



TREINTA MIL AÑOS DE NÚMEROS,
CÁLCULOS E INSTRUMENTOS DE
CÁLCULO

Jorge J. L. Ferrante

VI VII VIII
6 7 8 9
X L C D M
10 50

α β γ δ ε ζ η θ ι κ λ μ ν ξ ο π ρ σ τ υ φ χ ψ ω π
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
10 20 30 40 50 60 70 80 90
200 300 400 500 600 700 800 900

I Π Δ ρ Η ρ X ρ M
1 5 10 50 100 500 1000 5000 10000
XXX ρ HH ΔΔΔ Π||
3000 + 500 + 200 + 30 + 5 + 2

Abacus grid with numbers 1-9 and 10-90.

Jorge J. L. Ferrante

**TREINTA MIL AÑOS DE NÚMEROS,
CÁLCULOS E INSTRUMENTOS DE
CÁLCULO**

De muescas en huesos a computadoras cuánticas

2019

PROLOGO

Durante casi sesenta años de docencia en la universidad en asignaturas relacionadas con el análisis matemático, el cálculo numérico y la matemática aplicada para ingeniería, los números fueron elementos de uso permanente. Algo similar ocurrió en mi desempeño profesional como miembro del sistema de investigación y desarrollo.

Siempre, tuve la inquietud de saber el origen y evolución de los sistemas numéricos y los medios de cálculo. Por supuesto, una fácil respuesta es citar a Kronecker y su célebre "Dios creó los números naturales, el resto es cosa de los hombres" que más o menos evita repasar la historia de los esfuerzos de la humanidad desde sus orígenes hasta la actualidad para responder aquel interrogante.

Sin embargo, siempre me quedó como deuda investigar un poco el tema y presentar, no una imposible respuesta única y precisa -que creo no existe- sino averiguar cuales habían sido los esfuerzos necesarios para alcanzar el estado de situación vigente en materia de números e instrumentos de cálculo.

Por supuesto, pasé mucho tiempo buscando y documentando cuales habían sido, en distintas civilizaciones, la forma en que se trató el tema.

Consulté mucha bibliografía y pasé más tiempo aun documentándome en las redes. Muchas ideas surgen de allí y también surgen de allí las imágenes que ilustran el trabajo. Muchas de ellas aclaran, en potencial, estas imágenes podrían estar protegidas.

Confieso que las utilizo sin preocupación alguna. Por dos motivos muy fuertes. Primero, no habrá derechos de autor-lucro-con este trabajo y, segundo, estando como estoy, retirado de cualquier tipo de concurso docente o de promoción en investigación y desarrollo, teniendo el orgullo de haber alcanzado la jerarquía de Profesor Consulto y la de Director de Proyectos, mi única motivación es mantenerme activo y difundir lo más ampliamente posible el tema para quienes tengan interés en el mismo.

El camino es muy largo. Arranca hace unos treinta mil años, cuando el hombre prehistórico hizo muescas en un hueso y termina en la actualidad donde se investiga y trabaja sobre computadoras cuánticas.

Y toda la sociedad, los vea o no los vea, está totalmente inmersa en números, de quienes dependen todos los sistemas que hacen más fácil su vida, por ahora, en el planeta Tierra.

Ing. Jorge J.L. Ferrante ⁽¹⁾

TREINTA MIL AÑOS DE NÚMEROS, CÁLCULOS E INSTRUMENTOS DE CÁLCULO.

De muescas en huesos a computadoras cuánticas

1 Arqueólogos, lingüistas y antropólogos parecen coincidir en que el concepto de número está presente en el homo sapiens desde su época nómada, cazador y recolector. Por supuesto, mucho antes que la escritura.

2 Tres cosas son fundamentales para una vida de esas características. Conciencia del número, de la cantidad y de la dimensión. En esos ámbitos donde la supervivencia era una cuestión crítica, identificar un lobo, un oso, un ciervo o un bisonte era una cuestión de vida o muerte.

3 No hay lenguaje conocido para esos antepasados nuestros pero parece posible identificar un lobo, dos lobos o muchos lobos. Con perdón de antropólogos y lingüistas, se supone que nuestro antepasado comunicaba a sus congéneres la existencia de un lobo mediante una onomatopeya adecuada, por ejemplo, auuuu, si se trataba de dos lobos, los sonidos podrían ser auuu, auuu y, si eran más de dos, auuu, auuuuuuuuuuu. Téngase presente que aún existen tribus perdidas cuya capacidad de abstracción para números es uno, dos, muchos.

4 Si, en lugar de lobos lo visualizado era un ciervo, posible alimento para el clan, otro sonido identificaba esa presencia. Un oso, que representaba peligro, más grande que lobo y ciervo, ameritaba otros fonemas que de alguna manera avisaban sobre su especie y tamaño, es decir, sobre su dimensión.

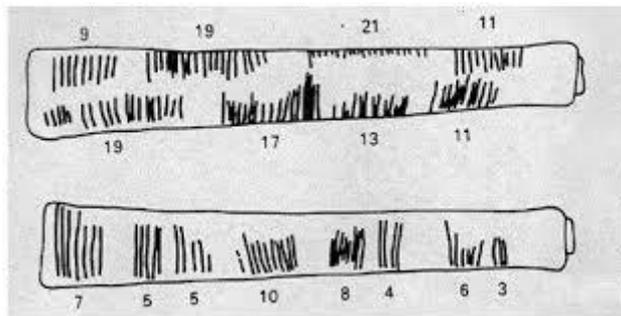
5 Estas formas de nombrar con distintos fonemas o grupos de fonemas distintas especies o clases debe ser la causa por la cual, durante muchos siglos, fueron utilizados distintas palabras para nombrar cantidades, según la especie o clase a la que pertenecían dichas cantidades.

6 En esta materia, como en muchas otras, lo concreto ha precedido a lo abstracto.

7 En palabras de Bertrand Russel (El número, lenguaje de la ciencia, Tobías Dantzig) *"Deben haberse necesitado muchos siglos para descubrir que un par de faisanes y un par de días, son, ambos, ejemplos del número dos"*

Rastros

8 Existen rastros de que aquellos primitivos hombres registraban de alguna forma números que podrían significar un conocimiento matemático rudimentario. Por ejemplo, el Hueso de Ishango (peroné de babuino) del paleolítico superior, aproximadamente 20000 años, tiene agrupaciones de marcas - en realidad muescas- que, según algún estudio de la pieza, podría significar un rudimentario calendario lunar. ¡Cuando no! El asombro y lo concreto.



9 En el mismo orden de hallazgos se encuentran el hueso de Lebombo datado 35000 años y una tibia de lobo hallada en Checoslovaquia de una antigüedad de unos 32000 años.

LA ORGANIZACIÓN

Mesopotamia

10 Varios miles de años después, aquellas primitivas agrupaciones de cazadores y recolectores desarrollaron rudimentos de agricultura, lo que les permitió organizarse en comunidades más estables, no nómadas, que paulatinamente se organizaron como pueblos algunos de los cuales prosperaron constituyendo ciudades -Babilonia, Eridu, Lagash, Ur, Sumer- hecho que sin duda alguna significa gobiernos -reyes en aquellas épocas- administraciones, depósitos, impuestos, cosechas, ejércitos, ciencia y otro sinnúmero de actividades o normativas que requieren, inexorablemente el registro de actividades y la utilización de sistemas de numeración. Y, naturalmente una aritmética para el manejo de esos temas.

11 En un principio, si se trataba de conocer la magnitud de un rebaño de ovejas, se formaba una determinada pila de piedras o guijarros -calculus-

hasta que la pila y el rebaño tuviesen la misma cantidad de elementos. Desde ese momento en adelante el ganadero podía mirar su pila de piedras o guijarros para tener una idea de su riqueza en ovejas.

12 Es bastante obvio que un sistema de este tipo lleva a lo que actualmente se conoce como **NUMEROS CARDINALES**, números que según la Real Academia "cada uno de los enteros en abstracto" Ejemplos: si hay un guijarro por cada oveja hay tantas ovejas como guijarros; si todos los alumnos vienen con gorro de lana, el cardinal de alumnos es igual al cardinal de los gorros de lana. $\# \text{ alumnos} = \# \text{ gorros de lana}$. No interesa el orden.

13 El concepto de cardinal está asociado a la cantidad de elementos de un conjunto, sin interesar el orden de los mismos, entendiéndose por orden primero, segundo, tercero, etc. es decir, la facultad de contar.

14 El Rey, a menudo en conflicto con otros reyes vecinos, conocía la magnitud de su ejército por la pila de guijarros existentes en correspondencia con sus soldados, carros de combate, caballos, etc. y sus espías le informarían sobre la de sus vecinos.

15 Los contables del reino y el cobro de los correspondientes impuestos necesarios para mantener el reino, su burocracia y sus ejércitos muy rápidamente descubrieron que simples acumulaciones de guijarros eran completamente insuficientes.

16 Por ello idearon que, por ejemplo, las fanegas (antigua medida de peso de cereales, equivalente a 43,25 Kg.) de trigo existente en un determinado lugar, fuesen representadas por bolas de arcilla, las ovejas mediante cilindros del mismo material, la cerveza por conos, etc. etc.

17 Estas colecciones de bolas, cilindros, conos, etc. tenían un grave inconveniente: podían ser falsificadas fácilmente. ¿Cuál fue la solución encontrada? Simplemente, guardar esos testimonios en cajas de arcilla hechas al efecto.

18 Claro, cuando era necesario actualizar la contabilidad no quedaba otro remedio que romper la caja donde estaban guardados los testimonios, sacar los que correspondiesen como aportes al reino, llevándose tantas fanegas de trigo, tantas ovejas y tanta cerveza al palacio como estuviese dispuesto y agregar tantos otros como fuese la producción del período considerado. Parece que en este tema la humanidad ha avanzado muy poco.

19 Obviamente era necesario construir una nueva caja de arcilla para almacenar en ella el resultado de las operaciones mencionadas. Nada cómodo, por supuesto.

20 Alguno de aquellos burócratas tuvo una idea genial, cosa que, a veces ocurre con los burócratas cuando media su afán de trabajar menos, o mejor. ¿Cuál fue esa ocurrencia?

21 Simplemente escribir en la tapa de la caja la cantidad de bolas, cilindros o conos que la misma contenía, con lo cual romperla para ver su contenido se volvió superfluo.

22 ¡Caramba! Una vez escritos esos cardinales en la tapa de la caja de arcilla ¿para qué tener las bolas, cilindros, conos, etc. en la caja? ¡En la tapa estaba todo escrito! El contenido ya no hacía falta.

23 Esta es una de las razones por las cuales se supone que la escritura de números precedió a la escritura de la lengua hablada por esos pueblos.

24 Pero para hacer algo como lo señalado, era absolutamente necesario contar con un sistema de numeración. En la Mesopotamia, casi seguramente en Babilonia, se desarrolló un sistema que, mediante marcas en la arcilla fresca se anotaban mediante un estilete en simbología cuneiforme los números correspondientes.

25 Estas tablillas de arcilla se han conservado y han permitido y permiten analizar y estudiar el grado de desarrollo alcanzado unos 3000 años antes de nuestra era.

26 El sistema alcanzado, para nada primitivo, representa un importante desarrollo matemático. A continuación se agrega una imagen de las marcas cuneiformes que, con estilete, se hacían en la arcilla para representar números. Cabe preguntarse ¿cómo llegaron al mismo? Obviamente algunas mentes privilegiadas de esas remotas épocas debieron ser escuchadas.

𐎶 1	𐎶𐎶 11	𐎶𐎶𐎶 21	𐎶𐎶𐎶𐎶 31	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 41	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 51
𐎶𐎶 2	𐎶𐎶𐎶 12	𐎶𐎶𐎶𐎶 22	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 32	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 42	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 52
𐎶𐎶𐎶 3	𐎶𐎶𐎶𐎶 13	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 23	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 33	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 43	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 53
𐎶𐎶𐎶𐎶 4	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 14	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 24	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 34	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 44	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 54
𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 5	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 15	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 25	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 35	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 45	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 55
𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 6	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 16	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 26	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 36	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 46	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 56
𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 7	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 17	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 27	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 37	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 47	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 57
𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 8	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 18	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 28	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 38	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 48	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 58
𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 9	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 19	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 29	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 39	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 49	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 59
𐎶 10	𐎶𐎶 20	𐎶𐎶𐎶 30	𐎶𐎶𐎶𐎶 40	𐎶𐎶𐎶𐎶𐎶 50	

27 La notación era posicional. Luego del 59 (según la imagen anterior) volvía a aparecer el 1 (según la misma imagen) pero según una base sexagesimal. De tal forma, con este sistema el número 1, 59 debía interpretarse como $1 \times 60 + 59 = 119$.

28 De la misma forma 3, 7, 21 debía entenderse como $3 \times 60 \times 60 + 7 \times 60 + 21 = 76041$. También podían escribir 1, 59; 3, 5 entendiéndose esto como $1 \times 60 + 59 + 3/60 + 5/(60 \times 60) = 119,0513888$. Obsérvese que el símbolo; punto y coma opera como separador entre la parte entera y la no entera.

29 Fueron excelentes astrónomos, Determinaron el período de Marte (tiempo transcurrido entre dos posiciones iguales en el firmamento) en 12, 59; 57, 17 lo que significa unos 779,955 días. Para el asombro, las determinaciones actuales dan, para ese lapso, 779,936 días. Es bastante obvio decir que, para esto, tenían conocimientos de lo que actualmente se denomina trigonometría.

30 Sin embargo, como lo concreto prevalecía sobre lo abstracto, les resultó imposible concebir el cero. En esas mentes, capaces de hazañas de cálculo como la mencionada en el párrafo anterior no entraba un símbolo para representar nada.

31 Eso generó un problema que aún se presenta al analizar las tabletas en las que están escritos sus números. En efecto, dependía de la habilidad del escriba separar los números de tal forma que 2, 5 no fuese interpretado como 2, 5. Nótese la diferencia. El primero significa $2 \times 60 \times 60 + 5$ mientras que el segundo significa $2 \times 60 + 5$. Si esto no estaba claro las confusiones podían ser enormes. Ocasionalmente un símbolo indicaba un espacio en blanco pero eso, definitivamente, no era un cero!

32 A esta altura del desarrollo matemático la facultad de contar era un hecho. Esto permite considerar los números denominados **ORDINALES**, números que, según la Real Academia Española de la Lengua es "el que expresa ideas de orden o sucesión: primero, segundo, tercero, etc."

33 Algunos antropólogos opinan que esta capacidad de asignar un orden o sucesión primero, segundo, tercero es anterior a los cardinales por motivos ceremoniales o religiosos. En efecto, si el sumo sacerdote de alguno de los dioses reverenciados en aquellas ciudades no respetaba un orden según la jerarquía o la potestad del nombrado o convocado podría estar cometiendo un acto reñido con el ceremonial vigente. Con las consecuencias imaginables ante un error. Quien conozca algo de protocolo podrá observar que poco ha cambiado al respecto.

32 Nuestro sistema sexagesimal para medir ángulos y nuestros relojes con horas de 60 minutos y minutos de 60 segundos son, a la vez, resabios y homenajes a aquellos que alcanzaron ese desarrollo matemático.

Egipto

33 Otra de las grandes civilizaciones se desarrolló a orillas del Nilo desde 6000 a.c. hasta la época romana fue la de Egipto.

34 A pesar de ser enormes constructores, su sistema de numeración fue muy inferior al desarrollado en la Mesopotamia. En una base 10 representaban mediante jeroglíficos los números 1, 10, 100, 1.000, 10.000, 100.000 y 1.000.000

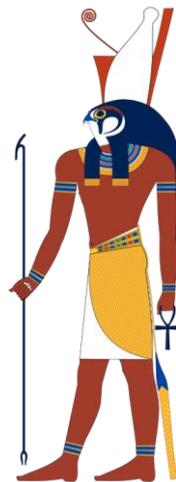
35 El primero, 1 era simplemente un trazo vertical, el segundo, 10 era un grillete, el tercero, 100, era una cuerda enrollada, el cuarto, 1.000 era una flor de loto, 10.000 era un dedo vertical, 100.000 se representaba mediante el esquema de un renacuajo o de una rana y 1.000.000 era un hombre sentado con sus manos alzadas. Sin embargo sus obras no dejan dudas que tenían un buen conocimiento de geometría.

36 A continuación los números 3244 y 21237 escritos con esos jeroglíficos.

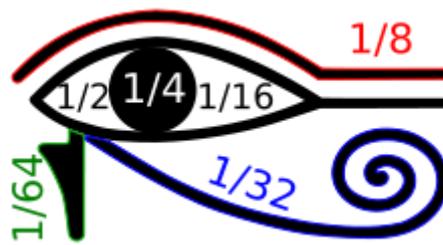


Debiendo hacerse notar que dichos caracteres podían ser escritos de derecha a izquierda o de izquierda a derecha o aún en forma vertical. Los símbolos no perdían su valor.

37 El gran problema, para ellos, eran las fracciones. Sólo trabajaban con aquellas de numerador 1 y, con ellas armaban las que necesitaban. El ojo de Horus era usado a esos fines. Horus ("el elevado") era el dios celeste en la mitología egipcia. Se le consideraba como el iniciador de la civilización egipcia. Era el dios del cielo, de la guerra y de la caza. Su nombre egipcio era Hor (Ḥr); Horus es su nombre helenizado (Ὡρος). La deidad griega asociada fue Apolo Febo. Era el hijo de Isis y Osiris.



38 Los distintos componentes del ojo de Horus tenían los siguientes valores y, por supuesto, eran representados en forma aislada unos de otros. Algunos símbolos especiales se utilizaban para $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$ y $\frac{3}{4}$, pero las operaciones con estas fracciones eran engorrosas y muy poco aptas para el cálculo. Tal vez por esa razón no han tenido ninguna vigencia. Obviamente sacerdotes y escribas del reino sabían hacerlo y, por supuesto, guardaban celoso secreto sobre el tema.



Grecia

39 Grecia, nuestra madre cultural, cuna de la cultura greco latina que alcanzó inimaginables alturas sociales y políticas como la república y la democracia como sistema de gobierno y paralelamente científicas -el atomismo, la geometría, la física- fue un verdadero galimatías en materia de sistemas de numeración. Tal vez ello se deba a que sus ciudades autónomas desarrollaban sus propios sistemas y unidades de medida lo que hacía muy dificultoso las generalizaciones.

40 En una primera etapa, alrededor de 600 años antes de la era cristiana utilizaron el sistema denominado ático o acrofónico. El uno, dos, tres y cuatro eran simplemente trazos verticales |, ||, |||, ||||. El 5 era Π (pi mayúscula) por pente, en griego la primera letra del término; 10 era Δ delta primera letra de deka (diez); cien era H primera letra de hekaton (cien); mil era X primera letra de chilioi (mil); diez mil era representado por M primera letra de myrias (10000); etc.

41 Otros números se escribían combinando los símbolos anteriores. La siguiente tabla da una idea del sistema utilizado.

	Π	Δ	⊠	H	Ϟ	X	Ϟ	M
1	5	10	50	100	500	1000	5000	10000
XXX Ϟ HH ΔΔΔ ΠΠ $3000 + 500 + 200 + 30 + 5 + 2 = 3737$								

42 En el siglo IV antes de Cristo cambiaron al sistema denominado jónico alfabético, por decenas. Se asigna una letra a cada uno de los números del 1 al 9; otras letras a los números del 10 al 90 y otro conjunto de letras a los números del 100 al 900. En total 27 letras, razón por la cual añadieron a las 24 de su alfabeto las letras stigma, qoppa y sampi.

