración Pública del Estado y el resto en manos privadas.

7.2 LOS PRIMEROS ORDENADORES

El primer ordenador instalado en España fue un **IBM 650**, a fichas, contratado por RENFE en 1958. Se trataba de un modelo anunciado cinco años antes en EE.UU. y que había sido dotado de sustanciales mejoras. Fue el único ordenador de primera generación que llegó a este país.

En 1959 la **Junta de Energía Nuclear** contrató un **UNIVAC UCT**, primero de segunda generación que se instaló en España y primero que fue dedicado a aplicaciones científicas.

Estos dos primeros ordenadores deben ser tratados como casos aislados en un contexto de clara orientación hacia las tabuladoras y las calculadoras. La puesta en marcha del **Plan de Estabilización** trajo consigo la liberación, tanto de contingentes como de aranceles de importación. Su efecto fue, en lo que al parque de máquinas contables se refiere, un aumento de casi un 50% entre 1959 y 1961. Esta expansión del mercado contable trajo como consecuencia la implantación del ordenador, primero como elemento superior en la escala y después como gradual sucesor. Al respecto, es significativo que, por aquel entonces, no existiera en español un nombre que distinguiera a los ordenadores (este galicismo aparecería varios años más tarde) de las máquinas inferiores.

7.3 LA ERA DE LA INFORMÁTICA

El año 1961 representa un hito fundacional en la historia de la informática española. En junio de dicho año se exhibe en la **Feria de Muestras de Barcelona** un **IBM 1401** y en el transcurso del mismo se contratan cerca de diez ejemplares a instalar en el bienio 1962-1963. Estas máquinas crean un nuevo mercado, un nuevo tipo de usuario y un nuevo tipo de actividad: la programación.

En mayo de 1962 se instala en **Sevillana de Electricidad** (Sevilla) el primer **IBM 1401**, tercer ordenador español. Le sigue, en junio, el de **Galerías**

Preciados y en noviembre, el del **Ministerio de Hacienda** (que llegaría a instalar cinco más hasta 1967), primer ordenador administrativo del sector público español.

El enorme y sorprendente éxito del 1401 en España, como en el resto del mundo (se vendieron unos diez mil ejemplares), sitúa a IBM en posición destacada con respecto a sus competidores. Ello le permite diversificar su oferta, creando derivados compatibles. En primer lugar, tenemos el **1410**, una extensión realmente grande, cuya memoria podía llegar a 100 K y que sería instalado en algunas cajas de ahorros. En segundo lugar, tenemos una versión a fichas del 1401, el **1440**, mucho más barata que el 1401 original, y cuya instalación, iniciada en 1963, permite a IBM cubrir un amplio frente de productos y reabsorber, con el tiempo, a los antiguos usuarios de sus tabuladoras. Ello coge a contrapié a la Bull, cuya respuesta el **Gamma 10**, anunciado por aquellas fechas, llegaría demasiado tarde (1964-1965). La empresa entra en crisis y, así, en 1964 es adquirida por la **General Electric** americana; ésta, a su vez, sería absorbida por la **Honeywell** en 1970.

En lo que respecta a ordenadores científicos, IBM también se hace con el mercado. Entre 1963 y 1964 se instalan sendos **1620** en el **Ministerio de Obras Públicas** (Dirección General de Carreteras), **Ministerio de Agricultura** y, con la financiación de la **Fundación March**, en algunas escuelas técnicas superiores, como por ejemplo la de **Ingenieros Industriales de Barcelona**, que funda su centro de cálculo bajo la dirección del **Dr. Martí Vergés**. Por otra parte, en 1964 se instala un **IBM 7070**, administrativo, en el **Ministerio de Educación**; varios años más tarde, este ordenador sería trasladado al **Patronato Juan de la Cierva**.

En 1967 IBM obsequia un potente **7094**, científico, a la Universidad Complutense de Madrid, siendo **Eduardo Briones** y **Ernesto García Camareiro**, respectivamente, director y subdirector de su centro de cálculo.



El ordenador IBM 7094 en el Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid.

También en 1967, el Instituto Químico de Sarriá (Barcelona) adquiere un **IBM 1130**, ya de tercera generación y dotado de una unidad de discos. Cabe destacar la labor de difusión de la informática, a través de cursos de programación impartidos por el centro de cálculo de esta institución, cuyo director por aquel entonces es **Luis García-Ramos Patiño**.



El IBM 1130 del Instituto Oceanográfico (Barcelona), instalado en el barco “Carnide de Saavedra”.

En 1968 la Universidad de Barcelona adquiere un **IBM 360/30** y funda su Laboratorio de Cálculo bajo la dirección del catedrático **Dr. Joan Augé Farreras**. Organizados por **Llorenç Guilera Agüera**, el **LCUB** imparte cursos de programación en PL/1 y FORTRAN, dirigidos sobre todo a estudiantes y egresados de sus facultades.

En 1969 la Universidad de Santiago de Compostela instala un **IBM 1130** en su recién creado **Centro de Cálculo Barrié de la Maza**, gracias al impulso de **José Valle Sánchez**. Su primer director es **José María Busta**.

En cuanto a la Remington, ya convertida en Sperry Rand, opera en España a través de **Rudy Meyer**, su representante exclusivo (hasta 1969). Esta marca se limitó a ofertas altamente selectivas, de ordenadores UNIVAC, a instituciones públicas o semipúblicas similares a instituciones norteamericanas en las que aquéllos han dado excelentes resultados. Producto de esta estrategia comercial fue, sin duda, el UCT ya mencionado. Le siguió un UNIVAC III instalado en el **Instituto Nacional de Previsión** (1964) y no volvería a repetir operación hasta 1968 y 1969, con sus sistemas **1100**, de los cuales uno es instalado en el **Ministerio de Educación y Ciencia**, con terminales en diversas universidades. Aunque la penetración de Sperry Rand en el merca-

do español siempre ha sido baja, en cifras absolutas, las posiciones logradas mediante las citadas operaciones le han permitido hacerse con las grandes cuentas estatales y paraestatales, a partir de 1969.

