

SOBRE LA PROGRAMACION DE COMPUTADORES, LOS LENGUAJES Y LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL(*)

Por FEDERICO ALICART GARCES
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Entre los grandes temas que preocupan a técnicos y científicos del mundo moderno destaca el problema de la inteligencia artificial.

Se trata de una materia delicadísima y controvertible; desde luego, ninguno de los computadores que actualmente utiliza el público posee verdadera inteligencia, pero hay razones para sostener que tales máquinas constituyen etapas previas a la evolución de otros sistemas cibernéticos más perfectos que, según eminentes investigadores, podrían conducirnos al asombroso fenómeno de la inteligencia artificial.

1. EL PROBLEMA

El gran matemático y filósofo británico, A. N. Whitehead, amigo y colaborador de Bertrand Russell, lanzó una de sus más extraordinarias paradojas contra aquellos educadores que propugnan la necesidad de que los niños y adolescentes adquieran el hábito de pensar por su cuenta durante la acción y aun antes de ella.

En opinión suya, nada más funesto que estar siempre pensando por cuenta propia; es preciso graduar nuestras actividades mentales y aplicarlas en el instante y lugar que sean inevitables; en los pueblos más progresivos se observa el predominio de aquellas operaciones mentales que se realizan casi instintivamente, sin esfuerzo intelectual y sin pensar en lo que se hace.

Whitehead compara las funciones intelectuales conscientes a las cargas de la caballería que deben limitarse en número dentro de un combate para tener siempre caballos de refresco y poder utilizarlos plenamente en los momentos y en los puntos decisivos de la batalla.

Whitehead murió casi nonagenario en 1947 y no pudo asimilar las dos revoluciones radicales de nuestra era; la nuclear y la informática.

Sus palabras constituyen una profecía de lo que habría de suceder veinte años después de su muerte.

El hombre occidental, liberado gracias principalmente al maquinismo, de la esclavitud impuesta a sus brazos para afrontar los tremendos y agotadores esfuerzos físicos, ha descubierto una herramienta que le libertará de los duros esfuerzos mentales, de los inacabables y aburridos cálculos aritméticos, del análisis de intrincadas situaciones jurídicas, administrativas o sociales; de los temores y vacilaciones que agobian al hombre de negocios, al gerente y al ejecutivo en la hora de las decisiones trascendentales cuando uno presiente que sus dones personales, intuitivos o carismáticos, no impartidos por Escuela Especial ni Universidad alguna, se ven desbordados por la complejidad creciente de las cuestiones a resolver, muchas veces, sobre la marcha.

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 31 de julio de 1971.

2. LOS COMPUTADORES

Alrededor del año 1950 abandonan los computadores el misterio de sus primitivos laboratorios y empiezan a difundirse públicamente.

En seguida las gentes se preguntaron: ¿para qué sirven los computadores?, ¿cómo funcionan?

Al principio eran simples máquinas de calcular, y de ahí su nombre. Hoy se sabe que el cómputo representa tan sólo un pequeño porcentaje de sus posibilidades, lo cual no es óbice para que en algunas partes sea confiada la enseñanza y manejo de estas máquinas al profesor de Cálculo Numérico, como disciplina secundaria y subordinada a ese Cálculo Numérico, cuando es precisamente el cálculo quien sufre revisiones, modificaciones y trata de ajustar sus métodos a las características de dichas máquinas.

No es posible responder en pocas palabras a aquellas dos preguntas: "¿para qué?, ¿cómo?"

La primera pregunta es un tanto obvia si se tiene en cuenta que las cosas se hicieron primero y su para qué después, y las computadoras no son una creación consumada, sino una creación evolutiva.

En realidad, este proceso evolutivo arranca de la España del siglo XIII, y su iniciador fue Raimundo Lulio, cuando tuvo la revelación de su famosa "Ars Magna", que le permitiría confundir a los infieles y establecer con toda certidumbre los dogmas de la fe.

Este suceso está registrado como la más antigua tentativa para descubrir verdades no matemáticas mediante esquemas geométricos y empleando también un dispositivo mecánico que habría de ser la primera máquina lógica.

Esta idea luliana nunca ha dejado de ser discutida, siempre recordada, muchas veces censurada, en ocasiones alabada, pero en nuestros días recobra su vigencia con los intentos y esperanzas de que las modernas máquinas adquieran una inteligencia artificial que venga en socorro y ayuda de nuestras sobreexcitadas y tendenciosas mentes.