43 Para evitar las confusiones entre letras y números adoptaron el criterio de colocar un acento luego de la letra o letras número. La siguiente tabla da una idea de lo descrito. Para números más grandes utilizan una coma precedente. No hay símbolo alguno para cero, ni, por supuesto, hay cero.

α'	β'	γ'	δ'	ε'	ς'	ζ'	η'	θ'
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ι'	κ'	λ'	μ'	ν'	ξ'	ο'	π'	ρ'
10	20	30	40	50	60	70	80	90
ρ'	σ'	τ'	υ'	φ'	χ'	ψ'	ω'	ξ'
100	200	300	400	500	600	700	800	900

44 Se desconoce la aritmética utilizada con estos números pero se conoce que los astrónomos griegos llevaron este sistema numérico a uno sexagesimal incluyendo un símbolo especial para el 0 en las fracciones. El sistema, probablemente adaptado de la numeración babilónica por Hiparco hacia el 140 antes de Cristo. fue usado por Ptolomeo (hacia el 140), Teón (hacia el 380) y su hija Hipatia (muerta en el 415).

Roma

45 Para el inmenso imperio romano, imperio que abarcaba desde escocia hasta el oriente medio, por supuesto con Europa incluida (hasta el Danubio) y el norte de África la administración de sus territorios, sus arcas y

legiones, fue suficiente el sistema numérico constituido por los siguientes símbolos.

NUMEROS ROMANOS

I	II	III	IV	V
1	2	3	4	5
VI	VII	VIII	IX	
6	7	8	9	
X	L	C	D	M
10	50	100	500	1000

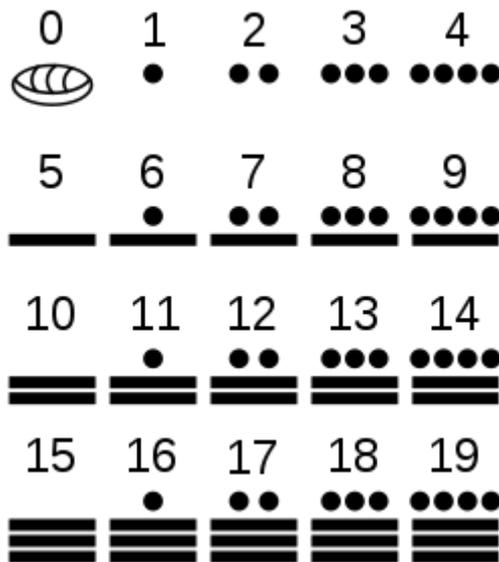
46 Obviamente no era una notación posicional, Los números se escriben como combinación de letras. Por ejemplo 1941 se escribe en numeración romana MCMXLI dado que un dado símbolo por la izquierda de otro es sustractivo para su valor. Obsérvese, por ejemplo IV (4) donde I a la izquierda de V (5) es sustractivo, mientras que, si los símbolos se ubican a la derecha, son aditivos como VII (7) combinación de V(5) y II (1,1). Existe un número máximo de símbolos a colocar por izquierda o por derecha. El cálculo se hacía mediante abacos. Sumar y restar era un problema no demasiado serio pero, si de multiplicar y dividir se trataba, sólo especialistas podían hacerlo

47 Este sistema se encuentra aún en uso en ciertas aplicaciones específicas: monumentos, relojes, fechas, documentos oficiales, por ejemplo. Y, por supuesto, en el nombre de reyes, reinas y papas: Isabel II, Felipe II, Carlos V, Juan XXIII, Paulo VI, etc.

AMÉRICA

Los Mayas

48 America no se quedó atrás en la materia. El imperio Maya desarrolló un sistema vigesimal de numeración basado en puntos y rayas y un símbolo especial para lugares vacíos, símbolo que podría llamarse cero. Los símbolos utilizados fueron los siguientes:



49 Para números mayores necesitaban niveles como potencias de 20 con los respectivos símbolos ordenados en forma vertical como se indica en el siguiente cuadro:

NIVEL	FACTOR	EJEMPLO	EJEMPLO	EJEMPLO	EJEMPLO
4°	8000 (20^3)				Dos puntos
3°	400 (20^2)	Punto	Raya		El cero maya
2°	20 (20^1)	El cero maya	Punto	Tres puntos dos rayas	Una raya
1°	1 (20^0)	Punto y tres rayas	Dos puntos una raya	Un punto	El cero maya
Equivalente decimal		416	2027	261	16100

50 Fueron excelentes astrónomos. Utilizaron dos calendarios. Uno, sagrado denominado Tzolkin de 260 días y 20 meses y otro, denominado

Haab de 365 días de 18 meses de 20 días cada uno y cinco días adicionales. La combinación de estos dos calendarios da lugar a la rueda calendárica de 52 años a partir de los cuales ambos calendarios coinciden nuevamente.

Los Incas

51 Los incas desarrollaron un sistema de numeración decimal posicional que registraban en un conjunto de cuerdas con nudos a los que denominaban quipus. Estas cuerdas con nudos colgaban de otra mas gruesa.



52 Los colores de las cuerdas significaban que tipo de entes contabilizaban. Por ejemplo, blanco era para el mineral plata, amarillo para oro, rojo para tropas y así para cada uno de los componentes de su contabilidad. El número de nudos en cada nivel de la cuerda indicaba cantidades, en base diez, pero la separación entre grupos de nudos podía generar la misma confusión que se presentaba en europa cuando $2 \ 5$ podía entenderse como 25 o 205 según criterio de quien apreciaba la separación. A continuación un esquema de nudos correspondiente al decimal 4201



53 Con este sistema administraron su muy vasto imperio que abarcaba la zona de sudamérica señalada en el siguiente grafico con las denominaciones de cada sector del mismo.



ASIA

China

54 Los matemáticos chinos y, porque no, los contables del inmenso imperio oriental, desarrollaron un sistema basado en diez ideogramas correspondientes a los números 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10, obviamente tomando como patrón para ello los dedos de las manos, como casi todos los vistos hasta ahora, aunque los Mayas agregaron los dedos de los pies para su sistema vigesimal.

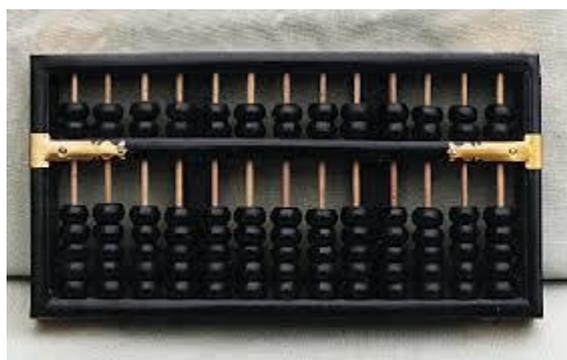
55 Agregaron a estos ideogramas otros representativos de las potencias de diez de forma tal que escribían sus números colocando el ideograma correspondiente al número querido seguido del ideograma correspondiente a su verdadero valor. La siguiente tabla ilustra sobre dichos ideogramas.

一	二	三	四	五
1	2	3	4	5
六	七	八	九	十
6	7	8	9	10
百	千	万	十万	
100	1.000	10.000	100.000	

56 Así, el número 607 se escribía con el ideograma correspondiente al 6 seguido del correspondiente a 100 y luego, solo, el ideograma de 7. El número 7843 implicaba escribir los siguientes ideogramas: el del 7, el de 1000, el de 8, el de 100, el de 4, el de 10 y el de 3.

57 Con este sistema **no necesitaban el cero!** Y, por supuesto no imaginaron ideograma alguno para el mismo.

58 Según aplicaciones -ceremoniales o comerciales- y/o regiones se utilizaron variaciones de mayor o menor sofisticación aunque, según algunas fuentes en algunas aplicaciones actuales aún se utilizan los ideogramas antes consignados. Por supuesto actualmente China utiliza el sistema indoarábigo mundialmente en uso. Sin embargo, en muchas regiones y ciudades de ese enorme país se continúa utilizando para las operaciones aritméticas comunes, el abaco chino, extraordinario elemento de cálculo que sus operadores manejan con asombrosa rapidez. Se supone fue inventado probablemente en el siglo II antes de nuestra era.



59 Abaco aparte, obsérvese que con el sistema de ideogramas, antes descripto, se encontraban muy cercanos al sistema posicional vigente. Le cedieron el mérito de desarrollarlo a los matemáticos hindúes.

Sistema Indo Árábigo

60 La deuda de la matemática con los matemáticos y astrónomos hindúes es inmensa. Sin ellos, sencillamente careceríamos de una aritmética al alcance de cualquiera con algún grado de instrucción.

61 Algunos estudiosos del tema opinan que el desarrollo del sistema numérico hindú tiene sus raíces en el chino, del cual supieron indiscutidamente sacar provecho y del que tomaron conocimiento a través de los intercambios culturales y comerciales entre ambos países.

62 Los sistemas que disponían eran muy rudimentarios y, con ellos, no podían expresar números grandes o muy grandes, en consecuencia, buscaron un nuevo sistema.

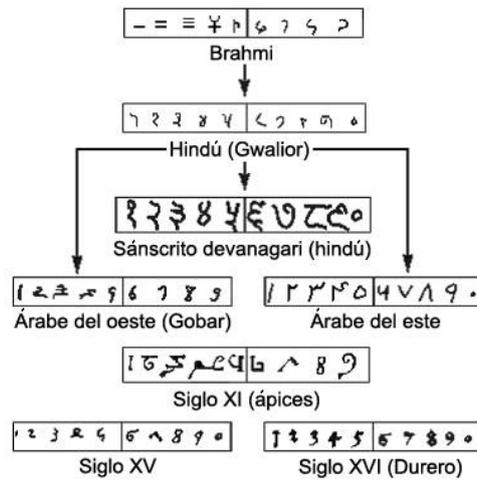
62 Los primeros números de este sistema fueron nueve, con un glifo específico para cada uno de ellos. Cada uno, en abstracto, representaba un cardinal determinado, pero además tenía un valor dado por la posición que ocupaba en la escritura según distintas potencias de diez. Por ejemplo, el número 632 se expresaba con el glifo correspondiente al seis, seguido del glifo del tres y finalizaba con el del dos. Obsérvese que siguiendo esta convención, a diferencia del sistema chino, NO hace falta escribir el ideograma correspondiente a las centenas ni a las decenas.

El Cero

63 Pero de inmediato surge un problema. Tómese, por ejemplo, el número 602. El primero será el glifo correspondiente al seis en la posición de 10^2 y luego el dos en la posición 10^0 pero de alguna manera debía señalarse que la posición correspondiente a 10^1 estaba vacía. Un desconocido genio hindú generó la idea de "hueco numérico" mediante un punto de forma tal que nuestro 602 en aquella nomenclatura sería glifo de seis, punto, glifo de dos.

64 ¡Había nacido el cero! Al que llamaron "sunya" y, como ha sido expuesto representaba un lugar vacío. Los arabes lo llamaron céfiro

65 La siguiente figura ilustra sobre los distintos glifos utilizados. Nótese especialmente que, el cero aparece por primera vez en Gwailor, un templo en el norte de la India y que el punto (0) deviene algo parecido al actual cero.



66 Las características fundamentales de este sistema, en uso actualmente, son las siguientes:

- a) La existencia de nueve símbolos distintos para representar las unidades. Con la tipografía actual, ellos son 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9
- b) La utilización del principio posicional según potencias de diez
- c) La utilización del cero (0) para indicar la ausencia de unidades de un determinado orden

67 Con su saber matemático y el sistema numérico descrito, los hindúes alcanzaron hace quince siglos reglas aritméticas operacionales sencillas y rápidas como las actuales.

Arabes

68 Contemporáneamente a este desarrollo del sistema numérico decimal posicional en la India, en el siglo VII de la era cristiana surge el Islam por las revelaciones que recibe Mahoma de Dios (Allah). Esas revelaciones dan origen al Corán, libro sagrado de los musulmanes, texto que rige distintos aspectos de su vida.

69 El éxito del Islam es extraordinario. Un siglo después de la muerte de Mahoma -el último profeta- en el siglo VIII de nuestra era, el Islam abarcaba desde la periferia de China e India, el norte de Africa y parte importante de la península ibérica (Al Andalus).

70 Los gobernantes de ese vasto territorio -califas- le dieron gran impulso a las actividades científicas. No es exagerado señalar que gran

parte de la creación greco latina llega a ser conocida en Europa a través de estudiosos árabes.

71 Entre ellos, matemáticos como **Mohammed ibn Musa al-Khwarizmi**. Su obra *Libro de la suma y de la resta, según el cálculo indio*, (*Kitab al Yamaa ua al Tafriq bi Hisab al Hindi*), describe en detalle el sistema de numeración hindú antes descrito junto a la aritmética correspondiente.

72 Otro de sus textos famosos es *El Libro Recopilatorio sobre el Cálculo por Compleción y Equilibrio* (*Al-Kitab al-mukhtaṣar fi hīsāb al-Gabr wa'l-muqābala*) cuya traducción al latín es utilizada en Europa hasta el siglo XVI. Las palabras españolas "álgebra" y "algoritmo" son derivaciones de las traducciones al latín antes mencionadas y representan un justo homenaje a quien dio un significativo impulso a la numeración indo arábiga y al álgebra.



Mohammed ibn Musa al-Khwarizmi; Bagdad, 780 - 850

Europa

73 ¿Cuál es la vía de entrada de estos conocimientos, en particular la numeración indo arábiga, a Europa? Es un hecho que dichos conocimientos y consecuentes técnicas, estaban en manos de los árabes y que estos, dominaban todo el norte de Africa y parte importante del territorio español, denominado Al Andalus

74 Entre varios, dos nombres se destacan con indudable fuerza. El primero, cronológicamente es Gerbert de Aurrillac y el segundo, sin duda alguna, es Fibonacci.

Gerbert de Aurillac

75 Gerbert de Aurillac nace en el 945 en Auvernia, Francia y muere en Roma el 12 de mayo de 1003. Sin duda alguna es una de las mentes más brillantes de la época. En distintos monasterios, este clérigo estudió el Trivium (gramática, retórica y dialéctica) y el Quadrivium (aritmética, geometría, astronomía y música) temas que muy rápidamente "le quedaron chicos".

76 Durante tres años permaneció en el Monasterio de Santa María, desde donde viajó a la parte musulmana de la península ibérica, donde estudió la ciencia árabe, particularmente matemática y geometría. Allí conoció la obra de al-Khwarizmi, particularmente el *Libro de la suma y de la resta, según el cálculo indio*, es decir, la numeración indoarabiga.

77 Fue tutor del hijo de un emperador, futuro heredero del trono de su padre. En Reims, Francia, ejerció la docencia en el colegio episcopal lugar donde inventó y construyó abacos, un globo terrestre -cuando todavía se pensaba que la tierra era plana-, un organo y distintos relojes. Obviamente fue muy mal mirado y acusado por muchos por sus revolucionarias ideas.

78 Fue arzobispo de Reims y luego de Rávena, Italia. El 18 de febrero de 999 fue nombrado Papa -primer Papa Francés- con el nombre de Sivestre II. Desde esa posición, aparte de múltiples reformas que le valieron fortísimas críticas, utilizó su cargo para que los clérigos occidentales utilizaran el sistema posicional indoarabigo con el cero, hecho que entró en conflicto con los defensores del abaco heredado del Imperio Romano



Gerbert de Aurillac, Papa Sivestre II, Auvernia Francia 945 Roma 1003

Fibonacci

79 El otro matemático que tuvo una enorme influencia en Europa fue a quien se llamó Fibonacci. Nació cerca de 1170, su padre Guglielmo, apodado Bonaccio (buen hombre) fue cónsul en el norte de Africa de la ciudad de Pisa -Italia- en ese entonces un importante centro comercial. Es en Africa donde su hijo, Leonardo toma contacto con la matemática arabe o, mejor dicho, indoarabe.

80 Leonardo de Pisa, hijo de Guglielmo apodado Bonaccio fue conocido por la expresión en latín *filus Bonaccio* (hijo de Bonaccio) luego transformada en Fibonacci, desde su lugar en el norte de Africa, recorrió el mediterráneo tomando conocimiento profundo del desarrollo matemático de los arabes alentado por su padre que veía que los cálculos comerciales con la numeración indoarabiga eran mucho más sencillos que los pesados cálculos con números romanos efectuados mediante ábacos.

81 Fibonacci no abandona nunca la matemática. Publica dos libros extraordinarios para su época. En 1202 *Liber Abaci* (el libro del ábaco) en el cual presenta a Europa el sistema de numeración posicional en base diez de los Hindues, incluyendo el cero - *quod arabice cefirun appellatur*- y detallando operaciones con dichos números.

82 En 1225 publica "*Liber Quadratorum*" o libro de los números cuadrados en respuesta a un desafío de un matemático de la corte de Federico II. El contenido supera ampliamente el desafío y muestra el nivel matemático alcanzado en la época.



Leonardo Bigollo, llamado también Leonardo Fibonacci, Leonardo Pisano, Leonardo Bonacci o Fibonacci; Pisa, actual Italia, c. 1175 - *id.*, c. 1240)

83 Liber Abaci causa un fuerte impacto en las clases instruidas de Europa pero, a su vez, recibe críticas importantes provenientes de los denominados "abacistas", calculadores mediante el ábaco, herencia del imperio romano. La polémica dura casi dos siglos hasta que el sistema posicional indoarabigo es universalmente aceptado. Existen registros históricos sobre desafíos habidos entre "algebristas" y "abacistas".

84 No puede finalizarse esta etapa de introducción de la numeración indo arábica en Europa sin mencionar a otros dos clérigos: John de Halifax, llamado Sacrobosco y Alexander de Villedieu.

85 El primero, tal vez nacido en Irlanda y muere en París. Se especula, traduciendo del latín al inglés, que nació en Holywood, de allí su nombre latino Sacrobosco. En 1220 estudió en la Universidad de París donde alcanzó la posición de profesor de Astronomía y Matemática.

86 Desde esa posición promovió métodos aritméticos y algebraicos de los árabes. Publica *De Algorismo* donde trata la suma, la resta, la multiplicación, la división, raíces cuadradas y cúbicas. Además publica un tratado de astronomía denominado *De sphaera mundi*, geocéntrico.



Sacrobosco nacido hacia 1195 posiblemente en Irlanda, muerto hacia 1256 en París

87 El segundo, Alexander de Villedieu, nacido en Ville des Poelles, Francia hacia 1170 y merto en París en 1240, tal vez franciscano, estudió y ejerció la docencia en la Universidad de París, siendo colega de Sacrobosco. Escribió un tratado de gramática latina, en verso, utilizado en toda Europa hasta el Renacimiento.

88 En lo que atañe al interés de estas páginas, escribe un tratado de aritmética, con forma de poema, denominado *Carmen de Algorismo* donde describe las operaciones según la numeración indo arábica, por supuesto, en latín. Una línea típica de este poema luce así: *Extrahe radicem semper sub parte sinistra.*



**Alexandre de Villedieu, Alexander de Villa Dei, Alexandre de Villadei, Alejandro de Villadei, Alexandre de Dol o Alexander Dolensis.
1170? - 1240?**

89 El tránsito de la numeración Romana al sistema posicional indo arábigo no es para nada sencillo. Tobías Dantzig, en el libro ya mencionado, relata una anécdota, no confirmada pero indudablemente adecuada a las dificultades de la transición. Consigna allí que un mercader alemán enterado de este sistema, lleva a su hijo a la Universidad ia la Universidad! para que aprenda a operar con este nuevo sistema al que juzga mucho más útil para sus negocios. Recibe como respuesta que, si se trata de aprender adiciones y sustracciones ese es el lugar indicado, pero que si pretende que su hijo, futuro mercader, aprenda "eso" de multiplicar y dividir, deberá enviarlo a algún centro de estudio de Italia, donde ya se sabía cómo efectuar esas operaciones.