En el cuatrienio 1964-1967, las máquinas contables son sustituidas masivamente por ordenadores, ya concebidos como máquinas diferentes y definitivas, sextuplicándose el número de instalaciones con respecto al cuatrienio anterior. En el período 1968-1971, el parque se triplica. Fueron estos años de consolidación y expansión a la vez. Los sistemas de las primeras instalaciones son sustituidos o ampliados con productos de la tercera generación (**General Electric 400**, **IBM 360**, **UNIVAC 9000**, **Siemens 4000** y **NCR Century**); asimismo, las tabuladoras prácticamente desaparecen, siendo sustituidas por ordenadores. Desde entonces, el número de instituciones españolas, públicas y privadas, que han entrado en la era de la informática ha crecido de forma imparable.

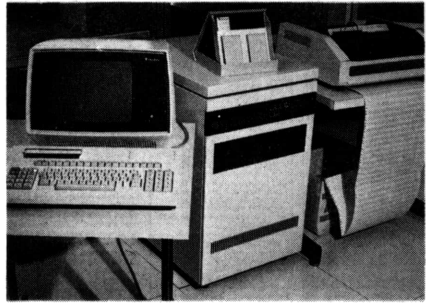
A finales de la década de los sesenta, los ordenadores se distribuyen en torno a dos polos: Madrid (50%) y Barcelona (34%). El resto (16%) corresponde en su mayor parte a instalaciones de los grandes bancos del Norte (Bilbao, Vizcaya y Santander, principalmente) y a algunas cajas de ahorros.

También durante la década de los sesenta se crean compañías de servicios: **Seresco**, **Centro de Cálculo de Sabadell**, **Logic Control**, **C.T.I.**, **Entel Ibermátic**, **Delta/Gemsa**, **Eria**, etc., y se realiza el primer esfuerzo importante de teleproceso creando, a partir de 1964, un software completo para la transacción remota de libretas de ahorro y cuentas corrientes en las dos primeras cajas de ahorros del país.

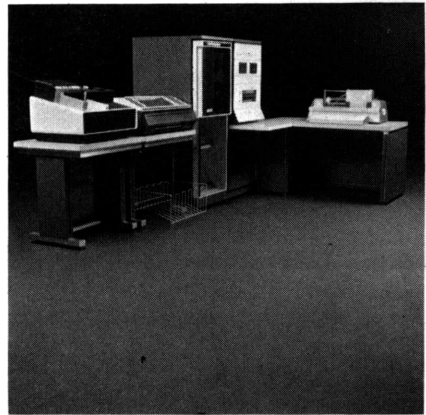
7.4 MADE IN SPAIN

En 1967, la barcelonesa empresa **Telesincro** irrumpe en el mercado con su **Factor-P**, una facturadora con software y tecnología propios. Sus diseñadores fueron **Jordi Vidal** y **Joan Majó**. Después vinieron los modelos **Q**, **R** y **S**, cada uno con algunas mejoras respecto de su predecesor. En total se llegaron a vender más de novecientas unidades a 2,5 millones cada una. En 1972, Telesincro ocupaba el tercer lugar de ventas en el mercado de los miniordenadores de gestión, detrás de **Philips** y **NCR**, y por delante de **Nixdorff**. Sin embargo, en 1975 su cuota de mercado había descendido a la mitad y la empresa quedaba integrada en la nueva **Secoinsa**, empresa dependiente del Instituto Nacional de Industria.

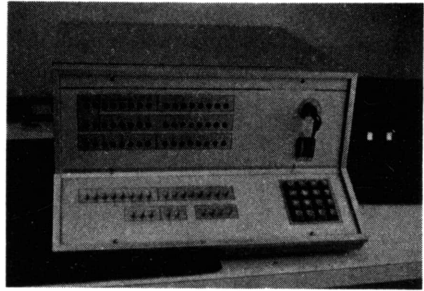
Ordenador SECOINSA 20.



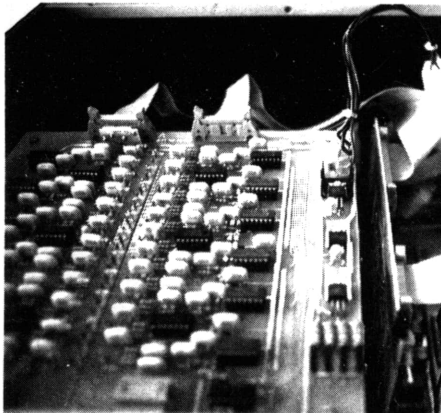
Ordenador FACTOR-S.



Un año antes (1973) de que apareciese el ALTAIR 8800 en el mercado estadounidense, el ingeniero técnico **Manuel Puigbó i Rocafort**, de la empresa **Distesa**, pone a punto un microordenador personal de características similares: el KENTELEC-8, que es exhibido en la feria DIDASTEC de Valencia. Tiene una memoria de 16 K, entradas y salidas por teletipo y cinta perforada, lenguaje ensamblador en memoria ROM y un dispositivo para introducir programas en memorias de este tipo. También es invención suya una lectora óptica, la EVALEC-24, para la corrección de pruebas objetivas. La empresa **Distesa** se dedica desde su fundación a la fabricación de material para enseñanzas técnicas; una de sus últimas realizaciones es un laboratorio de idiomas computerizado.

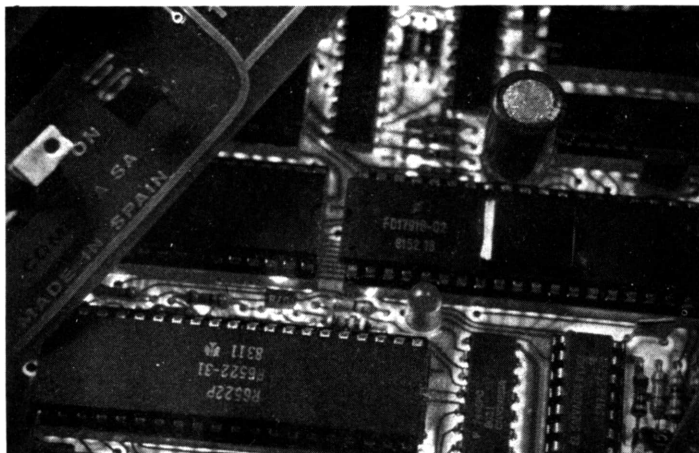


Manuel Puigbó posando junto a su microordenador KENTELEC-8.



Lectora óptica EVALEC-24 de DISTESA.

En cuanto a ordenadores ensamblados en España, tenemos en primer lugar, a **Microsistemas**, fundada en Barcelona en 1975, con sus “micros” **ALTAIR, SPHERE, POLYMORPHIC, ALTOS, ALFAMICRO** (primer multiusuario) y **MICROSTAR** (primer multiusuario en BASIC). Le seguirían las hoy desaparecidas **Simsa** (1977) con su **POLYMORPHIC** y **Procemat** (1980), con un microordenador tipo **ALTOS**, microprocesador **Z-80** y disquetes de 8 pulgadas. Desde hace años, **IBM, Nixdorff** y **Secoinsa** también ensamblan ordenadores en este país.



Módulos para microordenadores, fabricados en España.

El primer microordenador personal totalmente español es el **P'tit** de la empresa **EINA** (Granollers), diseñado por el ingeniero **Jordi Ustrell**.

La también catalana empresa **CECSA** (**Compañía de Electrónica y Comunicaciones, S.A.**) sacó en 1982 el **Master M-32**, un microordenador personal dirigido a la formación profesional.

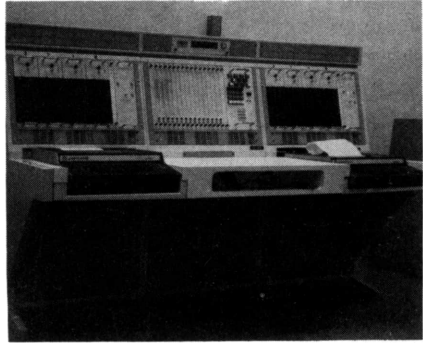


El microordenador COMPUTEC S/1.



El microordenador EINA PC.

En 1983 la empresa madrileña **Comelta (Compañía Electrónica de Técnicas Aplicadas)** anunció para 1984 su microordenador personal **Computec S/1**, dirigido esencialmente hacia los profesionales.



Ordenador TESYS 1.

También en 1983 **Secoinsa** y la **CTNE** (Telefónica) lanzaron el **Tesys 1**, un ordenador medio para transmisión de datos; su objetivo es sustituir a las centralitas telefónicas.

Por último, para 1985 **Cosesa**, filial de Telefónica, tiene previsto sacar al mercado un microordenador personal.

7.5 LA LECTORA RÁPIDA UNIVERSAL

Un paso importante hacia la quinta generación ha sido dado por un grupo de científicos catalanes. La historia tiene un cierto parecido con la de Babbagen sólo que con final feliz.

En 1975 a **Rafael Sala** se le ocurrió la idea de fundar una revista que recogiera información de interés sobre todo lo publicado en el mundo, relacionado con la economía. La revista debía contar con un buen banco de datos informatizado, basado en una máquina que fuese capaz de leer los artículos y de elaborar un índice sistemático de ellos. Asociado con **Joan Vinyoli**, de formación humanística y **Ricard Pérez**, economista, realizaron sin éxito unos primeros sondeos para dar con la citada máquina.

Hartos de indagar por su cuenta, y ya con el soporte económico de dos empresas de exportación, acudieron al **Centro de Cálculo de la Universidad Politécnica de Catalunya (CCUPC)**. Se firmó un contrato por el que el CCUPC se comprometía a realizar una prospección mundial en busca del ansiado aparato. Los resultados no pudieron ser más desesperanzadores: las lectoras automáticas sólo reconocían determinadas familias de letras y no

eran capaces de distinguir los diferentes bloques de información que, por ejemplo, contiene una página de un periódico; por si esto fuera poco, no había máquina alguna que fuera lo suficientemente inteligente como para entender los textos que habría de leer.

Lejos de desanimarse, nuestros protagonistas, conjuntamente con el CCUPC, se convencieron de que esa máquina podía ser diseñada y construida en España. Así, coordinados por Sala, en 1979, se constituyeron dos equipos para la consecución de los elementos necesarios para el proyecto final: la **Lectora Rápida Universal (LRU)** y el **Sistema de Indexación Precoordinado Automático (SIPA)**.

El primer equipo terminó la LRU a finales de 1983. Sus principales responsables eran el **Dr. Martí Vergés** y los ingenieros **Joan Ribera** y **Lluís Olive-lla**, este último, director del CCUPC.

La LRU utiliza microprocesadores en paralelo. Todos los componentes se pueden encontrar en el mercado, aunque algunos debieron ser mejorados. Este prodigio es capaz de leer todas las cosas impresas, lo cual representa un avance importantísimo para la creación de bancos de datos. Baste tener en cuenta, por ejemplo, que el del **New York Times** necesita más de 1.000 personas y cuesta 20 millones de dólares al año.

El otro equipo, bajo la dirección de Vinyoli y Pérez, está abocado a la resolución de ciertos problemas teóricos de lenguaje natural. Sus aportaciones servirán de base para la quinta generación de ordenadores, sobre todo en lo que respecta a las lenguas castellana y catalana (recuérdese que los ordenadores de quinta generación deberán entender lenguajes naturales).

Para 1987 o 1988 se tiene prevista la culminación del proyecto, con la máquina que elaborará índices. La LRU leerá una página impresa (de un diario, de una revista, etc.), distinguiendo los distintos bloques de información. Hecho esto, el SIPA, a través de sus seis analizadores (sintáctico, morfológico, semántico, pragmático, de conocimiento del mundo y de sentido común), determinará y representará el contenido de cada artículo, elaborará un resumen y lo insertará en una base de datos relacional.

Pero... ¿qué fue de la revista de economía, impulsora de tan relevantes logros? No llegó a nacer. Murió digna y discretamente, a manos de la que iba a ser su servidora: la máquina para hacer índices.



Sistemas New Brain.