90 El conflicto entre "abasistas" y "numerólogos" dura aproximadamente hasta que **Johannes Gutenberg** (Maguncia, Sacro Imperio Romano Germánico; ca. 1400, 3 de febrero de 1468) desarrolla, en 1440, su imprenta de tipos móviles o cuando Cristobal Colón, **Cristoforo Colombo** en italiano o **Christophorus Columbus** en latín (Génova, ca. 1436-1451-Valladolid, 20 de mayo de 1506), descubre América en 1492. Ambas fechas son tomadas por historiadores como la de finalización de la denominada "Edad Media" periodo de tiempo que abarca desde el siglo V hasta el XV. Durante esos mil años, las grandes obras de la cultura grecolatina fueron preservadas en monasterios y fundamentalmente por los árabes quienes las tomaron del griego y del latín y las reescribieron en lengua árabe. Por supuesto hubo enormes pérdidas. Basta para ello mencionar la Biblioteca de Alejandría que llegó a atesorar cerca de un millón de manuscritos y cuyo patrimonio se perdió primero por los romanos y luego por los árabes.

Renacimiento

91 Las pocas obras y documentos existentes más la traducción del árabe al latín de las obras grecolatinas y aquellas otras realizadas por los árabes, dieron lugar a un movimiento que abarcó toda Europa, denominado Renacimiento. Ese movimiento además de permitirle a Europa abreviar en las fuentes de la antigüedad y en "estado del arte vigente", significó un importante cambio cultural, donde los viajes, el comercio, los bancos, la ciencia y cabe mencionarlo, la astrología, hicieron necesario métodos de cálculo cada vez más eficaces y precisos.

92 Téngase en cuenta que navegar significa determinar la posición sobre la superficie terrestre de un móvil, en aquellos tiempos un navío o, tal vez una caravana, cálculo que requiere el trabajo con triángulos esféricos; el comercio requiere registros precisos de fechas y montos, además de la descripción de bienes, los bancos necesitan calcular intereses compuestos y la ciencia requiere modelos cada vez más ajustados a las realidades físicas.

93 Sin olvidar a la astronomía que, para la determinación de la posición de los astros y planetas requiere la solución de triángulos esféricos. No puede omitirse mencionar a la astrología, muy vigente en esa época, que también requiere esa capacidad.

94 Como ya se ha expresado, los babilonios conocían cómo resolver triángulos planos y esféricos; los egipcios conocían estos métodos

absolutamente necesarios para sus construcciones. Se utilizaban tablas de cuerdas compiladas para distintas medidas de un ángulo central de una circunferencia de radio determinado.

95 Se destacan en esta materia, el *Almagesto* de Ptolomeo; los astrónomos de la India con un sistema trigonométrico basado en la función seno; en el siglo VIII los astrónomos árabes trabajaron la función seno y, a finales del siglo X ya habían desarrollado las funciones trigonométricas que actualmente se conocen. Con las traducciones del árabe al latín entran en Europa estas cuestiones, siendo la primera de ellas un tratado de trigonometría escrito por Johann Müller, llamado Regiomontano o, en latín Regiomontanus



Johann Müller, Regiomontano 6 de junio de 1436, Königsberg in Bayern, Alemania, 6 de julio de 1476, Roma, Italia

96 Con estos elementos, astrónomos, marinos, banqueros, científicos y astrólogos de aquella época debían efectuar agotadores cálculos, naturalmente a mano, para sus observaciones, cálculos de intereses, navegación, etc. Se hacía imperioso simplificar ese tipo de cálculos buscando algoritmos que simplificasen productos, cocientes y raíces.

Logaritmos

97 Esa simplificación se encuentra en el uso de logaritmos cuyos precursores son nada menos que Arquímedes y luego el alemán Miguel Stifel

98 El primero observó que poniendo en correspondencia dos sucesiones, una aritmética y otra geométrica como las siguientes

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	4	8	16	32	64	128	256	512

dedujo que para multiplicar entre sí dos números cualesquiera de la fila de abajo, por ejemplo 4 y 16 bastaba sumar los correspondientes números de la fila de arriba, en el caso 2 y 4, obteniéndose 6 en cuya correspondencia se encuentra en número 64, producto de 4×16 . Los términos de la sucesión "de arriba" se denominan logaritmos, mientras que los "de abajo" se denominan antilogaritmos.



Arquímedes, Siracusa, actual Italia, h. 287 a.C. - id., 212 a.C.

99 Se debe esperar hasta el siglo XVI en el cual el mencionado Stifel publica en Nuremberg, en 1544 "Arithmetica Integra" con la primera tabla de logaritmos que existe con sólo los enteros entre -3 hasta 6 y las correspondientes potencias de 2



Michael Stifel (Esslingen, Alemania 1487 - Jena, Alemania 19 de abril de 1567)

100 El suizo Jobst Bürgi relojero y constructor de instrumentos fue quien concibió la idea de logaritmo siguiendo lo hecho por Stifel pero, según se cuenta, por falta de tiempo no dio a conocer el resultado de sus trabajos. Recién el 1620 publica en Praga "*Arithmetische und geometrische Progress Tabulen*" poco afortunadamente, puesto que Praga fue tomada militarmente y su trabajo permaneció oculto.



Jobst Bürgi (1552-1632)

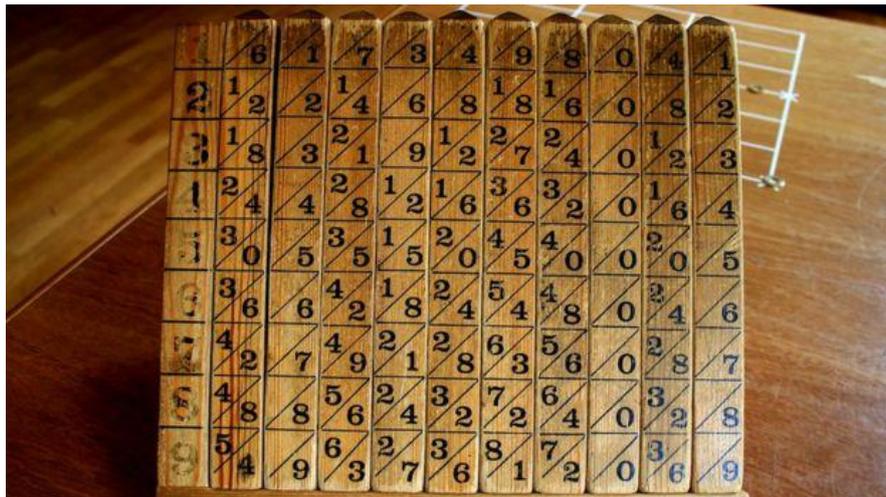
101 Paralelamente a los trabajos de Bürgi, el escocés John Napier, latinizado Neper, propuso un método sencillo para efectuar multiplicaciones mediante adiciones. En 1614 publica *Mirifici logarithmorum canonicis descriptio*, la primera tabla de logaritmos, sin dar explicaciones sobre la forma en que fueran calculados. Después de su muerte, aparece *Mirifici logarithmorum canonicis constructio* donde se explica el cálculo seguido para la construcción de dichas tablas.



John Napier barón de Merchiston, llamado también Neper, Edimburgo, 1550 - *ibidem*, 4 de abril de 1617

102 Otra contribución de Neper es la utilización de la notación actual con un separador (coma o punto) entre la parte entera y la parte decimal de un número.

103 Inventa una de las primeras máquinas de calcular de la historia a la que llama promptuario y debido a sus muy fuertes creencias religiosas dedica esfuerzos a demostrar que el papa, en realidad, es el anticristo.



Promptuario

104 Un tercer matemático y clérigo aparece en esta breve descripción del cálculo mediante logaritmos. Se trata de otro inglés, Henry Briggs cuyo mayor aporte a este tema consiste en haber elaborado los logaritmos decimales, de menor complejidad de cálculo que los neperianos.

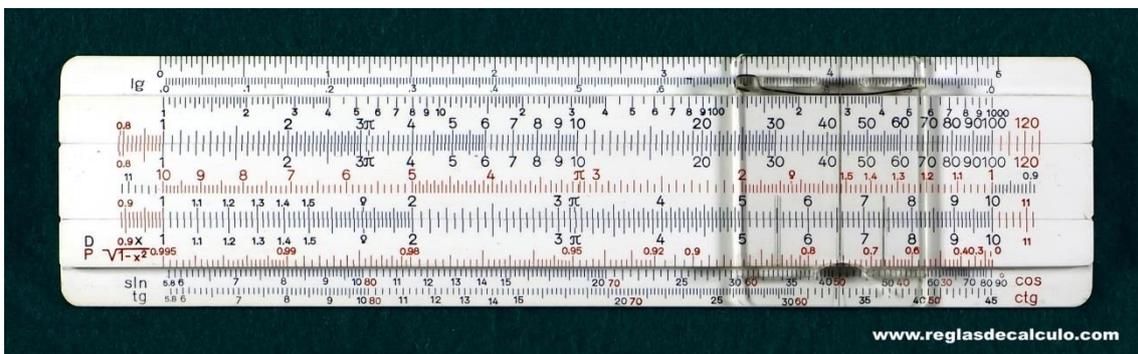


Henry Briggs, Warleywood, 1561 - Oxford, Reino Unido, 1630)

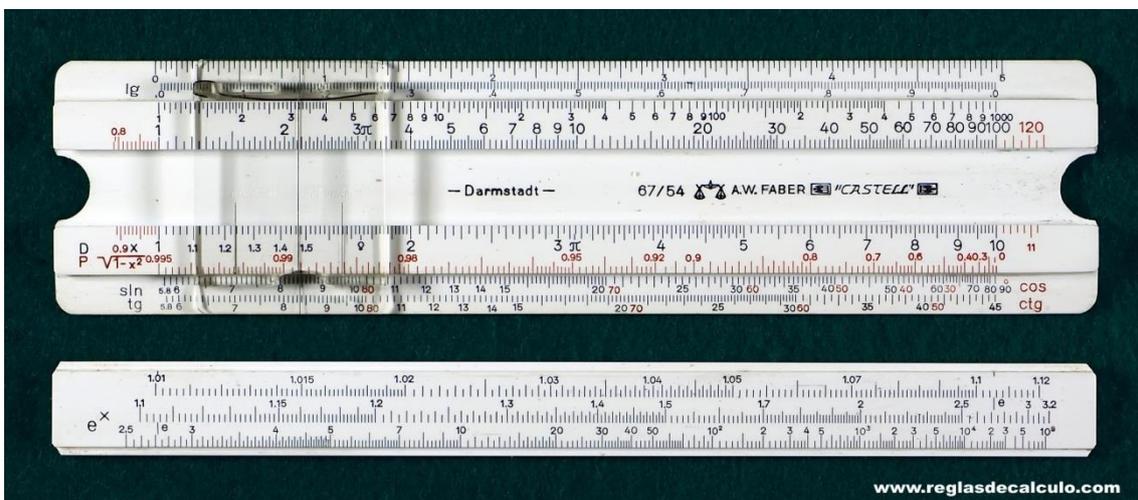
105 Estos logaritmos perduran hasta mediados del siglo XX, donde eran materia obligatoria en la enseñanza secundaria para resolver distintos tipos de problemas. En el nivel universitario quienes recibieron cursos de geodesia

deben recordar la resolución de triángulos mediante cálculo logarítmico, para el cual se utilizaban tablas de logaritmos con más de diez decimales para asegurar la precisión de los resultados, en general coordenadas geográficas de puntos fijos sobre la superficie terrestre, puntos para los cuales la precisión es excluyente, dado que muchos de ellos contribuyen a la determinación de límites. Y las correspondientes secuelas de soberanía, por ejemplo.

106 Asimismo la utilización de escalas logarítmicas permitió el desarrollo y utilización casi universal por parte de ingenieros, científicos y arquitectos de las denominadas "reglas de cálculo" ingenios donde en esas escalas se consignaban números, sus cuadrados, eventualmente sus cubos y valores de funciones trigonométricas. Una regla central, desplazable permitía efectuar productos y cocientes como adiciones o sustracciones de segmentos proporcionales a logaritmos mientras que un cursor desplazable mediante una línea vertical contribuía a la lectura de resultados. También eran posibles las raíces cuadradas y eventualmente cúbicas. Esos elementos se observan en las siguientes imágenes donde es fácil apreciar las escalas logarítmicas.



www.reglasdecalculo.com



www.reglasdecalculo.com

107 Se las encontraba de distinto tamaño. De bolsillo -complemento ineludible para todo estudiante de ingeniería o de ciencias- más grandes para ser transportadas en valijas o portafolios y más grandes aún, de escritorio. Con cierta habilidad se podían apreciar dos decimales en la operaciones de multiplicación, división y extracción de raíces.

108 Su origen se remonta al siglo XVII cuando el matemático inglés William Oughthed fabricó, en 1622 las primeras de las que se tiene noticia. Perduraron y se expandieron hasta que, promediando el siglo XX fueron totalmente eclipsadas por las calculadoras digitales. Se conservan como reliquias en manos de aquellos que las utilizaron o en los interesados en instrumentos de cálculo. Se las construyó de madera (bambú), celuloide, otros plásticos, aluminio. Llegaron a ser especializadas según su utilización: cálculos electricos, de hormigón armado, agrimensura, etc.

Máquinas de calcular mecánicas

109 Resultaría imposible reseñar en este trabajo la cantidad de máquinas de calcular mecánicas que han sido desarrolladas y utilizadas a lo largo del tiempo. Sólo se hará mención a las inventadas y construidas por Pascal; Leibniz y Babbage y a la comercialmente conocida FACIT.

La Pascalina

110 Francia ha dado a lo largo de la historia genios de la ciencia y el arte. Uno de ellos fue Blaise Pascal, filosofo, físico y matemático.

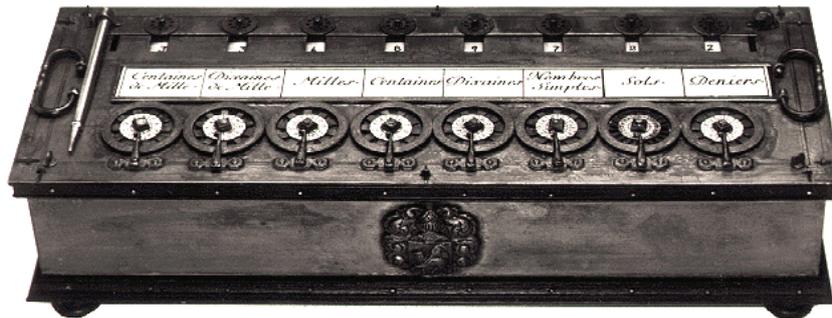
111 Siendo su padre designado recaudador de impuestos, Pascal se abocó al desarrollo de una máquina para facilitarle las operaciones aritméticas a las que sus funciones lo obligaban. La máquina, denominada Pascaline estaba formada por ocho ruedas dentadas según el sistema decimal que, con unos simples movimientos permitían efectuar adiciones y sustracciones cuyos resultados aparecían en unas ventanas ubicadas en la parte superior de la máquina. Seis ruedas estaban dedicadas a la parte entera y dos a la parte decimal, lo que permitía un rango desde 0,01 hasta 999.999,99



BLAISE PASCAL 19 de junio de 1623 Clermont-Ferrand, Francia 19 de agosto de 1662, París, Francia

112 Cada vez que una rueda llegaba a un 9 y se le sumaba 1 consignaba 0 y una leva hacía avanzar un paso la rueda siguiente. El giro se lograba mediante una manivela.

From Computer Desktop Encyclopedia
Reproduced with permission.
© 2001 The Computer Museum History Center



La máquina de calcular de Leibniz

113 Gottfried Wilhelm von Leibniz ¡Si! Nada menos que el gran Leibniz a quien la ciencia y la ingeniería le deben una extraordinaria y poderosa herramienta de cálculo: el cálculo diferencial e integral. Hubo otro genio que desarrolló en forma paralela y contemporánea el tema, fue el inglés Sir Isaac Newton aunque le cabe al alemán Leibniz la prioridad en la publicación del tema en *Acta Eroditorum* en octubre de 1684 bajo el nombre "*Nova methodus pro maximis et minimis, itemque tangentibus, quae nec fractas nec irrationales quantitates moratur, et singulare pro illis calculi genus*".

114 La polémica sobre la paternidad del tema entre Leibniz y Newton fue muy fuerte, a punto tal que una comisión -de ingleses- especialmente convocada, formada por miembros de la Royal Society emitió dictamen a

favor de Newton. Casualmente Newton era quien presidía la Royal Society en esos momentos. ¡Hummm...! Actualmente se acepta que ambos, en forma independiente uno de otro por distintos caminos alcanzaron el ahora denominado análisis matemático. La notación en uso actualmente es la que utilizó Leibniz en sus trabajos.

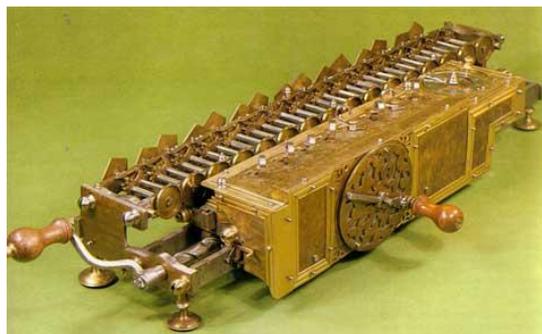
115 Leibniz fue filósofo, matemático, jurista y político alemán. Diderot escribió sobre él en la enciclopedia "Quizás nunca haya un hombre que haya leído tanto, estudiado tanto, meditado más y escrito más que Leibniz... Lo que ha elaborado sobre el mundo, sobre Dios, la naturaleza y el alma es de la más sublime elocuencia. Si sus ideas hubiesen sido expresadas con el olfato de Platón, el filósofo de Leipzig no cedería en nada al filósofo de Atenas"



Gottfried Wilhelm von Leibniz

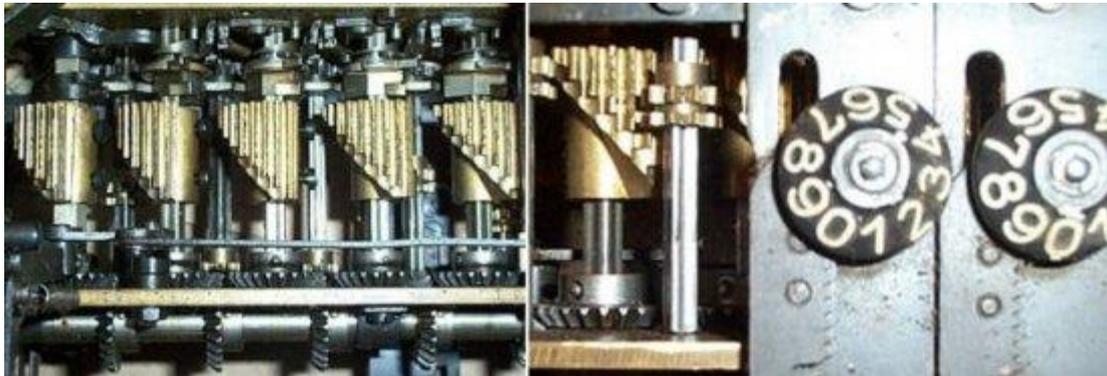
Leipzig, 1 de julio de 1646-Hannover, 14 de noviembre de 1716

116 En el año 1672 es enviado a París en misión diplomática, ciudad en la que permanece cinco años. Su producción intelectual en ese lapso es notable. Concibe las bases del cálculo diferencial e integral e inventa, desarrolla y construye una máquina de calcular.