Bibliografía

- ARROYO, L.: Del bit a la temática (Col. Vertix, n.º 49), Ed. Alhambra, Barcelona 1982
- ASHER, M.: The Logical-Numerical System of Inca Quipus, *Annals Hist. of Computing*, n.º de julio 1983.
- BERENQUER, X. et al.: Los ordenadores (Biblioteca Salvat Grandes Temas, n.º 27), Barcelona 1973.
- BERGAMINI, D. et al.: Matemáticas, Colección Científica Life en español, Ed. Life, México 1967.
- BOTELLA, P.: Passat, present i futur de la programació, *Revista Ciència*, n.º octubre 1983.
- BOURBAKI, N.: Elementos de historia de las matemáticas (AU 18), Alianza Ed., Madrid 1974.
- CARATINI, R.: Los números y el espacio, *Enciclopedia Temática Argos*, Barcelona 1970.
- CARROLL, L.: El juego de la lógica (363), Alianza Ed., Barcelona 1981.
- CARROLL, L.: Symbolic logic, Ed. Dover, Nueva York 1958.
- CERUZZI, P.: The early computers of Konrad Zuse, *Annals Hist. of Computing*, n.º julio 1981.
- CHASE, G.: History of Mechanical Computing Machinery, *Annals of the Hist. of Computing*, n.º julio 1980.
- CLARK, J.: Computadoras en acción (Biblioteca Juvenil Bruguera n.º 13), Barcelona 1980.
- COHEN, J.: Los robots en el mito y en la ciencia (Col. Dina), México 1969.

- CUTHBERT, H.: Early computers at IBM, *Annals Hist. of Computing*, n.º abril 1981.
- Diversos autores: *Basic*, Ed. Forum, Madrid 1983.
- Diversos autores: *Enciclopedia Práctica de la Informática*, Ed. Nueva Lente-Ingelek, Madrid 1983.
- Diversos autores: Leonardo Torres Quevedo, *Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos*, Madrid 1975.
- Diversos autores: *Mi computer*, Ed. Delta, Barcelona 1983.
- Diversos autores: *Perspectivas en la revolución de los computadores (AU 119)*, Alianza Ed., Madrid 1975.
- DORMIDO, S. y MELLADO, M.: *La revolución informática (Temas Clave 53)*, Ed. Salvat, Madrid 1981.
- FENICHEL, R. et al.: *Computadores y computación*, Ed. Blume, Madrid 1974.
- GARCIA SANTESMASES, J.: *Obra e inventos de Torres Quevedo*, Instituto de España, Madrid 1980.
- GARDNER, M.: *Máquinas lógicas y diagramas (Col. Dina)*, México 1973.
- GILLOT, F.: *Algebre et logique, d'apres les textes originaux de Boole et Jevons*, Ed. Blanchard, París 1962.
- GOLDSTINE, H.: *The computer from Pascal to von Newmann*, Princeton University Press, Princeton 1973.
- GUILERA, L.: *Introducción a la informática (Col. Laboratorio de Cálculo, Universidad de Barcelona)*, Ed. Eunibar, Barcelona 1982.
- GUILERA, L.: *Los fundamentos de la informática (Col. Informática Básica, n.º 1)*, Ed. Eunibar, Barcelona 1984.
- HOGBEN, L.: *El universo de los números*, Ed. Destino, Barcelona 1966.
- HOLINGDALE, S. H. y TOOTILL, G. C.: *Computadores electrónicos (43)*, Alianza Ed., Madrid 1972.
- KLINE, M. et al.: *Matemáticas en el mundo moderno*, Ed. Blume, Madrid 1974.
- LOPEZ DE MANTARAS, R.: *La intel·ligència artificial: des dels orígens fins al futur*, *Rev. Ciència*, n.º octubre 1983.
- LUKOFF, H.: *From dits to bits*, Robotic Press, Portland 1979.
- MEINADIER, J. P.: *Estructura y funcionamiento de los computadores digitales*, Ed. AC, Madrid 1975.

- NEUGEBAUER, O.: *The exact sciences in Antiquity*, Ed. Dover, Nueva York 1969.
- NEWMAN, J. et al.: *El mundo de las matemáticas* (Col. Sigma), Ed. Grijalbo, Barcelona 1973.
- O'BRIEN, R. et al.: *Máquinas*, Ed. Time-Life International, Hamburgo 1969.
- RANDELL, B.: *The origins of digital computers*, Springer-Verlag, Nueva York 1975.
- SALES, T.: *Historia de la informática*, Revista Novàtica, n.º julio/agosto 1980.
- SOULARD, R.: *Historia de la máquina*, Ed. Continente, Madrid 1965.
- SOULIER, A.: *L'informatique et ses developements*, Ed. Masson, París 1982.
- TATON, R. et al.: *Historia General de las Ciencias* (5 vols.), Ed. Destino, Barcelona 1971.
- TATON, R. y FLAD, J.P.: *Le calcul mecanique*, Presses Universitaires de France, París 1963.
- WEINER, N. et al.: *El hombre y las máquinas*, Ed. Monte Avila, Caracas 1974.
- WEINSTEIN, S. y KEIM, A.: *Principios básicos de los computadores* (Nueva Colección Labor, n.º 72), Barcelona 1970.
- WIELEITNER, H.: *Historia de la matemática*, Ed. Labor, Barcelona 1928.
- WILLERDING, M.: *Conceptos matemáticos, un enfoque histórico*, Ed. Cecsca, México 1976.
- WILLIAMS, J.: *Leonardo da Vinci*, Ed. Timun Mas, Barcelona 1967.
- WILLIAMS, M.R.: *From Napier to Lucas: the use of Napier's bones*, *Annals Hist. of Computing*, n.º julio 1983.
- YAMADA, H.: *Ordenadores de quinta generación: creación y futuro*, Revista Novàtica, n.º 54, Barcelona 1983.
- ZIENTARA, M.: *The history of computing*, Computerworld Communications Inc., Framingham 1981.