117 Por supuesto el antecedente inmediato de Leibniz fue la Pascalina, pero rápidamente se percató que, para realizar multiplicaciones y divisiones las ruedas de Pascal resultaban insuficientes. Para suplir esa insuficiencia ideó una máquina de dos cuerpos, uno fijo y otro desplazable sobre el primero. El primer prototipo fue hecho en madera pero tuvo muchas dificultades para funcionar. El prototipo en metal fue realizado por un relojero.

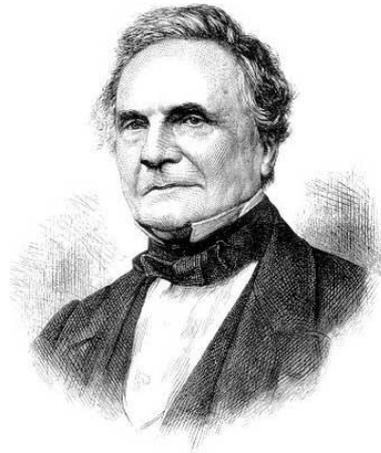
118 El gran secreto eran unos cilindros en los que estaban insertadas, según sus generatrices, nueve varillas de distinta longitud según los dígitos del sistema de numeración en uso. Unas ruedas dentadas engranaban o dejaban de hacerlo según esas longitudes y transmitían sus giros a unos totalizadores donde se podían leer resultados. Esta concepción mecánica estuvo vigente hasta el siglo XX



119 Para el asombro. En la biblioteca de Basse Saxe, Hannover se conserva un escrito de Leibniz, de 1679 donde queda claro que manejaba muy bien el sistema que actualmente se conoce como binario. Intentó una máquina similar a la descrita para ese sistema pero la cantidad de dígitos binarios necesarios para escribir en el mismo cualquier número y consecuentemente la cantidad de cilindros en la máquina le impidieron concretar su idea. Sin embargo su genio abrió una ventana a lo que vendría unos siglos después.

La máquina diferencial y la máquina analítica

120 Un banquero inglés tuvo, entre otros, un hijo que, para nada, siguió las huellas del padre. Es más, su interés permanente estuvo en las matemáticas y en la mecánica. Este hijo es nada menos que Charles Babbage a quien se considera el padre de las actuales computadoras. En seguida se verá él porque de la afirmación.



Charles Babbage

Teignmouth, 1792 - Londres, 1871. Matemático e ingeniero británico

121 En un principio fue autodidacta en matemática, luego su padre le costó profesores en la materia de modo tal que, cuando llegó a la universidad de Cambridge en 1810 le fueron muy fáciles los cursos que allí se daban siguiendo el rumbo establecido en su momento por Newton.

122 Babbage y algunos amigos, fundan la Sociedad Analítica que seguía los lineamientos de la matemática en el continente, Francia en particular, establecidos por Leibniz y que, en razón del conflicto habido con Newton no habían hecho pie en Inglaterra, retrasando su desarrollo y concurrentemente el de la ingeniería inglesa. Obviamente esta Sociedad entró rápidamente en conflicto con lo dogmáticamente establecido en Cambridge.

123 El imperio Británico en esa época, tenía un problema que sus científicos no podían resolver. Sencillamente era la cantidad de errores que contenían sus tablas de navegación, elemento imprescindible para asegurar para sus navíos mercantes y de guerra una correcta deriva en los mares. Ello era debido a que dichas tablas eran calculadas "a mano" por calculistas que cometían errores y/o se aburrían del muy monótono trabajo asignado agregando todavía más errores. No debía haber, en esa época, jornadas de ocho horas así que no es difícil imaginar que diez o doce horas continuas calculando repetitivamente valores para una tabla fuese una tarea agotadora y, por supuesto, factible de estar llena de errores.

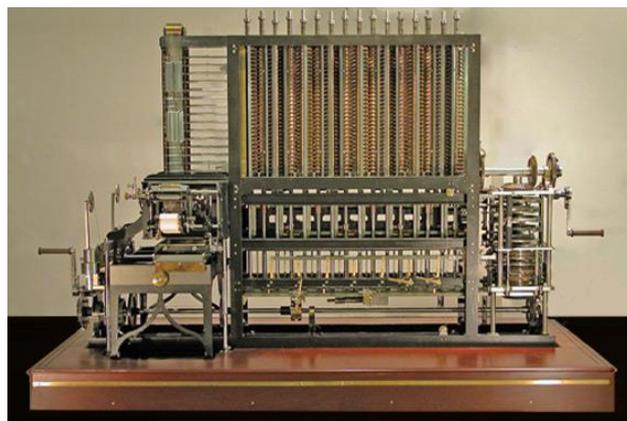
124 Babbage sabía que una función puede ser aproximada mediante polinomios y que la aproximación es mejor cuanto mayor sea el grado del polinomio de aproximación. Cualquier texto de cálculo numérico establece

las condiciones para que este tipo de aproximación sea válido. Además sabía que tratándose de un polinomio sus diferencias coincidentes con el grado del mismo son constantes, las siguientes son nulas. Por eso, teniendo los primeros valores del polinomio y sus diferencias, calcular valores sucesivos equiespaciados es sencillamente un problema de adiciones. Véase como ejemplo la siguiente tabla elaborada para el polinomio $3x^2 - 4x + 2$

X	f(x)	$\Delta f(x)$	$\Delta^2 f(x)$
0	2	-0.37	0.06
0.1	1.63	-0.31	0.06
0.2	1.32	-0.25	0.06
0.3	1.07	-0.19	0.06
0.4	0.88	-0.13	0.06

Obsérvese que los valores de $f(x)$ pueden calcularse partiendo de $\Delta^2 f(x) = 0.06$ y, a partir de ese valor calcular $\Delta f(x)$ y luego $f(x)$.

125 Basado en esta propiedad diseñó una máquina, a la que denominó Máquina Diferencial, en la que, ajustando en distintas varillas los valores iniciales, decimales, del polinomio de interpolación, mediante complejos mecanismos mecánicos accionados mediante una manija - en esa época no era conocida la electricidad- logra tabular funciones cuyos polinomios de interpolación conoce.



126 A pesar de enormes inconvenientes mecánicos, logra en 1827, con una parte operativa de la máquina alcanza a calcular los logaritmos de 1 a

108000. Tratando de mejorarla supera ampliamente las 20000 piezas con innumerables problemas mecánicos porque la tecnología disponible en esos momentos no permitía alcanzar las tolerancias que requerían los engranajes y controlar las vibraciones que se producían. No logra finalizarla completa. El gobierno le retaceó el apoyo, es decir los créditos que necesitaba para continuar con el desarrollo imaginado.

127 En lugar de amilanarse por esa falta de apoyo, imagina una calculadora mucho más compleja, a la que denomina "Máquina Analítica". La "Máquina Analítica" imaginada por Babbage tenía dispositivos de entrada basados en tarjetas perforadas, un diseño de cálculo para calcular valores de funciones en el sistema decimal, con cincuenta dígitos, a través de un procesador aritmético, una unidad de control que indicaba en cada momento que tarea debía ser realizada y un mecanismo de salida y, sumado a todo esto una memoria donde los números podían ser guardados. Además, la Máquina Analítica podría efectuar distintos tipos de cálculo según la secuencia de órdenes que le fuese suministrada, es decir que, ni más ni menos, la Máquina Analítica, sería en los términos actuales una computadora.

128 Puede comprenderse ahora porque se considera a Babbage el padre de las actuales computadoras. Claro, varias decenas de miles de engranajes, varillas, ejes, levas, resortes y seguramente la energía del vapor como únicos dispositivos tecnológicos disponibles le impidieron terminar la Máquina Analítica, pero conceptualmente la Máquina Analítica, era -y es- una computadora.

129 Cabe mencionar que la utilización de tarjetas perforadas en la Máquina Analítica es adaptación de Babbage de un invento de Joseph Marie Jackard miembro de una importante familia de tejedores de seda de Lyon, Francia, que las utiliza para un telar de forma tal que las agujas del tejido siguiesen el patrón establecido por las perforaciones. Este invento de Jackard constituye una importante innovación en la materia, hecho que le vale el ser hecho miembro de la Legión de Honor y de recibir un monto por cada telar dotado de esa tecnología exportado por Francia.

130 No puede ni debe dejar de mencionarse en este punto del relato a Lady Ada Lovelace, matemática, hija del poeta Lord Byron. Su interés por la Máquina Analítica, la que tal vez entendió mejor que Babbage, la llevó a escribir lo que actualmente se denominan "programas" para la misma. Obviamente fue la primera programadora de computadoras de la historia.

134 Como puede observarse en la siguiente foto, el cálculo se efectuaba mediante una manija. Tres visores permitían observar los números en operación y tres pequeñas palancas permitían poner a cero los visores. Los números se ingresaban mediante el teclado y eran visualizados en el visor lateral a la marca. Con una vuelta de manija, hecho que se contabilizaba en el visor superior derecho, el número ingresado aparecía en el visor superior izquierdo. Una vuelta más de manija, registraba un 2 en el visor derecho mientras que, en el izquierdo superior aparecía el doble del número ingresado. Más vueltas permitían multiplicar el número ingresado por las unidades del multiplicador. Con las teclas de flechas se desplazaba el multiplicando y se daban las vueltas necesarias para continuar la multiplicación según las decenas del multiplicador, hasta completar la operación.

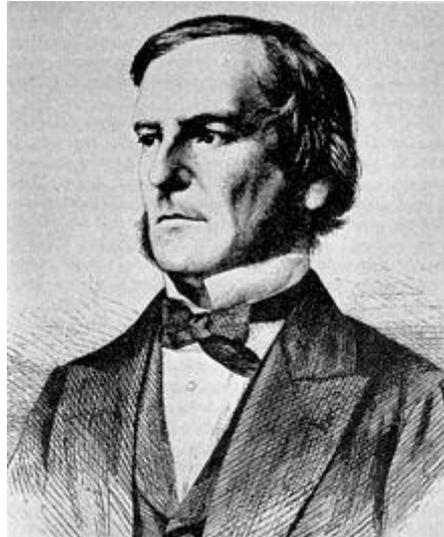
135 Para dividir era más complicado y, como dato curioso la manivela debía girar en sentido inverso al utilizado para los productos. Para el interesado se señala que en YouTube se encuentran detalladas estas operaciones.



George Boole

136 Iniciando el camino de retorno a números y a la tecnología alcanzada mediante dispositivos eléctricos y electrónicos, se presenta de inmediato el trabajo de George Boole, matemático y lógico inglés cuyo trabajo conocido

como Algebra de Boole se considera fundamental en lo que actualmente se denominan Ciencias de la Computación



George Boole, Lincoln, Lincolnshire, Inglaterra, 2 de noviembre de 1815 - Ballintemple, Condado de Cork, Irlanda, 8 de diciembre de 1864)

137 En 1854 publica *An Investigation of the Laws of Thought on Which are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities*. En el texto desarrolla una serie de reglas que permiten expresar problemas cuyos operandos solo admiten dos estados: verdadero o falso. De allí al sistema binario el paso es muy breve

138 Esta característica hallaría más de un siglo después un enorme campo de aplicación en las computadoras y más adelante aún, en los microprocesadores cuyo funcionamiento se basa en la lógica de Boole. Esos instrumentos electrónicos están diseñados y en aptitud de ejecutar procesos y operaciones basados en los trabajos de Boole.

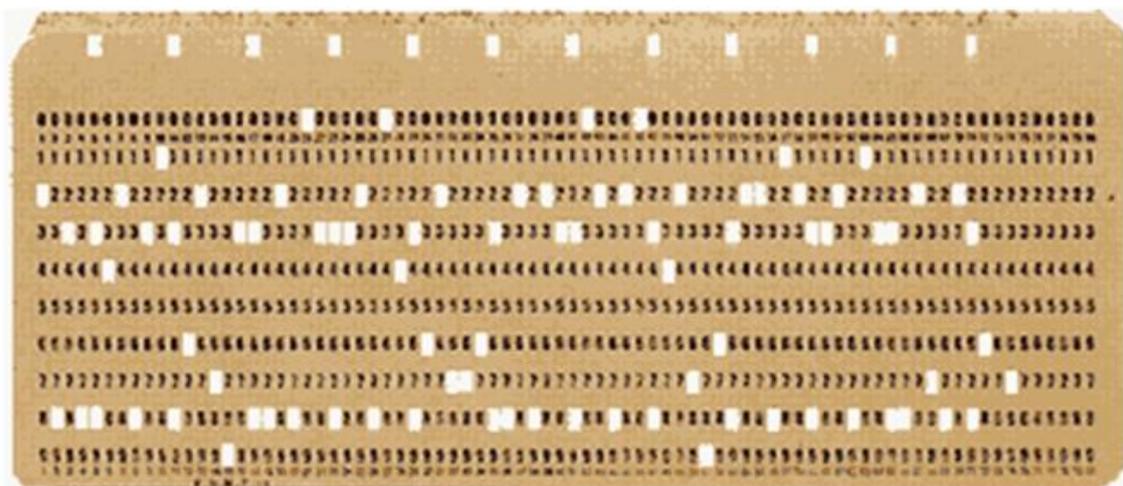
139 Contemporáneamente a la época en que Boole hace conocer sus trabajos puede decirse que comenzaba el período en que se ponían en acción las distintas formas de usar la electricidad y, con ellas, los pulsos eléctricos que claramente indican paso o no paso de corriente, verdadero o falso, 1 o 0. Boole puro.

- El telégrafo, dispositivo destinado a transmitir señales a distancia nace de la mano de Samuel Morse en 1832. El 6 de mayo de 1833

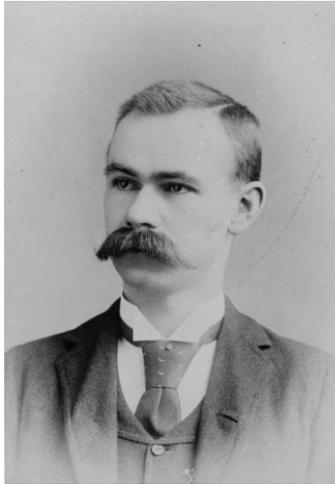
Gauss y Weber instalan en Gottingen, Alemania, donde ambos trabajaban una línea telegráfica de 1000 metros entre la Universidad y el Observatorio Astronómico.

- El micrófono desarrollado en forma simultánea por David Edward Hughes en Inglaterra y Emile Berliner y Tomas Alva Edison en los Estados Unidos en los 1870s
- La radio, creación de Guíllermo Marconi (en realidad Nicola Tesla) en 1894.
- El teléfono patentado por Graham Bell en 1876
- Nicola Tesla trabaja en esa época en comunicaciones inalámbricas.
- Válvulas de vacío en 1906
- Circuitos biestables en 1918. Son los que permiten el almacenamiento de la información.

140 Los Estados Unidos, cada 10 años debe realizar un censo nacional. El procesamiento de los datos recolectados prácticamente se superponía con el censo siguiente. Herman Hollerith desarrolló para el censo de 1890 una serie de máquinas que fueron denominadas de registro unitario. La base fueron las tarjetas perforadas y, entre las máquinas mencionadas, se deben mencionar la clasificadora, capaz de ordenar de determinada forma un lote de tarjetas, la tabuladora que, mediante un "programa" realizado con cables en un tablero con múltiples posibles conexiones; perforadoras y verificadoras de tarjetas; reproductoras de tarjetas; etc.



141 Con estos elementos, Hollerith completó el procesamiento del censo en tres años. Para comercializar sus máquinas crea en 1896 la compañía *Tabulating Machine Company*, que en 1911 se transforma en *International Business Machines IBM* donde se desarrollan calculadoras, placas de circuitos y componentes que serían utilizados posteriormente.



Herman Hollerith, 29 de febrero de 1860, Búfalo, Nueva York, 17 de noviembre de 1929, Washington D.C.

Aritmómetro Electromecánico

142 En 1914, el español **Leonardo Torres Quevedo** publica *Ensayos sobre Automática* inaugurando así una nueva rama de la ingeniería. Como ejemplo concibe, desarrolla y construye el Telekino, un autómeta que recibe órdenes transmitidas por ondas y opera en consecuencia, transformándose así en pionero en el campo del control a distancia. En 1912 desarrolló y construyó también un ajedrecista que jugaba finales de torre rey contra rey, que causó sensación entre científicos, ingenieros y, por supuesto, ajedrecistas.

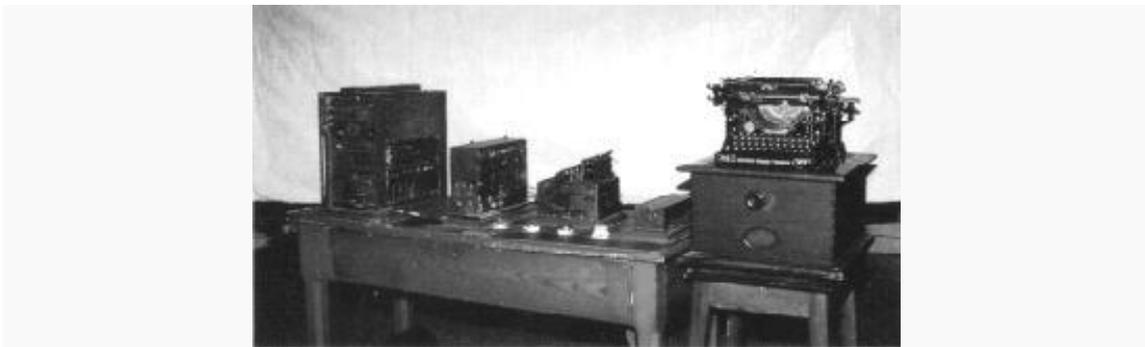


**Leonardo Torres Quevedo, matemático, ingeniero de caminos español.
28 de diciembre de 1852, Comarca del Besaya, España, 18 de diciembre de 1936, Madrid, España**

143 Aplicando esos conocimientos y experiencias emprende el desarrollo de una máquina de cálculo, denominada Aritmómetro utilizando automática y componentes del ya existente teléfono. Alcanza un equipo con una unidad de entrada -una máquina de escribir- una unidad de procesamiento y registro de valores mediante un sistema de listones, poleas, agujas, escobillas, electroimanes y conmutadores y un dispositivo de salida, otra vez una máquina de escribir. Va de suyo que la utilización de estas nuevas tecnologías le permiten a López Quevedo superar los inconvenientes exclusivamente mecánicos que le impidieron a Babbage el éxito de su máquina analítica

144 En lo que atañe a este trabajo, Torres Quevedo utiliza por primera vez en la historia, la aritmética de coma flotante o aritmética de t-dígitos, hecho que le permite manejar números muy grandes y muy chicos mediante la expresión de cualquier número como constituido por una mantisa de t dígitos, cuyo primer dígito de la izquierda sea distinto de cero y un exponente cuya función es colocar el separador de la parte entera de la parte decimal en el lugar correspondiente, de allí la expresión "coma flotante"

$$045902348 = 10^4 0.5902348 = 5.902,348$$



Aritmómetro Electromecánico, primera calculadora digital de la historia

Z1, Z2, Z3, Z4, ...