Índice alfabético

A

ábaco, 21, 28, 32
acumulador, 45
ADA, 69
Ada Augusta Byron, 62, 69
Adelardo de Bath, 32
Aiken, Howard, 73, 86-87
Al-gebr wa'l mukabala, 31
Al-Karismi, 31, 32
ALFAMICRO, 155
Alfaskop, 120
Alfonso XIII, 147
álgebra, 31
ALGOL, 102, 106-107, 111, 113-115
algoritmo, 32, 140
ALTAIR, 155
ALTAIR 680 y 680 b, 128
ALTAIR 8800 y 8800 b, 128, 153
ALTOS, 155
American Totalitser, 97
Análisis Matemático de la Lógica, 81
analizador diferencial, 88-89, 92
analógico/a, 71, 82, 88-89, 91
año trópico, 19
Apolonio de Pérgamo, 27
APPLE I, 130
árabes, 31-33
Aristóteles, 81
aritmética binaria, 82
aritmética de coma flotante, 73
aritmética octal, 82
aritmóforo, 71

aritmómetro, 72
Arquímedes, 27
Arroyo, Luis, 142
Ars Magna, 80, 81
ASCC, 87
Asher, Marcia y Robert, 21-22
Asimov, Isaac, 143
Asúa y Sejornant, Fernando, 148
Atanasoff, John, 92-93
Atari, 130
ATT, 84
automatismo, 73
AY 3-8910, 133

B

B-1700, 116
B-5000, 111
B-5500, 111
B-6700, 116
Babbage, Charles, 61-69, 85, 87, 91
Babbage, Henry, 68-69
babilonios, 25
Backus, John, 102
balanza algebraica, 60
Baldwin, Frank, 54, 56
Banco de Bilbao, 152
Banco de Santander, 152
Banco de Vizcaya, 147, 152
banda de papel perforada, 67
Bardeen, John, 105-106
base de conocimientos, 141

base de datos, 141
BASIC, 113-114, 128, 130, 131, 140
BCD, 123
Bell Labs, 84
Bernstein, Alex, 102
Berry, Cliff, 92
BESM-6, 111
bifurcación, 69, 84-85
BINAC, 97, 99-100
biprosesador, 110
Bobrow, Daniel, 133
Bollee, Leon, 55-56, 58
Bolt Beranek and Newman Inc., 133
bomba H, 96
Boole, George, 53, 81
Bouchon, Basile, 66-67
Brattain, Walter, 105-106
Briggs, Henry, 37
Briones, Eduardo, 150
British Association, 88
British Foreign Office, 93
Brunsviga, 54, 56
bucle, 69
Bull, 116, 148, 150
Burack, Benjamin, 83
Bürge, Jobst, 37
Buriden, Jean, 81
burótica, 142-143
Burroughs, 111, 116, 135
Burroughs, William, 57-58
Bush, Vannevar, 89
Busicom, 122
Busta, José María, 151

C

C.T.I., 152
caja registradora, 57-58
calculador electrónico, 92
calculadora griega, 43-44
calculadora mecánica, 44
calculadora universal, 51
calendario gregoriano, 20
calendario juliano, 20
calendario mántico, 19
Caminos de Hierro del Norte de España,
147
Campofrío, 147

CAMPSA, 147
Canon V-20, 133
Carroll, Lewis, 81
Casio, 130
Castells, Paulí, 58-60
CCUPC, 157-158
CDC 1604, 110
CDC 3600, 110
CDC 6400, 116
CDC 6500, 116
CDC 6600, 110, 116-117
CDC 6700, 116
CDC 7600, 116-117
CECSA, 155
Centro de Cálculo Barrié de la Maza,
151
Centro de Cálculo de Sabadell, 152
cero, 18, 20, 25, 28, 31
chasqui, 22
chip, 122
chiquitos, 16
cibernética, 73
CII, 118
cinta telegráfica, 84
circuito integrado, 111-112
circuito integrado a media escala,
véase M.S.I.
Clarke, Arthur C., 140
Clavius, Christof, 34
COBOL, 106-107, 113, 140
COBOL ANS, 113
Colossus, 93-94
Comelta, 156
Commodore, 64, 128-129
Compagnie des Machines Bull,
véase Bull
Complex Calculator, 84
COMPUTEC S/1, 156
Computing-Tabulating-Recording Co., 78
Control Data Corporation, 110, 116-117,
134-135
Cosesa, 157
Coffignal, Louis, 69
CPC, 99
CRAY I-II-III, 117, 135-137
Cray Research Incorporated, 117, 134
Cray, Seymour R., 110, 117
CTNE, 142, 147, 157
CTR, 78

cuarta generación de ordenadores electrónicos, 126

CYBER, 117

CYBER 203 y 205, 135

D

Daewoo, 133

Datasaab, 120

Defense Calculator, 101

Delta/Gemsa, 152

demonstrator, 81-82

Denelcolor, 136

día D, 94

Diccionari d'Informàtica, 91

digital, 71, 88-89, 91, 122, 125, 130

digitalizador de imágenes, 121

Dijkstra, Edsger, 114

Dirección General de Aduanas, 147

dispositivos de entradas y salidas, 66

Distesa, 153-154

DJS-18, 117

Dodgson, Charles, 81

Dragon, 130, 133

E

e, 36

Eckert, John, 95-97, 99-100

EDSAC, 97

EDVAC, 96-98

Egipto, 23-24

EINA, 155

EINA PC, 156

el ajedrecista, 73

El Juego de la Lógica, 81

Electro-Technical Laboratory, 142

ENIAC, 85, 92-93, 95-96, 98

Enigma, 93-94

ENTEL, 142, 152

Epson, 130

ERA, 100

Eria, 152

Escuela Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona, 150

Euler, Leonhard, 81

Eurohard, 133

F

FACOM, 141

FACOM VP, 100, 136

Factor, 152-153

Feria de Muestras, 148-149

Ferranti, 111

Feurzeig, Wallace, 133

Fibonacci, 32

ficha perforada, 66, 75-76

File Computer, 104

floppy, 128

Ford Instrument, 88

FORTAN, 102, 113-114, 136, 140, 157

fracción decimal, 23, 34

Freytag Loringhoff, Bruno Baron von, 46

Fuchi, Kazuhiro, 142

Fujitsu, 118, 133, 142

Fundación March, 150

G

Galerías Preciados, 149

Gamma 10, 150

García Camarero, Ernesto, 150

García Santesmases, José, 87

García-Ramos Patiño, Luis Alberto, 151

GE 645, 116

Geheimschreiber, 93

Genaille, Henri, 42

General, 133

General Electric, 89, 116, 150, 152

General Instruments, 133

Genie, 130

Goldstar, 133

Goldstine, Herman, 95-96

Goto, Eiichi, 107

Grant, George, 65

Grecia, 26-28

Grillet, René, 40, 51

Guilera Agüera, Llorenç, 151

Guillermo Truniger, S.A., 148

Gunter, Edmund, 37

H

H 800, 110

haab, 19
HAL 9000, 139-140
Hann, Phillip, 53-54
hardware, 83
Heath Robinson, 94
HEP I, II, 136
Herschel, John y William, 62
Hewlett Packard, 122, 130
hindúes, 31
Hitachi, 133, 136, 142
Hollerith, 147
Hollerith, Herman, 74-78
Honeywell, 110, 116, 150
HP 2116, 122
husillo sin fin, 72