145 El largo camino hacia la automatización del cálculo continúa con el alemán **Konrad Zuse**, nacido en 1910 en Berlín que centró su vida en dos pasiones completamente distintas. Por un lado, el cálculo automático y, por otro, la pintura a la que dedicó los últimos años de su vida con bastante éxito. Según su biografía, sus pinturas se vendían por cinco cifras en marcos

alemanes, por supuesto. A los 84 años fallece en la localidad de Hunfeld, municipio de Fulda del estado de Hesse, Alemania.



Konrad Zuse

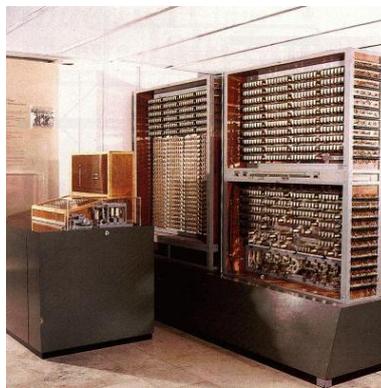
146 Estudió ingeniería mecánica pero en 1935 se gradúa como ingeniero civil luego de un cambio de orientación que juzga más apropiado a sus centros de interés. Inmediatamente comienza a trabajar en la fábrica de aviones Henschel. Aburrido de la cantidad de cálculos que debía realizar, concibe la idea de desarrollar una máquina en aptitud de llevar a cabo esa rutinaria tarea. Deja su trabajo y, en la casa de sus padres, comienza a construir la que sería la máquina programable Z1. En 1938 con dinero propio y de algunos amigos, completa la Z1 utilizando la numeración binaria y el álgebra de Boole con componentes electromecánicos. Por deficiencias en sus componentes mecánicos la Z1 nunca llegó a funcionar correctamente.

147 En 1939, la Wehrmacht, el ejército alemán, lo convoca a sus filas en razón de la II GM en curso. La Luftwaffe, la fuerza aérea alemana, seguramente a instancias de la fábrica Henschel que producía aviones militares, consigue sea liberado de obligaciones militares para dedicarse a sus máquinas. Así comienza a trabajar con la Z2 que conservaba de la Z1 memoria mecánica pero incorpora una unidad aritmética electromecánica con varios centenares de relés. Cabe señalar que, en razón del conflicto bélico en curso, Zuse no disponía de información de lo que, en la materia, se estaba haciendo en otras partes del mundo, hechos que también se ocultaban celosamente por el potencial bélico implícito en ese tipo de máquinas.

148 La Z2, en 1940, funcionó bien y se producen dos hechos importantes. Primero, una demostración del correcto funcionamiento de la Z2 ante la

"Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt" (Estación Experimental Alemana de Aeronáutica) y, segundo, Zuse crea la empresa "Zuse Apparatebau". Obtiene créditos para desarrollar un nuevo modelo, la Z3.

149 La Z3 fue la primera máquina programable del mundo, su peso andaba en el orden de una tonelada, miles de relés aseguraban su funcionamiento, el programa ingresaba mediante una cinta perforada, los datos a través de un teclado, las adiciones estaban en el orden del segundo y los productos en el orden de los tres segundos eran visualizables en el sistema decimal. Fue destruida en 1943 junto a sus planos y diseños por un bombardeo aliado.



Reconstrucción de la Z3

150 Zuse se traslada a Suiza (¿huye?, ¿lo ayudan a hacerlo?, ¿ignoran adrede su traslado?. Imposible documentarlo). Funda la empresa Zuse KG y termina la Z4 que envía a la Escuela Técnica Superior de Zurich y la empresa vende, en 1950, la Z5 a la firma Leitz. Se inicia un lapso de poca actividad económica para la misma porque el esfuerzo principal estaba orientado hacia la reconstrucción de la infraestructura productiva de Alemania. En 1955 se promovió la instalación de computadoras en las universidades momento en que Zuse KG produce en serie la Z11 de las cuales coloca casi medio centenar. A partir de 1957 la empresa comercializa la Z22 con válvulas y tambor magnético. A partir de 1961 Zuse utiliza transistores en la Z23, pero el desarrollo del microprocesador en otro país hizo que después de haber construido más de 200 computadoras y luego de la intervención de varias empresas, Zuse KG termina en el ámbito de Siemens.

151 A partir de ese momento, Zuse se dedica a su otra pasión, la pintura, actividad en la que continúa hasta su muerte en 1995.

152 Por si todo lo hecho en la materia fuese poco, entre los años 1942 y 1945 inventa un lenguaje de programación al que denomina Plankköl tal vez el primero de alto nivel desarrollado a ese fin, lenguaje que se pone operativo luego de su muerte.

Alan Mathison Turing.

153 Nace en Londres en 1912, donde su padre, funcionario de la administración en la entonces colonia Británica de La India, se traslada para su nacimiento. Luego regresa con el niño a la India donde Alan pasa los primeros años de su vida. Fue un niño precoz, su talento para las matemáticas y las ciencias era formidable. Con 19 años entra en el King's College de Cambridge, meca del conocimiento científico.

154 Allí concibe la "Máquina de Turing" célebre trabajo que sienta las bases del concepto moderno de algoritmo con los fundamentos lógicos de las computadoras. En virtud a ese trabajo y, por supuesto, a sus méritos, viaja a Princeton (nada menos) para doctorarse. La IIGM lo obliga a regresar a Inglaterra donde el primer ministro Winston Spencer Churchill decide formar un equipo con los más destacados científicos ingleses para trabajar en la ruptura de los códigos con que los nazis efectuaban su comunicaciones.

155 En particular era vital descifrar en código Enigma con el que la armada alemana comunicaba sus ordenes a los U Boats -submarinos- que, comandados por Karl Donitz, constituyendo la manada de lobos *Rudeltaktik* infligían tremendos daños a los convoyes de aprovisionamiento que los Estados Unidos de América enviaban a Inglaterra. Turing es puesto al mando de una división de la inteligencia británica cuyo objetivo era romper el código Enigma. En esas funciones desarrolla máquinas y procedimientos que, junto a otras actividades de naturaleza militar permiten descifrar el código enigma.



Alan Turing

156 Formó parte del equipo -o lo lideró- que en la *Post Office Research Station* (Estación de Investigación de la Oficina Postal), proyecto ultra secreto, se abocó a descifrar otros códigos alemanes, tarea que, según apreciación del primer ministro inglés Winston Spencer Churchill, permitió abreviar un año y medio la segunda guerra mundial. Y, tal vez, ganarla.

157 Alan Turing era homosexual, orientación sexual que en aquellos años era considerada delito en el Reino Unido. Puesta en evidencia esta orientación sexual de Turing se le dio opción por la cárcel o por la castración química. Eligió esta última. El 7 de junio de 1954 se suicida con una manzana impregnada con cianuro. No está demasiado claro que se trató de un suicidio pero así lo registra la biografía. Muy triste final para quien salvó millones de vidas y permitió la derrota del régimen nazi. Un tardío perdón de la Reina Isabel II del año 2013 reconoce en el Reino Unido a este gran científico. El logo de una muy popular marca de computadoras y otros dispositivos actuales parecerían ser un tardío homenaje a semejante talento. Un manzana mordida.

Colossus

158 En la *Post Office Research Station*, Dollis Hill, Bletchley Park, los ingleses estructuraron un proyecto super secreto para el que convocaron a los mejores científicos e ingenieros que podían actuar en el mismo. Transcurría el año 1943, en pleno desarrollo la IIGM, el objetivo era romper los códigos con que los alemanes realizaban sus comunicaciones de carácter táctico y estratégico. Para ello utilizaban el código *Enigma*, con el cual manejaban su flota de submarinos y otro código más avanzado, el *Lorenz SZ40/42* con el cual se efectuaban las comunicaciones del estado mayor de las fuerzas alemanas.

159 Aparte de Alan Turing se destacaban en el equipo el matemático Max Newman, el ingeniero Thomas H. Flowers y los mejores criptoanalistas con que contaban.

160 El código Lorenz SZ 40/42 incorporaba a cada carácter de los mensajes transmitidos por teletipo el código del mismo y otros cinco caracteres al azar. Obviamente los alemanes utilizaban para esto rutinas pseudo random. Pero fue un error garrafal de operadores alemanes que repitieron un mensaje con el mismo código -práctica absolutamente prohibida- ante el requerimiento del corresponsal manifestando no haber recibido el texto original. Esto dio a pie que se estableciese la estructura lógica de la codificadora Lorenz SZ40/42.

161 El Ing. Thomas Flowers (Tommy) basado en la idea de universalidad de la máquina de Turing diseña y construye la Colossus Mark I para romper códigos alemanes. Utiliza para ello más de 1500 tubos de vacío, lectora de tarjetas perforadas, relés para resultados intermedios y salida por máquina de escribir. Sus medidas era 2.25 metros de alto, 3 metros de largo y 1.20 metros de ancho.

162 Mientras la máquina Colossus Mark I era construida se diseñó la Colossus Mark II, con 2400 válvulas y mucho más rápida que su antecesora. Para evitar la muy frecuente falla de válvulas, sobre todo en el proceso de encendido, se las ponía en funcionamiento y no se apagaban hasta detectar alguna falla. En total fueron construidas diez Colossus utilizando distintos equipos de trabajo desconocedores de los trabajos previos y los posteriores al propio, a fin de preservar el carácter ultra secreto del emprendimiento. Solo muy pocas personas conocían en su totalidad el proyecto.

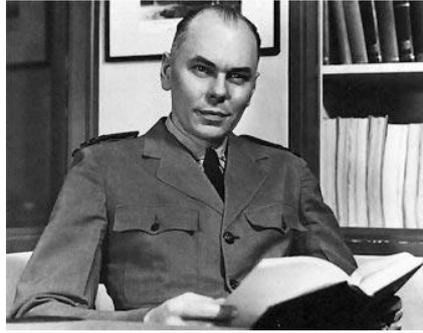
163 Dice la historia que las Colossus detectaron y decodificaron un mensaje donde Hitler y el alto mando alemán señalaban a Calais como el punto de desembarco de los aliados para la reconquista de Europa y el fin del nazismo. Fue importante para que las tropas aliadas, al mando del general Eisenhower, optasen por desembarcar en Normandía el 6 de junio de 1944.

164 Luego de la guerra, el primer ministro Churchill ordenó destruir a trozos "no más grandes que mi mano" las Colossus. En 1960 se destruyó la última. Hubo más razones políticas que técnicas para esta eliminación de las Colossus. Guardaban mensajes alemanes que ordenaban bombardeos a ciudades inglesas que no fueron avisadas de los mismos, al solo efecto de evitar que los alemanes descubriesen que sus códigos habían sido descifrados. En fin, horrores de las guerras.

165 Debido al carácter ultra secreto del proyecto Colossus, científicos e ingenieros como "Tommy" Flowers carecen del lugar que les correspondería tener en la historia del desarrollo de los sistemas de cálculo.

Howard Hathaway Aiken

166 El ingeniero y doctor en física Howard H. Aiken al realizar su tesis en la universidad de Harvard se topa con sistemas de ecuaciones diferenciales que solo se pueden resolver numéricamente. Abrumado por el trabajo que implicaban esas ecuaciones, encuentra los trabajos de Babbage y se propone replicarla con la tecnología disponible en esos momentos, desarrollando una máquina capaz de llevar a cabo las cuatro operaciones algebraicas, adición, sustracción, multiplicación y división y utilización del resultado anterior.



Howard H. Aiken 8 de marzo de 1900, ;14 de marzo de 1973, San Luis, Misuri, Estados Unidos

167 Originalmente el aparato fue denominado Automatic Sequence Controlled Calculator (ASCC) luego denominado Harvard Mark I. Cuenta con la ayuda de Grace Hooper (más adelante nombrada en el desarrollo del lenguaje de programación COBOL) y es financiado por IBM.

168 La máquina queda completada en 1944 y sus colosales dimensiones eran 15 metros de largo, 2.40 m. de altura y 5 toneladas de peso. La Mark I usaba relés electromecánicos para mover más de 700.000 ruedas y resolver problemas de suma en menos de un segundo, 6 segundos para multiplicación y el doble de tiempo para la división. Completaban el gigantismo 800 Km de cable, y 3.000.000 de conexiones. Nació obsoleta, la computadora ABC contemporánea la superaba.



MARK I

169 Aiken fue convocado por la Armada de los Estados Unidos para el análisis de artillería embarcada. En 1947 construyó la Mark II, la Mark III y la Mark IV utilizando cada vez tecnología más avanzada. Aiken junto a Zuse pueden ser considerados los creadores de la moderna computación. Lo que no es poco mérito.

ABC Computer

170 En 1929 el físico John Vincent Atanasoff, buscando su doctorado en la Universidad de Winsconsin tuvo que enfrentarse con abundantes y complejos cálculos, para los que sólo contaba con instrumentos como la regla de cálculo y algunas calculadoras mecánicas. De regreso al Iowa State College y luego de efectuar diversos experimentos con tubos de vacío, electrónica y radio comprendió la necesidad de mecanizar digitalmente los cálculos. Con ese fin se abocó a la utilización de una tabuladora IBM para resolver sistemas de ecuaciones lineales por el método de eliminación (en esa época IBM no había incursionado aún en el mundo de la computación, era sencillamente lo que indica su sigla: International Business Machines, es decir, máquinas para el comercio). Enterada la empresa dijo, en una comunicación interna "...keep Atanasoff out of the tabulator."

171 Atanasoff en su búsqueda de una máquina para efectuar cálculos es un ejemplo magnífico de las tres fases que llevan a un descubrimiento, según Poincaré (29 de abril de 1854 Nancy, Francia- 17 de julio de 1912, París, Francia. Matemático, físico y filósofo de la ciencia). La primera es la denominada de *incubación*, donde el creador se sumerge completamente en el problema a resolver hasta que lo conoce en sus más mínimos detalles; la segunda es la de *saturación* (en las actividades físicas puede llamarse sobre entrenamiento) momento en el cual lo mejor es lateralizar el problema y dedicarse a otra cosa. El mismo continuará vivo en la mente del investigador esperando el momento oportuno para hacer eclosión en la tercera y última etapa, llamada de *iluminación* en la cual la solución se presenta con absoluta claridad. ¡Pero cómo no me di cuenta antes!

172 Pues bien, Atanasoff lidió con su problema durante los años 1935 a 1937 realizando experimentos y ensayando diversos conceptos. Este fue su periodo de incubación. El mismo cuenta que siendo Iowa un estado "seco" manejó su coche -saturación-hacia el estado de Illinois donde bebió bourbon y soda y continuó viaje hacia Wisconsin con ideas sobre su máquina. En ese viaje llegó la fase iluminación que, en el caso de Atanasoff fue tener absolutamente en claro las siguientes cuestiones:

- Se debía usar la aritmética binaria (base dos).
- Electricidad y electrónica como base de todo el proceso (olvidando ruedas mecánicas, por ejemplo).
- Usar condensadores para la memoria.
- Calcular mediante acciones lógicas digitales.

De ninguna manera debe interpretarse que la fase iluminación se alcanza mediante el bourbon (con o sin soda) Con él, lo más probable es un accidente en la ruta o una obnubilación total con relación al problema.

173 A comienzos de 1938 presenta a las autoridades del Iowa State College la concepción y el diseño electrónico y lógico de una computadora digital capaz de resolver un sistema de ecuaciones lineales y comienza a solicitar financiamiento. En 1939 recibe un subsidio de u\$s 650 (¡si, seiscientos cincuenta dólares!) de los cuales dedica u\$s 450 al brillante estudiante de ingeniería eléctrica Clifford Berry y u\$s 200 para materiales. En diciembre de 1939 efectúa una demostración de su equipo a las autoridades del Iowa State College lo que le vale un aporte de u\$s 5000 para construir una máquina capaz de resolver sistemas de ecuaciones diferenciales lineales.



John Vincent Atanasoff

**4 de octubre de 1903, Hamilton, USA, 15 de junio de 1995,
Frederick, USA**



Clifford Edward Berry

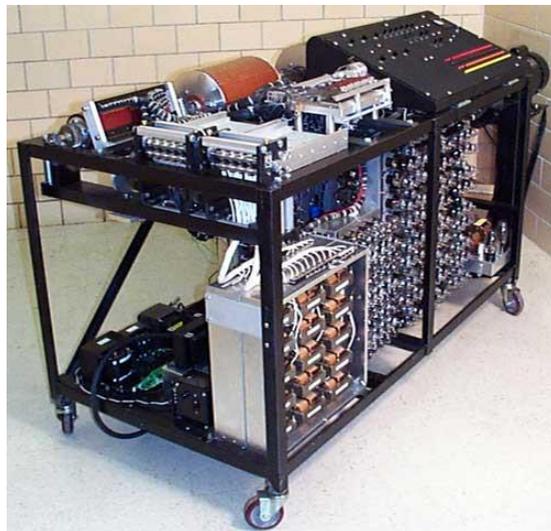
**19 de abril 1918, Gladbrook Iowa USA, 30 de octubre de 1963, Nueva
York, USA**

174 A principios de 1940 comienza la construcción y, para la primavera de ese año se cuenta con un documento de detalle necesario para el patentamiento del equipo. (En esta materia el Iowa State College no fue suficientemente eficaz.) A fines de 1941 la construcción está completada y,

cabe a Clifford Berry la estructuración del manual de la que ya se denomina ABC (Atanasoff, Berry, Computer)

175 Las pruebas y ensayos demuestran que la máquina funcionaba perfectamente pero con una falla cada diez mil en las lectoras de tarjetas necesarias para sistemas de ecuaciones lineales grandes. Cuando Atanasoff y Berry buscaban resolver el problema fueron convocados por el DoD (Department of Defense) Atanasoff en setiembre de 1942 y Berry en julio de 1942. Recuérdese que los Estados Unidos de América habían entrado en la IIGM en diciembre de 1941 y los matemáticos, ingenieros y físicos destacados era requeridos para el esfuerzo bélico. La artillería era y es fuerte demandante de complejos cálculos.

176 El físico John Mauchly examinó en detalle la computadora ABC durante una semana de 1941. Este dato es de significativa importancia por el problema legal que en párrafos posteriores se detalla. Si, cabe destacar la generosidad de Atanasoff que en su momento dijo "hay suficiente crédito para todos en la invención y desarrollo del computador digital". El 13 de noviembre de 1990 el presidente de los Estados Unidos de América George H.W. Bush le entregó la National Medal of Technology en ceremonia al efecto en la Casa Blanca. Recibió además muchos otros honores académicos.



Reconstrucción de ABC computer

ENIAC - Electronic Numerical Integrator And Computer

177 Durante mucho tiempo se consideró a la ENIAC la primera computadora de propósito general, aunque actualmente se acepta que ese

mérito le corresponde a las computadoras alemanas Z. La ENIAC fue construida en la Universidad de Pensilvania para calcular tiros de artillería para el ejército de los EE.UU. y quienes han pasado a la historia como sus desarrolladores son el físico John William Mauchly y el ingeniero John Presper Eckert.