I

I-4004, 123-124
I-8008, 123
I-8080, 124
I-8086, 124
I-86286, 124
IAPX-432, 124-125
IBM, 78, 98-104, 109, 113, 136, 147,
150, 155
IBM 1130, 115, 151
IBM 1401, 104, 109-110, 149-150
IBM 1410, 150
IBM 1440, 150
IBM 1620, 108-109, 150
IBM 1621, 108
IBM 3033, 135
IBM 360, 115-116, 152
IBM 370, 115-116, 125
IBM 650, 104, 109, 149
IBM 701, 101-103
IBM 702, 103
IBM 7030, 109
IBM 704, 102, 109
IBM 705, 103, 109
IBM 7070, 109, 150
IBM 7080, 109
IBM 7090, 109-110
IBM 7094, 109, 150
ICL, 118
ICOT, 142

168

ILLIAC-IV, 134-135
impresora gráfica, 131
IMSAI, 129
incas, 21-23
India, 31, 33
informática, 111
Instituto Nacional de Industria, 152
Instituto Nacional de Previsión, 148, 151
Instituto Oceanográfico, 151
Instituto Químico de Sarriá, 151
Instituto de Electricidad y Automática, 87
Intel, 122-123, 125
Intel 8080, 128, 129
Inteligencia artificial, 140
International Business Machines, 78
interrupción, 111

J

J. V., 133
Jacquard, Joseph Marie, 67, 76
Jevons, Stanley, 82
Jobs, Steve, 130
Junta de Energía Nuclear, 149

K

K, 111
Kelvin, 88
Kemeny, John, 114
KENTELEC-8, 153-154
Kepler, Johannes, 45-46
Kettering, Charles, 58
Kilburn, 111
Kilby, Jack, 112
KIM, 128
kit, 126, 128
Kleinschmidt, Edward, 77
Kubrick, Stanley, 140
Kurtz, Thomas, 114
Kyocera, 133

L

La Unión y el Fénix, 147

Laboratorio de automática, 71
 Laplace, Pierre Simon de, 34
 LARC, 110, 116
 La Leyes del Pensamiento, 81
 LCUB, 151
 Lectora Rápida Universal, 157-158
 lectora de cinta, 86
 Leibniz, Gottfried, 51-54
 lenguaje de programación, 85
 Leonardo da Vinci, 44
 Leonardo de Pisa, 32
 ley de Ohm, 88
 leyes de la robótica, 143
 Liber Abaci, 32
 Liber Algorithmi de Número Indorum, 32
 LIFO, 123
 líneas de mercurio, 101
 LIPS, 141
 LISP, 106, 108, 133
 Llull, Ramón, 80
 logaritmo, 35, 44
 Logic Control, 152
 lógica simbólica, 81
 LOGLISP, 141
 LOGO, 133
 look ahead, 110
 Lowell, Percival, 55
 Lucas, Edward, 42
 Ludgate, Percy, 69

M

M-6800, 124
 M-68000, 124
 M.Z.A., 147-148
 Macaulay, Charles, 82
 machina aritmetica, 47
 Magini, Giovanni Antonio, 34
 mairassis, 16
 Majó, Joan, 152
 mando a distancia, 73
 MANIAC, 97-98
 Máquinas Comerciales Watson, 148
 máquina algebraica, 71
 máquina analítica, 65-69
 máquina contable, 148, 152
 máquina de contabilidad, 57
 máquina de diferencias, 62-65

máquina lógica, 82
 máquina silogística, 83
 máquina de pilas, 111
 máquina de uso especial, 65
 Mark 2 Colossus, 94
 Mark I, 73, 85-87, 95-96, 98
 Marquand, Alland, 82-83
 Massachusetts Institute of Technology,
 véase MIT
 Master M-32, 155
 Matsusaki, Kiyoshi, 30-31
 Matsushita, 133, 142
 Mauchly, John, 93, 95-97, 99-100
 mayas, 18-19
 McCarthy, J., 108
 Memoria Sobre Máquinas Algebraicas, 70
 memoria, 66, 73
 memoria a cintas de papel, 99
 memoria cache, 116
 memoria de burbujas magnéticas, 125
 memoria entrelazada, 109, 110
 memoria multipuerta y multibus, 110
 memoria PROM, 122
 memoria RAM, 122
 memoria ROM, 122
 memoria virtual, 111, 116
 Menabrea, L.F., 69
 Mesopotamia, 23-25
 microcircuito, 111
 microordenador, 114, 130
 microordenador personal, 110, 128, 155
 microprocesador, 122-126, 128
 MICROSTAR, 155
 Microsistemas, 155
 Microsoft, 128, 130, 133
 microsegundo, 106
 Mill, 68
 miniordenador, 87, 118-122, 152
 Ministerio de Agricultura, (ver texto),
 150
 Ministerio de Educación y Ciencia,
 150-151
 Ministerio de Hacienda, 150
 Ministerio de Obras Públicas, 150
 MIPS, 141
 Mishi, Kazuhiro, 133
 MIT, 102, 133
 MITS, 128
 Mitsubishi, 133, 142

modem, 128, 132
Monroe, 54, 56
Moore School, 95-97
Morgan, Augustus de, 82
Morland, Samuel, 40, 48-50
MOS, 122
Mos 6502, 128
Mos Technology, 128
Moto-oka, Tohru, 142
Motorola 6800, 128
Motorola 68008, 131
MSI, 118
MSX, 133
Müller, J.H., 54
Multics, 116
multiprogramación, 113
Musasino I, 107

N

NAIRI-3, 118
nanosegundo, 111
Napier, 35
NASA, 69, 135
National, 133
NCR, 109, 152
NCR Century, 152
Nec, 130, 136, 142
Neper, John, 35-42, 45, 50
Nepero, 35
Neuman, Johannes von, 96-98
New Brain, 130 159
Newcomen, 62
Newman, Max, 94
Newton, 51
Nixdorff, 152, 155
NS-16000, 124
NTPPC, 142
núcleos de ferrita, 101, 102, 106
numeral, 15-16
número abstracto, 15
número arenario, 27
número decimal, 34

O

Odhner, Willdgot, 54-55

ofimática, 143
Oki, 142
Olivella, Lluís, 158
Olivetti, 130
Oppenheimer, Robert, 98
ordenador electromecánico, 84
ordenador electrónico, 91, 95
ordenador híbrido, 89
Oric, 130
Osborne, 130
Oughtred, William, 37

P

Papert, Seymour, 133
pápues, 16
paralelismo funcional, 110
parametrón, 107
Partridge, Seth, 37
PASCAL, 102, 113-115
Pascal, Blaise, 47, 114
pascalina, 47, 49, 51
Pastore, Annibale, 82
Patronato Juan de la Cierva, 150
PC-1, 107
PDP, 11, 121-122
Pérez, Ricard, 157-158
PERTEC, 128
PET 2001, 129
Petit, 51
Philips, 152
Philips VG-8000, 133
Phillips, William, 92
piano lógico, 82
Pioneer, 133
PL/I, 102, 113, 115, 151
Plan de Estabilización, 149
plotter, 121
PMOS, 124
polipasto algébrico, 60
POLYMORPHIC, 155
Powers Accounting Machine Co., 78
Powers, James, 76-77
predictor de mareas, 88
primer ordenador universal y completo, 85
primera generación de ordenadores electrónicos, 91, 149

procedimiento, 113
Procemat, 155
Processor Technology, 129
programa, 65, 85
programación, 69, 85, 149
programación estructurada, 114-115
PROLOG, 141
PROM, véase memoria PROM
Prudential, 99-100
Puigbó i Rocafort, Manuel, 153-154

Q

QL, 130
quinta generación de ordenadores electrónicos, 139-141
quipu, 21-23

R

Rabdología, 38
Radicati di Primeglio, Carlos, 22
Radio Shack, 129
RAM, véase memoria RAM
Rand, Jim, 100
Randell, Brian, 73
RCA, 109, 116
red, 118
registro, 72
regla de cálculo, 37
regletas de Genaille, 40
regletas de Neper, 38-39, 50-51
relé, 84, 86, 89
Remington, 147, 151
Remington Rand Corp., 79, 100, 103, 148
RENFE, 149
resta (por suma) del complemento, 48
RIAD, 118
Ribera, Joan, 158
robot, 143-144
robótica, 142-143
rodillos de Neper, 50
ROM, véase memoria ROM
Roosevelt, Franklin D., 78
Ruđy Meyer, 151
rueda Odhner, 54
rueda escalonada de Leibniz, 51-52
Rutihauer, Hans, 85

S

S-100, 128-129
Saavedra, Eduardo, 70
Sala, Rafael, 157-158
Sales, Ton, 91
Samas, 147
Samsung, 133
Sanyo, 133
Scheutz, Georg y Eward, 65-66
Schickard, Wilhem, 40, 45-46
Secoinsa, 152-153, 155, 157
segunda generación de ordenadores electrónicos, 105, 111
Seresco, 152
Serie 1100 de Sperry Rand, 116
Serie 200, 110
Servicio Nacional del Trigo, 148
Sevillana de Electricidad, 149
Shannon, Claude, 83
SHARE, 102
Sharp, 130, 142
Shockley, William, 105-106
Siemens, 118, 133
Siemens 4000, 152
Simposio Internacional sobre Computación Analógica, 87
Simsa, 155
Sinclair, 118, 130
Sinclair, Clive, 130
sistema alejandrino, 26-27
sistema ático, 26
sistema de arrastre, 44
sistema decimal, 17, 23, 25, 28, 34
sistema herodiánico, 26
sistema de Indexación Precoordinado Automático, 158
sistema indoárabe, 31-32
sistema Métrico Decimal, 34
sistema operativo, 102
sistema operativo multiprogramado, 111
sistema posicional, 25
sistema romano, 27-28
sistema sexagesimal, 24
sistema vigesimal, 18
software, 101, 118
software de paralelismo, 141
Sony Hit Bit, 75, 133

SPECTRA, 116
Speedcoding, 102
Sperry Gyroscope Co., 103
Sperry Rand 80/90, 104
Sperry Rand Corp., 103-104, 109-110,
116, 151
SPHERE, 128, 155
SSEC, 98-99
stack, 123
Standard Eléctrica, 147
Stanhope, Charles, 54, 81-82
STAR 100, 134-135
Steiger, Otto, 55
Stevin, Simon, 34
Stibitz, George, 84-85
Strauss, H.L., 97
STRETCH, 109
sumeros, 24
superordenador, 110, 134-136

T

tabuladora, 76, 147-148, 152
tabuladora IBM, 77
tabuladora Samas, 77
tabulating machine, 147
Tabulating Machine Co., 78
tacanos, 16
Takahasi, Hideosi, 107
Tales de Mileto, 26
Tartaretus, Petrus, 81
teleconferencia, 143
telekino, 74
telemática, 142
teleproceso, 152
Telesincro, 152
teletipo, 84, 153
teoría de la conmutación, 83
teoría de la información, 83
tercera generación de ordenadores elec-
trónicos, 109, 111, 116, 118, 152
terminal, 119, 131
TESYS I, 157
Texas Instruments, 112, 122, 130, 133
Thomas, Charles, 54, 72
Thompson, J.E., 20
Thompson, James, 88
tiempo compartido, 113