John Adam Presper Eckert, 9 de abril de 1919, Filadelfia, EEUU; 3 de junio 1995, Bryn Mawr, EEUU



John William Mauchly, 30 de agosto 1907, Cincinnati, Ohio, EEUU; 8 de enero de 1980 Ambler, EEUU

178 Los datos de su configuración son realmente abrumadores. Superficie abarcada 167 m², cerca de 17.500 tubos de vacío o valvulas electrónicas, más de 7.000 diodos de cristal, 1.500 reles, 70.000 resistencias, 10.000 condensadores y 5.000.000 de soldaduras. Pesaba 27 toneladas y sus medidas eran 2.4m x 0.9 m x 30 m y tenía 1.500 conmutadores

electromagnéticos y más de 6.000 interruptores. Trabajaba en decimal y los distintos programas se hacían por modificación de hardware, mediante cables con clavijas como utilizaban las centrales telefónicas de esa época. Su consumo era de unos 160 Kw.

179 En el tema de la programación corresponde decir que la misma, cuando requería modificaciones, demoraba semanas dado que era necesario conectar y desconectar cables entre los distintos componentes de la máquina, tal cual se hacía en ese entonces en las centrales telefónicas. El 2 de octubre de 1955 fue desactivada en forma definitiva.

180 Recién ahora se ha registrado que, si bien los ingenieros Mauchly y Eckert ocuparon un lugar en la historia del cálculo, hubo seis mujeres que tuvieron a su cargo la programación de la ENIAC. Su actividad fue ocultada a lo largo del tiempo y recién ahora se les reconoce el lugar que definitivamente merecen. Se las catalogó como subprofesionales por cuestiones de género, pero fueron ellas quienes fueron desarrollando la programación de la ENIAC a medida que ella era requerida. Ellas fueron: Betty Snyder Holberton; Jean Jennings Bartik; Kathleen McNulty Mauchly Antonelli; Marlyn Wescoff Meltzer; Ruth Lichterman Teitelbaum y Frances Bilas Spence. En fotos de la época, cuando aparecían se las catalogaba como *refrigerator ladies*, como si fuesen modelos para la venta de heladeras.

181 Estas seis mujeres supieron calcular trayectorias balísticas mediante sus respectivas ecuaciones diferenciales (que no son las de tiro en el vacío de los cursos elementales de física) y definieron pautas para la futura programación de computadoras. Mientras que Mauchly y Eckert ocuparon un lugar en la historia del cálculo, recién en las últimas décadas, afortunadamente, la participación de las seis mujeres antes mencionadas ha sido reconocida.

182 Mauchly y Eckert patentaron el ENIAC. Sperry Rand -con los derechos del ABC- promovió un juicio contra esta patente y lo ganó en 1973, con dictamen basado en la visita de Mauchly a Atanasoff mencionada en el párrafo 168 precedente. No hubo apelación a este dictamen. Careciendo de elementos de juicio sobre el contexto histórico imperante en la época, entre la indudable lateralización de las mujeres que llevaron adelante la programación de la ENIAC y este juicio perdido, hacen que la mirada actual sobre Mauchly y Eckert no sea para el autor, tan benevolente como lo fue en la bibliografía de la historia del cálculo antes de conocerse estas cuestiones.

JANOS LAJOS NEUMANN, JHON VON NEUMANN

183 Janos Lajos Neumann nació, en 1903, en Budapest, entonces imperio Austro Húngaro, hijo de un banquero judío que, en 1913 recibió la nobleza (von) de manera que su hijo Janos Lajos comenzó a utilizar el nombre John von Neumann. Muy chico-10 años- inició estudios, pero debido a su genio los profesores aconsejaron que tomase clases de matemática de profesores universitarios. ¡a los diez años! El físico Eugene Wigner, premio Nobel de física, fue su amigo permanente. En su momento expresó "*Conociendo a Janos me di cuenta de la diferencia entre un matemático de primer nivel y yo*". ¡Y lo dijo un premio Nobel!

184 En 1925, obtiene la licenciatura en Ingeniería Química en la Escuela Politécnica Federal de Zurich y en 1926 se doctora en matemática en la Universidad de Budapest. En 1929 la Universidad de Princeton invita a von Neumann y a Wigner por un semestre. En 1933, con la llegada de los nazis al poder, se encuentra instalado en el Instituto de Estudios Avanzados de Princeton como uno de sus profesores, junto a Albert Einstein y otros notables en la historia de las ciencias fisicomatemáticas.

185 En 1943, junto a otros científicos de renombre, se une o lo unen al proyecto Manhattan, por el cual los EEUU desarrollan la bomba atómica. Su participación más importante para el proyecto consistió en el desarrollo del método de implosión que se ensayó en Alamogordo y luego se utilizó en las bombas que los EEUU arrojaron sobre Japón para la finalización de la IIGM en el Pacífico. Fue miembro del comité de estudios estratégicos en el que se manifestó partidario de la bomba H y del desarrollo de misiles intercontinentales.



John von Neumann 28 de diciembre de 1903, Budapest, 8 de febrero de 1957, Centro Médico Naval Nacional, Bethesda

186 Fue un superdotado. Incursionó en física cuántica, análisis funcional, teoría de juegos, economía, análisis numérico, hidrodinámica, ciencias de la computación y muchos otros campos del conocimiento. Obviamente no podía estar alejado del desarrollo y problemas de la ENIAC, razón por la cual, se acerca al desarrollo de la EDVAC que Mauchly y Eckert llevaban a cabo tratando de solucionar los temas planteados por la operación de ENIAC.

187 A diferencia de otros matemáticos, en general retraídos y/o en apariencia excéntricos, absortos en su mundo, su vida social fue muy intensa, siendo frecuentes eventos sociales en su casa una o dos veces por semana. Murió relativamente joven. Actualmente se sospecha que en la época en que von Neumann trabajaba en el proyecto Manhattan no se tomaban las precauciones necesarias-por desconocimiento- para las radiaciones.

EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer)

188 La EDVAC fue desarrollada en la Universidad de Pensilvania para el laboratorio de investigación en balística del ejército de los EEUU. Desde su concepción fue binaria y cabe el privilegio de ser la primera computadora cuyo programa fue almacenado en su memoria.

189 En este desarrollo se manifiesta el genio de von Neumann quien propone para la EDVAC una arquitectura que ha seguido utilizándose en todas las computadoras. Lo hizo en 1945 en un documento llamado *First Draft of a Report on the EDVAC.* Dicha arquitectura comprende los siguientes componentes:

UNIDAD DE CONTROL que maneja todo el proceso lógico del sistema haciendo que las instrucciones del programa se ejecuten en el orden establecido.

MEMORIA en donde se almacenan los datos y el programa, concebido como secuencia de instrucciones a ser ejecutadas siguiendo ordenes de la Unidad de Control. En este aspecto el avance de la tecnología ha producido cambios que han incrementado significativamente la capacidad de almacenamiento y una más notable todavía reducción de costos e incremento en la velocidad de operación.

UNIDADES DE ENTRADA Y SALIDA comprende los dispositivos por medio de los cuales ingresa información al sistema y aquellos otros por los cuales el mismo comunica a los usuarios los resultados obtenidos. Pueden ser, por ejemplo, cintas de papel perforado, cintas magnéticas, tarjetas perforadas, impresoras, grabadoras de cintas magnéticas, discos magnéticos, etc. En este aspecto también, el avance de la tecnología ha producido notables cambios en lo relativo a velocidades de transferencia, tamaños, densidad de datos y volumen de información.

UNIDAD LOGICO ARITMETICA comprende los dispositivos por lo cuales se efectúan las operaciones aritméticas en el sistema binario. En realidad, adición dado que la sustracción se realiza mediante suma de complemento, la multiplicación por adición reiterada y el cociente mediante sustracción. Es también la unidad donde, en base a condiciones establecidas en el programa se dan las señales de bifurcación correspondientes y se efectúan las operaciones lógicas AND, OR, NOT, etc.

Además, en dicho documento, también propone el BIT (Binary digIT) como unidad de información y le agrega el llamado BIT de paridad que incrementa la fiabilidad de lo almacenado.

190 El cambio de programa se concreta simplemente cambiando las instrucciones en la memoria en lugar de efectuar nuevas conexiones mediante cableado como requería la ENIAC. Dichas instrucciones, según sea el diseño del equipo y, sobre todo, las disponibilidades de memoria, están constituidas por campos, en binario, que incluyen, necesariamente, el código de operación a realizar en la ULA y luego la o las direcciones de memoria donde se encuentran alojados los datos con los que se debe realizar la operación que define el código y la que eventualmente debe alojar el resultado de la operación.

191 En su construcción se utilizaron 6000 válvulas, 12000 diodos su consumo era de 56 KW, ocupaba casi 46 m² de superficie y pesaba casi 8 toneladas. La bibliografía hace constar que, para su operación eran necesarias treinta personas por cada turno de ocho horas.

192 La memoria utilizada era la de "línea de retardo" o de "propagación" basadas en los radares de esa época que, para evitar falsos ecos,

comparaban la señal corriente con la anterior y, si coincidían, la daban por válida. La información se enviaba a la memoria, se transmitía de un lugar a otro y, en el tiempo de transmisión si el sistema está bien sincronizado llega junto a la anterior, se comparan y, si corresponde se procesan. Para esto se utilizaba una memoria con tubos llenos hasta la mitad con mercurio. Una aguja toca la superficie del mercurio y, si llega una señal por la misma, una onda se propaga por el mercurio y aparece en el otro extremo del tubo. Con una adecuada sincronización se envía la misma señal y si en el tiempo de sincronía establecido llega luego de la primera, se trata de un uno, si no llega o si no se envía señal, se registra cero.

193 Este sistema era muy sensible a los cambios de temperatura, razón por la cual, mientras que el sistema de válvulas, diodos y condensadores debía refrigerarse, la memoria necesariamente debía mantenerse a 40°C para no registrar fallas de sincronismo.

194 El desarrollo de las computadoras siguió -sigue- la inexorable ley exponencial según la cual la velocidad de crecimiento de un colectivo natural o antrópico depende de la cantidad de elementos de ese colectivo en determinado momento. Así es como luego de estas máquinas -ENIAC, EDVAC- quienes han estudiado la evolución en el tiempo de las computadoras han definido "generaciones" basadas fundamentalmente en las tecnologías utilizadas para las mismas.

Primera generación

195 Obviamente ENIAC y EDVAC, junto a otras pertenecen a la llamada primera generación, caracterizada por tubos de vacío, tarjetas perforadas, tambores magnéticos, gran tamaño, lentas, caras y generadoras de gran cantidad de calor. Ni que hablar del esfuerzo de aquellos que debían escribir las instrucciones según el diseño al que se ha hecho referencia.

196 Al respecto y para evitar ese abrumador trabajo se desarrollaron programas denominados ensambladores que se encargan de traducir sentencias escritas en lenguaje ensamblador a lenguaje de máquina ejecutable directamente por la misma. En otras palabras, un ensamblador es un lenguaje mnemónico que se encarga de traducir los códigos nemotécnicos del mismo a código binario de computadora. Se logra un mayor control de la computadora, son más rápidos y hacen un mejor uso de los recursos disponibles. Pero ayyy... requieren un conocimiento profundo de la máquina con la que se está operando, son complejos, es costoso en tiempo realizar un

programa y no son portables entre máquinas. Es decir, cada modelo tiene su propio lenguaje ensamblador.

197 En este punto del desarrollo comienzan a verse, con nitidez, dos aspectos fundamentales de toda computadora. Por un lado la totalidad de los componentes electrónicos o electromecánicos que la constituyen, conjunto al que se da en llamar el soporte físico o hardware del equipo y, por otro, el conjunto de inteligencia transformada en programas que permiten la utilización del equipo con un fin determinado. Este conjunto suele denominarse soporte lógico y, casi exclusivamente, software.

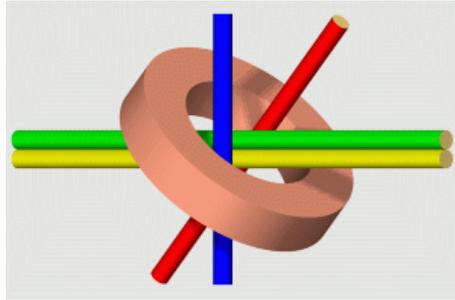
Revolución para el Cálculo

198 La AT&T (American Telephone and Telegraph), la empresa creada por Alexander Graham Bell, tenía un serio problema para las comunicaciones telefónicas de larga distancia: la pérdida de potencia de la señal transmitida por sus cables. Para solucionarlo debía tener a lo largo del trayecto -nada menos que costa este a costa oeste de los EEUU- estaciones de amplificación de dichas señales. Estas estaciones estaban equipadas con válvulas de alto consumo, generación de calor y frecuente necesidad de reemplazo.

199 En busca de una solución a este problema los laboratorios de la compañía, los "Bell Labs", contratan a tres grandes científicos: William Bradford Shockley, John Bardeen y Walter Houser Brattain. En 1947 utilizando materiales semiconductores, lograron entre noviembre y diciembre de ese año el primer transistor, destinado a reemplazar las válvulas de vacío. En 1956 los tres nombrados comparten el premio Nobel de física por considerarse su invento como el más trascendente del siglo XX.

Segunda generación

200 El avance de la tecnología permite reemplazar los tubos de vacío - válvulas- por transistores, más rápidos, más pequeños y más confiables mientras que las memorias se forman con anillos magnéticos -toros de ferrita-donde se almacenan datos y programas. Según fuese el sentido de su magnetización representaban un uno (1) o un cero (0). Estos anillos se enhebraban a mano!



201 Fabricantes de computadoras conformaron cada dirección de memoria con ocho (8) de estos anillos, dígitos binarios o, según sugerencia de Von Neumann para el nombre, 8 Bits, con un Bit más de paridad. Obviamente el menor valor posible es el octeto completado con ceros (0) mientras que el mayor es completarlo con unos (1) hecho que, en binario se corresponde con el decimal:

$$11111111)_2 = 1.2^7 + 1.2^6 + 1.2^5 + 1.2^4 + 1.2^3 + 1.2^2 + 1.2^1 + 1.2^0 =$$

$$128 + 64 + 32 + 16 + 8 + 4 + 2 + 1 = 255$$

202 En consecuencia, cada posición de memoria de 8 Bits o Byte como se la denomina en computación tiene capacidad para registrar 256 números. Utilizando varios Bytes consecutivos puede representarse cualquier número pero su extensión, en binario, es muy grande (demasiados unos y ceros). Por ejemplo, un conjunto de cinco Bytes pueden contener el número binario

1101001111100110001110100101101000010001

Aprovechando el hecho que cada cuatro (4) Bits cubren un rango que va del cero al quince, se plantea el sistema de numeración en base 16, denominado hexadecimal cuyos dígitos son:

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F

que, en cierta forma opera como una taquigrafía para el muy extenso binario. El número anterior, en este sistema, se escribe

D3E63A5A11

Y, por supuesto se desarrollan todas las reglas necesarias para operar con este sistema de base $b = 16$ y las correspondientes para los cambios de base que sean necesarios.

203 En el mismo orden de ideas se utiliza el sistema de numeración de base $b = 8$, en el que sus dígitos son:

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

Junto a sus reglas de operación y correspondientes cambios de base.

LENGUAJES DE ALTO NIVEL

204 En esta etapa se desarrollan dos lenguajes de alto nivel intercambiables entre equipos de distintas marcas. Uno de ellos es el FORTRAN, nombre formado por las primeras sílabas de la expresión FORMula TRANslation y el COBOL, formado por primeras letras de la sentencia COMmon BUssines ORiented Lenguaje, ambos comercialmente accesibles.

FORTAN

205 El primero de los nombrados -FORTRAN- se debe a la iniciativa de John Backus, nacido en Filadelfia en 1924. En 1942 ingresa al ejército donde, en base a pruebas de aptitud fue incorporado a estudios de ingeniería y luego de medicina sin éxito en ninguna de ellas. En 1946 deja el ejército. Se instala en Nueva York donde, por su afición a la música, busca un equipo de alta fidelidad no existente en esos momentos, razón por la cual se matricula en una escuela de técnicos de radio.

206 Allí colabora con uno de sus instructores en el ajuste de curvas para amplificadores de audio y nace su interés por la matemática. Se matricula en la Universidad de Columbia para estudiar dicha materia con la profundidad necesaria a sus deseos. En 1949, en ocasión de una visita a un centro de cálculo de IBM donde operaba una de las primeras computadoras de la firma denominada SSEC (Selective Sequence Electronic Calculator), expresa sobre sus capacidades al Director del tema. Resulta contratado para trabajar allí.



John Warner Backus 3 de diciembre de 1924, Filadelfia, Pensilvania, Estados Unidos; 17 de marzo de 2007, Ashland, Oregón, Estados Unidos. Premio Turing, Premio Charles Stark Draper

207 La monotonía del trabajo, con programas que ingresaban por medio de cintas de papel perforado motivó a Backus a elaborar un documento interno esbozando un nuevo lenguaje de programación. La empresa aprobó la iniciativa. Backus y el equipo que se le permitió formar, tenían listo un documento denominado *Preliminary Report, Specifications for the IBM Mathematical FORMula TRANslating System, FORTRAN*. En 1956, con cerca de 25000 líneas de código de máquina tuvo listo el compilador (traductor del lenguaje FORTRAN a código de máquina) almacenado en cinta magnética junto a un manual para su utilización.

208 Fue un lenguaje diseñado para matemáticos, ingenieros y científicos que, sin necesidad de conocer a fondo las características de las computadoras con las que trabajaban podían resolver sus problemas mediante un lenguaje amigable a esas profesiones, dejando de lado la pesada tarea de utilizar ensambladores. Se lo enseñaba en las escuelas de ingeniería para aplicarlo a problemas constitutivos de la curricula de dichas carreras. Aún se lo puede encontrar vigente en algunas aplicaciones debiendo consignarse que ha tenido varias actualizaciones: FORTRAN IV, FORTRAN 77, FORTRAN 2003, por ejemplo. Corresponde una mención a Conrad Zuse cuyo PLANKALKÜL tenía la misma orientación.

209 El autor de este trabajo utilizó FORTRAN II en un equipo IBM 1620 de 64 k. En el mismo, el compilador tenía "existencia real", era un

importante conjunto de tarjetas perforadas que era necesario colocar en la lectora de tarjetas del equipo cada vez que se trabajaba con un nuevo programa. Luego de leído el compilador, se colocaban en ese dispositivo de entrada tarjetas perforadas con las sentencias FORTRAN escritas -mejor dicho perforadas- por el usuario y, a medida que estas era leídas, se perforaban grandes cantidades de tarjetas, traducción al lenguaje de máquina de las sentencias FORTRAN escritas por el usuario.

210 Luego se tomaban esas tarjetas, cuyo contenido era desconocido para quien operaba la máquina, pero entendible por el equipo, se las colocaba en la lectora de tarjetas y, si con suerte eran leídas sin errores se colocaba detrás de ellas otro importante conjunto de tarjetas perforadas, denominadas "rutinas científicas", programas en lenguaje de máquina que permitían el cálculo, por ejemplo, del valor de funciones trigonométricas, logaritmos, raíces, etc., etc. Recién después de leídas estas rutinas se colocaban en la lectora los datos del problema a resolver.

211 Una máquina de escribir, tecla a tecla, imprimía resultados. Si estos eran los correspondientes al caso de prueba ya resuelto podía respirarse con alivio. Si no lo eran - en la mayoría de los casos en el primer intento no lo eran- era porque en el programa existía algún error de lógica. Se hacía entonces imperativo revisar todo lo hecho y repetir el ciclo descrito y desechar tarjetas inútiles. Como puede apreciarse era un asunto largo y oneroso hasta alcanzar resultados correctos.