TMS 9918A, 133
Tombaugh, Clyde, 56
Torres Quevedo, Leonardo, 58, 69-74, 87
Toshiba, 130, 133, 142
Toshiba HX-10, 133
transistor, 105
tratamiento de datos, 75
TRS 80, 129-130
tubo, 92, 94, 96
Turing, Alain, 93-94
tzolkin, 19

U

UCP, 116
unidad aritmético-lógica, 66
unidad central de procesos, 116
unidad de control, 66
UNIVAC, 79, 99-104, 151
UNIVAC 1107, 109-110
UNIVAC 1108, 109
UNIVAC 9000, 152
UNIVAC I, 103
UNIVAC II, 103-104
UNIVAC III, 151
UNIVAC UCT, 149, 151
UNIVAC sistema 1100, 151
UNIVAC sistema 80, 133
Universidad Autónoma de Barcelona,
125
Universidad Complutense, 150
Universidad Politécnica de Catalunya,
157
Universidad de Barcelona, 151
Universidad de Santiago de Compostela,
151
US Census Bureau, 74, 99-100
Ustrell, Jordi, 155

V

Valle Sánchez, José, 151
VAX 11-780, 125
Venn, John, 81
Verea, Ramón, 58-59
Vergès, Martí, 150, 158
VIC, 20, 129

Victor, 130
Vidal, Jordi, 152
videotexto, 142
Vinyoli, Joan, 157-158
VLSI, 141

W

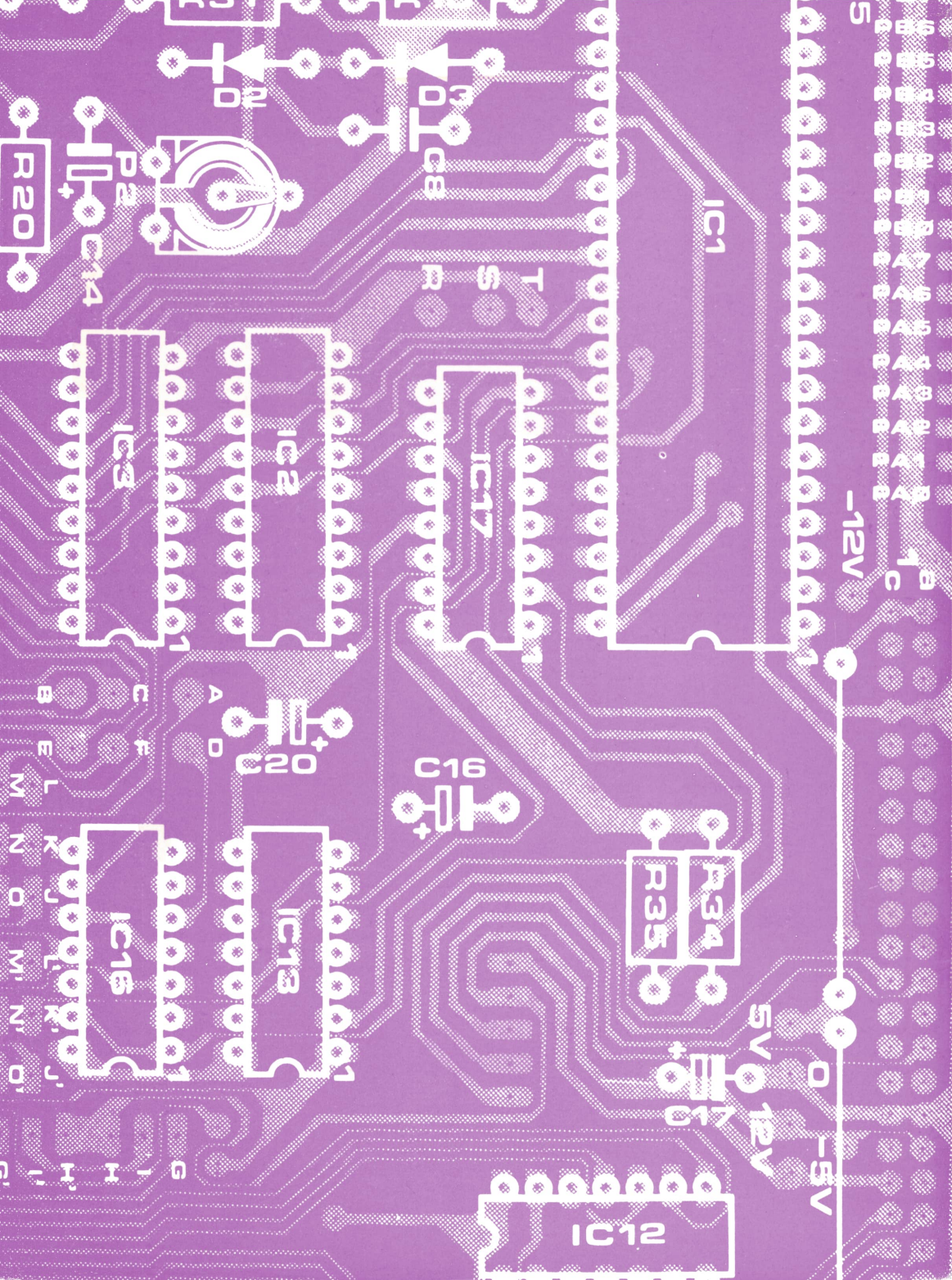
Watson, Thomas, 78-79
Watt, James, 62
Wehrmacht, 94
Wiberg, Martin, 65
Wiener, Norbert, 73
Wilkes, Maurice, 97
Wirth, Niklaus, 114
Wozniac, Steve, 130
Winn-Williams, C.E., 94

Y

Yamaha, 133
Yashica, 133

Z

Z-80, 124, 130, 155
Z-8000, 124
Z-80A, 133
Z3 y 4, 85
ZENITH, 144
Zuse, Konrad, 85
ZX 80, 81 y Spectrum, 130



98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200

-12V

1C

-5V

5V 12V

IC1

R34
R35

IC12

IC17

C16

IC13

C20

IC2

IC14

IC3

IC16

R20

A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
Q
R
S
T
U
V
W
X
Y
Z