COBOL

212 Finalizada la IIGM universidades y empresas desarrollan y construyen computadoras. Cada una de ellas con su lenguaje de programación de modo que no era posible la migración de un programa determinado de una computadora a otra, inclusive de la misma marca.

213 Se vislumbraba claramente que estas máquinas serían de notable utilidad en la gestión y administración de empresas o instituciones estatales y privadas y para la contabilidad de bancos, entidades financieras y de negocios. Naturalmente el hecho mencionado en el punto anterior conspiraba fuertemente en contra, dado que cada nuevo equipo requería capacitación de personal en su programación y desarrollo, prueba y operación de nuevos programas. Evidentemente algo no estaba bien.

214 Así lo comprendieron Burroughs, IBM, Honeywell, RCA, Sperry Rand y Sylvania. El gobierno de Estados Unidos también entendió el problema, en particular la Fuerza Aérea, la Armada y la Oficina Nacional de Estándares que en busca de un lenguaje común para las aplicaciones mencionadas, impulsaron la creación de la CODASYL (*Conference on Data Systems Languages*) en setiembre de 1959. Como suele ocurrir, la CODASYL se dividió en varias subcomisiones cuyos resultados no fueron muy auspiciosos, como suele ser habitual en las comisiones, salvo el de la subcomisión técnica en la cual tuvo una actuación destacada Grace Murray Hopper (*amazing Grace*) física y matemática con una maestría en matemática por la Universidad de Yale en 1930, de la armada que, en 1955, había desarrollado el lenguaje Flow Matic.



Grace Murray Hopper, 9 de diciembre de 1906 New York, 1 de enero de 1992, condado de Arlington, Virginia. Medalla Presidencial de la Libertad, Medalla Nacional de Tecnología e Innovación, IEEE Emanuel R. Piore Award, Contraalmirante en la Armada de los Estados Unidos de América

215 En seis meses esta subcomisión logró consenso en las características fundamentales que debí tener COBOL. Los respectivos compiladores se desarrollaron en 1960 y, el 6 y 7 de diciembre de ese mismo año tuvo lugar la "prueba de fuego" mediante un programa escrito en COBOL que fue corrido exitosamente en dos computadoras de distinto fabricante. Aun hoy continúa utilizándose.

216 Tanto para el FORTRAN como para el COBOL los tiempos actuales son un verdadero problema: quienes conocen la forma de utilizarlos se han retirado de la vida activa y es necesario buscarlos para adecuaciones, modificaciones y modernizaciones de los programas en uso. Pero no son

eternos. Se estima que hay en uso unos 250.000.000 de líneas de programa COBOL activas y ni se piensa que, por ejemplo, un banco, paralizará sus actividades durante un tiempo para volcar su gestión a más modernos sistemas.

De nuevo la tecnología

217 La firma Texas Instruments contrata en 1958 al ingeniero Jack St Clair Kilby quien tenía el propósito de estructurar los circuitos de radios, televisores y demás instrumentos que la electrónica del momento permitía en un solo trozo de material. Obviamente la intención era alcanzar el ahora denominado Circuito Integrado o Microchip donde en un material semiconductor se colocan una enorme cantidad de elementos electrónicos; diodos; transistores, resistencias y condensadores, todo en un espacio del tamaño, por ejemplo, de un botón.

218 El 12 de setiembre de 1958 tuvo éxito: en una pastilla de germanio de 6 mm de lado incorporó un transistor, tres resistencias y un condensador.

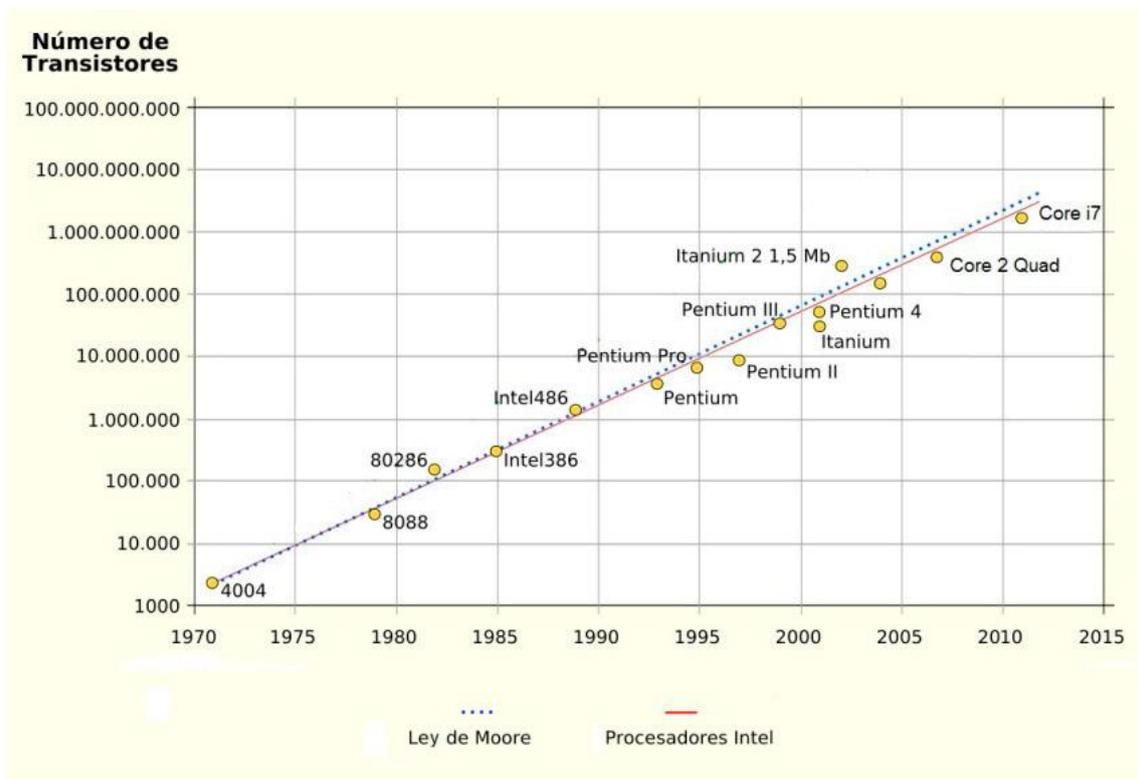


**Jack St Clair Kilby, 8 de noviembre de 1923; 20 de junio de 2005.
Universidad de Wisconsin-Milwaukee, Great Bend High
School, Universidad de Illinois, Urbana-Champaign
Año 2000 Premio Nobel de Física**

219 El descubrimiento experimental de Kilby demostró que los semiconductores pueden realizar las mismas funciones que los tubos de vacío integrados en grandes cantidades de pequeños elementos electrónicos en diminutos chips. Los circuitos integrados mas avanzados son los denominados microprocesadores utilizados en computadoras, en artefactos electrodomésticos; teléfonos celulares; automóviles; aplicaciones espaciales y, en fin en todo lo que actualmente pueda utilizar microelectrónica. Asimismo se han desarrollado con esta tecnología microchips de memoria.

220 Si bien el costo de diseño y desarrollo de un circuito integrado es alto cuando se reparte entre millones de unidades de producción el costo individual se reduce al mínimo.

221 La reducción de tamaño y la cantidad de componentes en cada uno de ellos está en permanente aumento. Al respecto, la denominada Ley de Moore señala que, cada 18 meses los fabricantes pueden duplicar el número de transistores en un chip. Se ha llegado a un punto donde corresponde hablar de nanotecnología para estos dispositivos electrónicos. El siguiente gráfico da una idea de la extraordinaria velocidad con que estos elementos se desarrollan:



Tercera generación

222 Los fabricantes de computadoras no sólo aprovecharon estos desarrollos sino que, en muchos casos, ellos mismos fueron motores en sus centros de investigación en el desarrollo de nuevos circuitos integrados para sus computadoras. Los circuitos integrados con miles de componentes electrónicos en cada uno permitieron computadoras más chicas, más rápidas, energéticamente eficientes y menos generadoras de calor. Alcanzan la

multiprogramación es decir, la capacidad de realizar en forma simultánea tareas de procesamiento y cálculos matemáticos. El desarrollo de programas utilitarios -software- genera una incipiente industria.

223 Modelos icónicos de esta generación fueron las IBM /360 y las PDP ambas con periféricos discos magnéticos y cintas magnéticas. Los primeros en gabinetes del tamaño de un actual lavarropas y las segundas del tamaño de un armario de un cuerpo.

224 Por supuesto las aplicaciones se diversificaron notablemente pero, los crecientes requerimientos de la defensa en materia balística, espacial, atómica, aeronáutica, comunicaciones y otras relativas al área, continuaron siendo privilegiadas. Obsérvese que, en los años en que se materializan estos avances, la denominada guerra fría estaba en su apogeo motivo por el cual se entiende necesario hacer referencia al desarrollo de esta temática "del otro lado de la cortina de hierro"

URSS

225 Varios factores afectaron el desarrollo de la computación en la Unión Soviética. El principal fue la falta de libertad de sus brillantes científicos que debieron trabajar en compartimentos estancos, sin relación entre ellos y mucho menos con lo que ocurría en occidente. El Comité Coordinador para el Control de Exportaciones Multilaterales, (COMECOM) prohibía a los países del bloque oriental la importación de computadoras occidentales. El segundo es el estricto secreto militar en el que se efectuaron los desarrollos en materia balística, atómica, espacial, etc. cada uno de ellos en forma independiente a los demás. Tercero, el costo de los mismos, costo que solamente podía ser soportado por un estado burocráticamente centralizado.

226 Esas, y otras razones, han impedido que la siempre brillante ciencia de Rusia ocupe el lugar que debería tener en la historia del desarrollo de los sistemas de cálculo. Todas las referencias coinciden en que fue el profesor Sergey Alexandrovich Lebedev, experto en sistemas de energía, a quien le cabe el primer lugar en esta historia. En 1949 él y su equipo son trasladados a Feofania, un suburbio de Kiev, donde en el mayor secreto desarrollan la MESM «Малая Электронно-Счётная Машина», Pequeña Máquina Computadora Electrónica, utilizada en importantes cálculos de balística, vuelos espaciales y otros relativos a la defensa.



Serguéi Alekséievich Lébedev, 2 de noviembre de 1902, Nizhni Nóvgorod, Rusia; 3 de julio de 1974, Moscú, Rusia.

Miembro del Partido Comunista

Premio Stalin; Premio Estatal de la URSS; Orden de la bandera Roja; Orden de Lenin; Heroe del Trabajo Socialista; Orden de la Revolución de Octubre; Orden de la Bandera Roja del Trabajo; Medalla por el Trabajo Valiente en la Gran Guerra Patriótica; Premio Lenin; Computer Pioneer Award.(IEEE)

BESM

227 Trasladado al Instituto de Mecánica de Precisión e Ingeniería Computacional, en Moscú, junto a sus colaboradores desarrolla una serie de computadoras de alto rendimiento, denominadas BESM *Большая Электронно-Счётная Машина*, Gran Máquina Computadora Electrónica con originales soluciones. Además de ser un científico de muy alto nivel para el tema, en el Instituto demostró ser un muy buen manager del desarrollo de sistemas complejos, repartiendo acertadamente obligaciones y responsabilidades entre sus colaboradores. Según la arquitectura de Von Neumann, la unidad aritmética fue responsabilidad de Golovístikov, la unidad de control le fue asignada a Neslukhovskiy y un importante conjunto de especialistas colaboradores. La BESM 1 fue terminada en 1952 y autorizada a funcionar por el omnipresente estado en 1953.

228 Fue la computadora más rápida de Europa. En su construcción se utilizaron 5000 triodos, memoria por líneas de retardo (ver) realizaba 10000 operaciones por segundo y consumía 35 Kw. Fue única y utilizada como modelo para la siguiente BESM 2 destinada a ser producida en serie. Entre 1958 y 1962 se construyeron 67 unidades. Se destacaron en su

adecuación y producción los ingenieros K. S. Neslukhovsky, A. N. Zimariov, V. A. Mélnikov y A. V. Aváiev y otros muchos.

229 Cada unidad tenía 4000 válvulas, 5000 diodos de germanio y una memoria constituida por 200.000 núcleos de ferrita. Realizaba 20.000 operaciones por segundo.

230 Las máquinas fueron distribuidas entre grandes centros de investigación según distintas disciplinas. En particular fueron utilizadas para las aplicaciones que permitieron llevar a cabo los primeros vuelos espaciales tripulados, colocación de satélites en órbita y otras misiones espaciales de la entonces URSS así como en la planificación económica del estado soviético.

231 La denominada BESM 3M fue desarrollada por O.P. Vasiliev en 1964 y fue exitosa en su funcionamiento. Se desarrolló a continuación la BESM 4 siendo esta la primera computadora soviética constituida por elementos semiconductores. La Comisión Examinadora Estatal dio un informe favorable sobre la misma lo que impulsó su utilización en diversas instituciones. Contaba con tambores magnéticos, entrada y salida por tarjetas perforadas, lectores de cinta magnética e impresora. Fueron construidas 30 unidades a partir de 1965.

232 Llega el turno de la opera magna de Lebedev, la BESM 6 concebida para la realización de 1.000.000 de operaciones por segundo. Cabe señalar que antes de su desarrollo su estructura se expresó en forma virtual utilizando para ello la BESM 2 y el álgebra de Boole. Lebedev es secundado en este emprendimiento por a V. A. Mélnikov, L. N. Koroliov, L. A. Zak, V. N. Laut, V. I. Smirnov, A. A. Sokolov y M. V. Tyapkin, A. N. Tomilin; V. A. Ivanov y V. Y. Semeshkin. Corresponde destacar que Lebedev aparte de sus superiores conocimientos del tema y de su capacidad de manager fue un enorme formador de especialistas, sentando las bases de una escuela en la materia.

233 La prueba del prototipo de 60.000 transistores y 180.000 diodos, se lleva a cabo en 1965 y, dos años más tarde la Comisión Examinadora Estatal emite un dictamen recomendando la producción en serie de la BESM 6 hecho que comienza en 1968 y llega hasta 1987 con mejoras continuas. En total se fabrican 350 equipos.



BESM 6

STRELA

234 La Oficina de Diseños Especiales 245 requirió una computadora para ser utilizada en temas de defensa y de planificación económica. El desarrollo fue encomendado a Yuri Bazilevsky y actuó como su primer asistente Bashir Rameyev. El diseño de STRELA (flecha en castellano) insumió 6.200 válvulas 60.000 diodos semiconductores. Operaba a 2.000 operaciones por segundo en coma flotante, la entrada era por cinta magnética o tarjetas perforadas. La salida era por cinta magnética, tarjetas perforadas o impresora.

235 En Moscú, en la Planta de Máquinas de Computación y Analíticas, (Московский завод счетно-аналитических машин) entre 1953 y 1957 fueron fabricadas siete máquinas STRELA. Fueron instaladas en los centros de computación de la Academia de Ciencias de la URSS; en el Instituto Keldysh de Matemática Aplicada de la Universidad Estatal de Moscú y en Ministerios relacionados con la Defensa y la Economía.

236 La siguiente imagen permite apreciar el tamaño de la computadora STRELA.



Computadora STRELA

Las computadoras M

237 Unos pocos meses antes que Lebedev terminase su MESM, otro importante científico ruso, Isaak Brook desarrolló el primer proyecto de computadora de la URSS con su correspondiente patente. La llamó M1 y comenzó a funcionar en 1952, con diodos semiconductores en vez de los varios miles de válvulas que utilizaban las otras máquinas. Tal vez por esa razón Brook fue el primero en proponer la utilización de pequeñas computadoras en los laboratorios.

238 El y sus discípulos Kartsev y Matujin crearon la M2 y la M3. Esta última fue núcleo inicial de las computadoras MINSK, ambas prestaron servicios durante 15 años en el Instituto de Energía



Isaac Brook 1902 -1974 miembro correspondiente de la Academia de Ciencias de la URSS

239 Kartsev fue el responsable de las M4, M10 y M13 utilizadas para la vigilancia del espacio y los alertas por ataques con misiles. En el instituto donde trabajó se creó un complejo de 76 computadoras alcanzando la extraordinaria cifra, para esa época, de 2.000.000.000 de operaciones por segundo. Matujin, por su parte, desarrolló el sistema para el control del espacio aéreo de la unión soviética.



Mikhail Alexandrovich Kartsev 10 de mayo 1923, Kiev; 23 de abril 1983, Moscú



M 13

Computadoras Personales

240 El Instituto de Cibernética de Kiev desarrolló con soluciones originales, en la década de los 60s, las computadoras personales Mir-1; Mir-2 y Mir-3. Al frente de este Instituto se encontraba Víctor Glushkov, otro nombre desconocido en occidente muy gravitante en el desarrollo de este tipo de computadoras. A decir de algunos historiadores de la informática,

los Mir pudieron ser las mejores computadoras personales del mundo. La decisión que más adelante se agrega frustró este desarrollo.



Victor Glushkov

241 Todo lo expresado hasta aquí permite efectuar las siguientes consideraciones:

- La mayoría de los desarrollos se realizan en Ucrania o por nativos de Ucrania.
- El poder, en ese entonces, estaba fuertemente centralizado en Moscú.
- No existía un protocolo para los sistemas operativos de las máquinas que se desarrollaban y construían.
- Las máquinas no podían "dialogar" entre sí, aun si eran desarrolladas en el mismo lugar. Un modelo no entendía al anterior.
- En virtud al secretismo imperante, los distintos lugares donde se hacían los desarrollos no intercambiaban información entre ellos.
- El **Comité para la Seguridad del Estado**, o **КГВ Комитет государственной безопасности** ejercía un estricto control en todos los ámbitos, en particular en los académicos en que tenían lugar los desarrollos. No le gustaba para nada que las computadoras manejasen información que suponían podía serles de utilidad.
- Los científicos abocados al tema eran de jerarquía similar o eventualmente superior a aquellos otros que, en occidente, desarrollaban similares actividades.
- Hubo más desarrollos que los mencionados precedentemente, cada uno en forma aislada de los restantes.
- Al comienzo de la década del 70 el desarrollo de computadoras llevado a cabo de la forma indicada, se había estancado con respecto a occidente.
- Una muy desafortunada decisión del estado frustró una posición que pudo llegar a ser dominante en el tema.

242 En 1969 las autoridades rusas decidieron paralizar todos esos desarrollos y crear computadoras basadas en la IBM /360. En otras palabras, decidieron efectuar tareas de espionaje y robo de hardware y software de ese sistema. Naturalmente, la KGB, agradecida. De entre todas las opciones posibles, esta parece ser la peor de todas. Obviamente, la mayoría de los antes nombrados, se oponía a esta decisión, pero no eran épocas donde esa oposición pudiese tener efectos o proclamarse, además de ser peligrosa.

243 Comenzó así, en virtud a la decisión antes mencionada, una etapa donde agentes de la KGB y también personal técnico ruso tomaba información de los desarrollos occidentales, en particular aquellos correspondientes al sistema de computación que el estado soviético había decidido copiar. La tarea de los desarrolladores fue muy grande en el campo de la ingeniería inversa, incluyendo la traducción de programas, adecuación a los medios disponibles y tiempo, sin alcanzar los resultados previstos. Es así que cuando logran la primer copia de la IBM /360 llamada ES EVM, en América ya estaba disponible el sistema /370,

244 Quienes tomaron la decisión antes mencionada tampoco entendieron que, a los fines buscados, debían ir por información sus científicos más capacitados. Es cosa sabida que, cuando un genio, encuentra otro de sus mismas capacidades, el diálogo es inmediato y salvo salvaguardas de seguridad nacional, es muy posible que quien busca respuestas las entienda de inmediato sin que sea necesario que su interlocutor viole algún secreto. Como no lo hicieron así, la tarea correspondió a agentes que, si bien tenían alguna capacitación en el tema, no podían dialogar de igual a igual con las más descolantes personalidades occidentales para el tema.

245 Por supuesto la situación fue aprovechada por occidente puesto que, aparte identificar, detener y/o deportar algunos agentes de la KGB, utilizó otros para facilitar "Caballos de Troya" a los soviéticos. Desde las comprobables medidas de los microchips solo compatibles en los países del COMECON,(25 mm en lugar de 25.4 mm) hasta improbables sistemas operativos que, en forma aleatoria, hacían sonar los compases del himno americano, hasta un sistema de control de poliductos que, luego de un lapso de correcto funcionamiento, abrió y cerró válvulas, generó picos de presión y colapsó el sistema. En fin, gentilezas de la guerra fría.

246 A pesar de este tipo de, llámense condescendentemente contratiempos, el clon ES EVM del sistema IBM /360 fue fabricado entre

los 60s y 1998. Alcanzaron una producción de más de 15.000 equipos. Mientras tanto, en occidente se fabricaron más de 120.000.

247 Todo el trabajo realizado dio lugar a una generación de especialistas del mejor nivel quienes, junto a sus descollantes formadores mencionados en puntos anteriores podrían haber hecho significativos aportes a la ciencia en general para este tipo de emprendimientos. Esto no ocurrió hasta que la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas colapsara y los intercambios con el mundo volvieron a tener lugar. Algunos de esos científicos emigraron a occidente. Vladímir Pentkovski, del Instituto Lebedev devino Jefe de Desarrolladores de microprocesadores de Intel. En 1995 Intel produjo el Pentium Pro, basado en el ruso EI 90 de 1990.

248 Acerca de China es muy escasa la documentación disponible sobre aspectos históricos a la que se ha podido acceder. Se estima que para el tema fueron asistidos por países occidentales, en particular por EEUU que, de esa forma, molestaba las espaldas del gran gigante ruso. Sus mejores especialistas fueron formados en occidente y, a la fecha, compiten en un absoluto pie de igualdad con el desarrollo occidental.

Retorno a occidente - Cuarta Generación

249 Por supuesto en occidente la industria de computadoras, comprendiendo hardware y software sigue su marcha de crecimiento inexorablemente exponencial, ingresando en la microelectrónica conformándose circuitos de alta densidad de muy alta velocidad y reducido tamaño lo que permite computadoras pequeñas y baratas (relativamente). Se acuñan los términos LSI sigla de *Large Scale Integration* y VLSI sigla de *Very Large Scale Integration*. Las memorias se hacen de silicio y se desarrollan las PC, computadoras personales.

250 Para determinada clase de problemas científicos se trabaja en supercomputadoras. Estudio del clima pasado, presente y futuro; simulación de fenómenos y catástrofes naturales, tsunamis, terremotos, deshielos, etc; simulación de explosiones nucleares; aerodinámica de modelos de avión analizando el flujo de aire alrededor del mismo; estudio del universo; moléculas de proteínas; genoma humano, etc. todos estos problemas requieren una enorme capacidad de cálculo. Tan es así que la potencia de

estas computadoras se expresa en petaflops (10^{15} floating point operations per second)

251 Son operadas por especialistas, requieren instalaciones especiales, aire acondicionado industrial, tienen un impacto social muy importante. Sólo existen menos de mil sistemas de este tipo en el mundo. Según datos recientes en [Asia](#) existen 267, en América 131, en Europa 101, en Oceanía 5 y, en África 3 equipos de estas características.



252 El desarrollo de la microelectrónica, que ha invadido prácticamente todos los ámbitos de la sociedad lleva a las grandes empresas de computación a la búsqueda de formas más sencillas de comunicación hombre-máquina. Para ello se han establecido programas denominados de quinta generación, se generaliza la utilización de computadoras personales PC y las mencionadas supercomputadoras. No hay más discos magnéticos de 8" o de 5 $\frac{1}{4}$ " o de 3 $\frac{1}{2}$ ", no hay más tambores magnéticos, no hay más CD y todo se limita a Pen Drives de muy alta capacidad para archivos, que habitualmente se transportan simplemente en un bolsillo.

253 Surgen o se perfeccionan nuevos campos de estudio e investigación científica y, de inmediato sus correlativas aplicaciones. A continuación se definen algunos de dichos campos tomando para ello lo que expone el diccionario de la Real Academia Española (RAE) de la lengua castellana.

CIBERNÉTICA (RAE) del gr. κυβερνητική *kybernētikḗ* 'arte de gobernar una nave'

- Creado y regulado mediante computadora.
- Perteneciente o relativo a la realidad virtual.
- Ciencia que estudia las analogías entre los sistemas de control y comunicación de los seres vivos y los de las máquinas.

INFORMATICA (RAE) Conjunto de conocimientos científicos y técnicas que hacen posible el tratamiento automático de la información por medio de computadoras.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL (RAE) Disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecutan operaciones comparables a las que realiza la mente humana, como el aprendizaje o el razonamiento lógico.

SISTEMA EXPERTO (RAE) Programa con capacidad para dar respuestas semejantes a las que daría un experto en la materia.

RED (RAE) Conjunto de computadoras o de equipos informáticos conectados entre sí y que pueden intercambiar información.

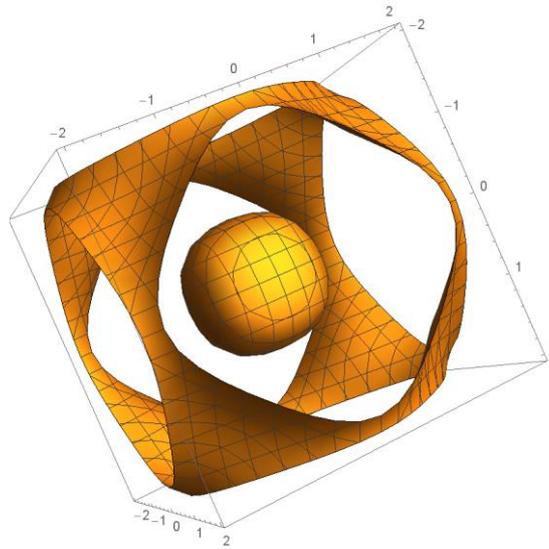
ROBOTICA (RAE) Técnica que aplica la informática al diseño y empleo de aparatos que, en sustitución de personas, realizan operaciones o trabajos, por lo general en instalaciones industriales.

254 Asimismo se han desarrollado **REDES NEURONALES** entendiendo bajo ese nombre a un modelo según el cual el cerebro humano procesa información. Para ello unidades abstractas de neuronas se interconectan de forma tal que la información de entrada atraviesa los distintos niveles hasta llegar al nivel de salida. Las unidades se interconectan entre sí mediante uniones ponderadas, es decir con un factor de peso determinado. La información de entrada atraviesa esta red ponderada y, al llegar al nivel de salida, permite ver y analizar un resultado. La red "aprende" cuando el resultado alcanzado no resulta compatible con el conocido. Por supuesto, esto implica repetir muchas veces un proceso en cada uno de los cuales la red modifica sus ponderaciones hasta que en determinado momento, los resultados resultan compatibles con el caso sometido a procesamiento en la misma. Esto significa que la red debe ser entrenada hasta que sus resultados sean precisos, momento en el cual se pueden someter a procesamiento casos cuyo resultado se desconoce.

255 Para científicos, ingenieros y técnicos existen paquetes de programas que permiten la realización de cálculos en forma prácticamente automática. Por supuesto, hay que conocer, y mucho, del tema en estudio y los comandos específicos del paquete en uso. Por ejemplo, si se consultan las capacidades del paquete denominado **MATEMATICA** se pueden encontrar comandos específicos para resolver ecuaciones diferenciales, problema de valores

iniciales o de contorno; sistemas de ecuaciones diferenciales; ecuaciones diferenciales en derivadas parciales; solución numérica de ecuaciones diferenciales; raíces de ecuaciones; sistemas de ecuaciones lineales; inversión de matrices; interpolación; transformaciones de Laplace y de Fourier; autovalores y autovectores; estadística y otra importante cantidad de comandos en aptitud de resolver casi cualquier problema de matemática avanzada.

256 Nota aparte merece la capacidad de MATHEMATICA para graficar en dos y en tres dimensiones. Aquí un ejemplo:



Computación cuántica

257 La llamada ley de Moore tiene un límite. Este ocurre cuando el tamaño de los elementos con que se construyen las computadoras, solo puedan ser analizados mediante los recursos que brinda la mecánica cuántica.

258 Las primeras ideas al respecto se deben a Paul Benioff quien, en 1981, habló sobre un ordenador que operase según algunos principios de la mecánica cuántica.

259 En 1982, el Dr, Richard Feymann del CALTECH (Nobel de 1965) presentó un trabajo en la "First Conference on the Physics of Computation" titulado Simulating Physics with Computers en el cual propuso el uso de fenómenos cuánticos para efectuar cálculos de gran complejidad a muy alta velocidad.

260 Siguiendo esa línea, en 1985 el físico de Oxford, David Deutsch describe el primer computador cuántico basado en la tesis de Church

Touring. Se trata de una tesis porque no ha sido demostrada, pero tiene aceptación universal.

261 90 aparecen los primeros algoritmos cuánticos, sus aplicaciones y las primeras máquinas capaces de procesarlos. En particular, el algoritmo de 1995 de Peter Shor, de los Bell Labs, para descomponer en sus factores primos un número dado. Es responsable del interés por la computación cuántica por su aplicación a la criptografía. Por su parte, el algoritmo de Grover realiza búsquedas en bases de datos desordenadas. El interés de Google por el tema parece obvio.

262 En 1993, Charles Bennett del centro de investigación de IBM descubre el fenómeno del teletransporte cuántico, abriendo así una línea de investigación para comunicaciones cuánticas.

263 La unidad de información en las computadoras hasta ahora descritas, es el Bit, dígito binario, cuyos valores excluyentes son 0 o 1. En las computadoras cuánticas la unidad de información es el Qbit o bit cuántico que, a diferencia del Bit puede tener múltiples estados simultáneamente en un momento dado, hecho que contribuye a reducir los tiempos de ejecución de algunos algoritmos de años a segundos. En 1998 investigadores de Los Álamos y del MIT dieron el primer paso para investigar la información que transporta un Qbit. En Berkeley fue presentada ese mismo año una máquina de dos Qbit y en 1999 en los laboratorios de IBM Almaden se creó una máquina de tres Qbit que logró ejecutar el algoritmo de Grover.

264 En el año 2000 científicos de Los Álamos National Laboratory (EE.UU) anunciaron un computador cuántico 7-Qbit. Utilizando un resonador magnético nuclear consiguieron aplicar pulsos electromagnéticos emulando la codificación en bits de los computadores tradicionales.

265 En el año 2001, IBM y la Universidad de Standford ejecutan el algoritmo cuántico de Shor en una computadora cuántica de siete Qbit, Se calculan los factores primos de quince obteniendo, como corresponde, tres y cinco. No parece nada maravilloso, salvo el hecho que el cálculo se realiza mediante 10¹⁸ moléculas de siete átomos cada una. Uhhhhh...

266 En la Universidad de Innsbruck (Austria) se anuncia que se ha creado el primer Qbyte con ocho Qbits mediante una trampa de iones. Esto ocurre en el año 2005, Instituto de Quantum Optics and Quantum Information. Una trampa de iones es un tubo al vacío donde, mediante campos eléctricos o magnéticos se capturan iones, siendo el ion una partícula cargada eléctricamente. ¡Tecnología! .

267 En 2007 el National Institute of Standards and Technology y la Universidad de Yale consiguen unir componentes cuánticos a través de superconductores que puede ser utilizado como memoria cuántica por un muy corto espacio de tiempo. Naturalmente esto implica el trabajo con muy bajas temperaturas.

268 Se consigue almacenar por primera vez un Qbit en el núcleo de un átomo de fósforo y se mantiene en el mismo por más de un segundo. Esto significa un gran avance para el almacenamiento de información cuántica.

269 Se crea, en el año 2009 el primer procesador cuántico de estado sólido. La comunicación con el dispositivo se realiza mediante fotones que se deslizan sobre componentes cuánticos unidos.

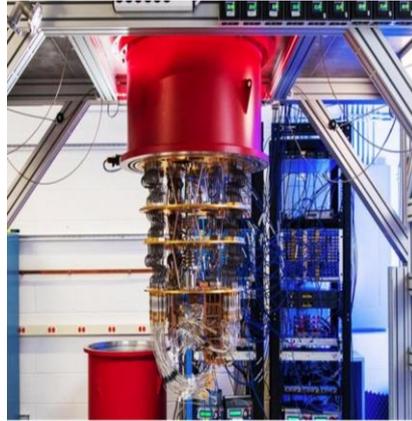
270 La empresa D-Wave Systems fabrica, en el año 2011, la primera computadora cuántica comercial.

271 IBM, comprometida en el desarrollo de computación cuántica, estima que en unos 10 o 12 años la informática cuántica podrá llegar a hogares y empresas.

272 Todos los "grandes" de la computación, IBM, INTEL, GOOGLE, D-WAVE SYSTEMS y varias universidades americanas y europeas trabajan en el desarrollo de la computación cuántica, invirtiendo para ello ingentes sumas de dinero. Varios estados hacen lo mismo, en particular China y EEUU

273 El año 2016 INTEL busca en el dominio del silicio un ordenador cuántico; en mayo de 2017 IBM presenta un computador cuántico; en 2019 presenta el IBMQ System One primer computador cuántico comercial combinando computación cuántica con tradicional generando un sistema de veinte Qbits para investigación y grandes cálculos. En septiembre la misma firma anuncia un próximo equipo cuántico de 53 Qbits.

274 En septiembre de 2019 "Google afirma haber alcanzado la supremacía cuántica" Según esa información, el procesador cuántico de Google completó una operación de cálculo en 200 segundos, tarea que a una computadora convencional le llevaría 10.000 años. Rápidamente IBM, competidora de Google en el tema, afirmó que a una computadora convencional, le llevaría dos días y medio no 10.000 años.



Procesador cuántico de Google

275 Los Qbits de esa máquina están en un chip de unos 3 x 3 centímetros del que emergen los conectores para los dispositivos de control. Todo está dentro de un gran termo, porque la superconductividad necesaria requiere temperaturas cercanas al cero absoluto (-273,15 °C) hecho que permite apreciar el grado de desarrollo tecnológico alcanzado y la imperiosa necesidad de investigar nuevos materiales para los cuales la superconductividad no requiera ese tipo de temperaturas.

276 Dado que este tipo de máquinas pueden romper los cifrados que protegen las computadoras tradicionales y, en consecuencia la seguridad nacional, se han vuelto de interés vital para estados nacionales. En esa línea, los EEUU y China han declarado a la computación cuántica una prioridad nacional. China invierte 400.000.000 dólares en un laboratorio cuántico mientras que el gobierno americano ha lanzado la Iniciativa Cuántica Nacional, prometiendo asignarle un presupuesto de 1.200.000.000 dólares para investigación y desarrollo en el tema.

277 Por supuesto semejante capacidad de cálculo puede aplicarse al desarrollo de nuevos medicamentos y materiales. Como no podía ser distinto, también se aplican para el desarrollo de códigos que no puedan ser descifrados por máquinas similares.

La Sociedad del Número

278 Todo esto tiene un enorme impacto en la sociedad. El número reina por doquier. El mundo de las finanzas y de los negocios, en última instancia, está basado en archivos numéricos que denotan movimientos y disponibilidades; las estadísticas generan y dan pronósticos de todo tipo; la economía puede evaluar cuanto debe crecer un determinado campo cuando

decisiones políticas postulan el crecimiento de otro u otros; la evaluación en tiempo real de parámetros numéricos biomédicos permite, por ahora en algunos casos pero seguramente se generalizará, el seguimiento del estado de salud del portador de los sensores correspondientes; los teléfonos celulares han transformado a quienes los poseen en lo que, en teoría de redes, se conoce como red fuertemente conexas, es decir " todos con todos" mediante mensajes numéricamente codificados.

279 Los aeropuertos son consumidores de información numérica; las torres de control permiten manejar con seguridad mediante señales numéricas el tráfico de decenas de aeronaves; las cabinas de las aeronaves comerciales están automatizadas mediante el procesamiento de la información numérica que proveen satélites y múltiples sensores de la propia aeronave y sus sistemas; un viaje local implica registro numérico en alguna memoria; los sistemas ferroviarios son controlados por computadoras; las redes de distribución eléctrica son manejadas numéricamente por computadoras; lo mismo ocurre con los poliductos; la situación patrimonial individual, si bien está protegida jurídicamente, es accesible numéricamente cuando así lo dispone el Poder Judicial (en una república, naturalmente); los automóviles y la mayoría de los electrodomésticos incluyen microchips en su diseño y así miles de ejemplos podrían añadirse a esta incompleta reseña

280 En general, los programas y los números detrás de todos esos sistemas no son visibles para los usuarios, pero están y son imprescindibles para que ese todo funcione coordinada y eficientemente. Pero también, por esa razón, aparece una vulnerabilidad tremenda. Quien tenga la inteligencia y los medios para intervenir en alguno o todos esos sistemas puede generar daños de una magnitud inimaginable. Imagínese sencillamente que algún poder altere el funcionamiento de las redes de distribución eléctrica nacionales y téngase de inmediato una idea del caos social que ello provocaría.

281 Por ese motivo términos como ciberguerra; ciberataque y ciberdefensa no son extraños para los entendidos en la materia. Es bastante obvio pensar que con recursos humanos de capacidades emergentes de los estudios y proyectos llevados a cabo en los campos antes mencionados se hayan desarrollado, tanto en oriente como en occidente las técnicas denominadas de ciberataques y ciberdefensas dado que cada vez más las sociedades y sus interrelaciones dependen cada vez más de los sistemas informáticos en que se basan.

282 Ni que hablar de las aplicaciones militares de estos desarrollos. Como muestra basta un ejemplo: la edición de setiembre de 2019, número 52, de *Jane's International Defense Revue*, en su página 44 al detallar el programa de actualización del *main battle tank* americano, el Abrams, menciona que ya no solo se requieren ingenieros mecánicos sino además científicos de computación: se jacta que el tanque tendrá una capacidad superior a 1.400.000 líneas de software.

283 Hágase un rápido repaso mental de los vehículos no tripulados aéreos, marítimos, terrestres y submarinos y se tendrá una apreciación, seguramente algo alejada de la realidad, del estado de desarrollo que se ha alcanzado en la materia. Con comunicaciones, satélites, radares, etc. y con números, por supuesto.

284 Un largo camino desde las muescas en los huesos de Ishango hasta hoy, Números. Inteligencia, ciencia, tecnología y números.

- (1) **Académico de Número, Academia Argentina de Ciencias Aeronáuticas y Espaciales.**
Profesor Consulto, Universidad Tecnológica Nacional.
Director de Proyectos. Dirección General de Investigación y Desarrollo,
Fuerza Aérea Argentina.