Pero la cuestión que más preocupa en nuestros días es la comunicación del hombre con la máquina, porque la máquina no es una cosa inerte. Basta pensar en el dualismo hardware/software tan parecido en algunos aspectos al dualismo cuerpo/alma. El hardware de las máquinas actuales está mucho más desarrollado que el software disponible y, sobre todo, que el enlace entre ambos, o sea, los lenguajes.

Siguiendo la línea del pensamiento luliano podemos imaginar que algún día tendremos máquinas capaces de fallar y resolver intrincados problemas jurídicos como grandes litigios o recursos de alta trascendencia social, cuyas sentencias a golpes de inteligencia humana ocupan en todos los países páginas y más páginas de sus respectivos boletines oficiales.

Bastaría introducir en aquella máquina toda la legislación vigente relacionada con el caso particular que se contemple; a continuación se introducirían todos los datos, detalles y características de dicho caso particular; se oprimiría un botón de mando y la máquina desarrollaría internamente todas las cadenas de vistos, conside-

randos, otrosíes y resultandos, para ofrecernos su conclusión apodíctica sobre el recurso o el pleito.

Claro que la máquina tendrá que dominar todos los secretos de la lógica, con sus implicaciones, silogismos, tautologías, contradicciones, etc., para emitir su fallo en pocos segundos, con lo cual se acelerará en meses o en años el ritmo de la Justicia o puede tratarse de una máquina especializada en el cálculo de un cierto tipo de presas bóveda, de acuerdo con alguna teoría elástica o plástica muy intrincada que la máquina tiene bien aprendida y depositada en los arcanos de su memoria interna.

Entonces diseñaremos rápidamente una estructura provisional cuyas dimensiones geométricas, curvaturas y espesores serán introducidos en máquina juntamente con los códigos de las cargas y sobrecargas, empujes horizontales, subpresiones, variaciones térmicas y condiciones de sustentación para que la máquina nos ofrezca en pocos segundos los esfuerzos internos y deformaciones en cuántos puntos nos interesen e, incluso, pueda retocar automáticamente el diseño inicial hasta ofrecernos la solución óptima, de acuerdo con determinado criterio claramente preestablecido.

El día que sea realidad este sueño tan maravilloso no creemos que ningún Ingeniero sienta menoscabada su dignidad profesional recurriendo a tales artilugios que no tardarían en recibir una denominación más respetuosa; la conmoción en la Magistratura y los Tribunales sería mayor, pero creo que acabarían imponiéndose los oráculos mecánicos, si la sociedad reconoce que es de buena ley la inteligencia artificial de dichos aparatos.

Claro que todo esto hay que interpretarlo con un amplio margen de fantasía, aunque la posibilidad teórica de su realización está demostrada desde que el británico A. M. Turing diera a conocer, en 1936, sus célebres máquinas especializadas.

3. PROGRAMACION

Definido un algoritmo de cualquier especie sea o no de tipo numérico, Turing explicó un método general para proyectar una máquina especializada capaz de realizar automáticamente aquel proceso.

Así surgieron una infinidad de máquinas Turing, tantas como algoritmos distintos, a cada una de las cuales hizo corresponder como etiqueta un cierto número escrito en clave binaria.

Ese número o, mejor dicho, esa palabra del vocabulario engendrado por los caracteres 0, 1, representaba, en realidad, el programa ordenado de instrucciones ejecutadas por la máquina.

Bastará que el usuario introduzca en la máquina los datos correspondientes a cada caso particular para que, apretando un botón el proceso se desarrolle automáticamente hasta que, una vez detenida la máquina, tengamos registrada la respuesta en la misma cinta donde se estamparon los datos.

Pero en la práctica esta posición sería insostenible, pues haría falta disponer de tantas máquinas distintas como tipos de problemas a resolver y éstos son en número infinito.

Aquí es donde retorna la idea Iuliana: ¿No sería posible idear una máquina universal capaz de ejecutar cualquier algoritmo?

Con gran facilidad dio Turing su esquema de máquina universal, apenas más complicada que las máquinas especializadas, pero que, aparte los indispensables datos iniciales, tenía que ser alimentada con el programa correspondiente al algoritmo en cuestión.

Turing vio que este programa era precisamente aquella palabra o etiqueta propia de la máquina especializada.

La filosofía de las máquinas de Turing ha sido decisiva para diseñar los computadores electrónicos de programa almacenado que vinieron diez años después con el carácter de máquinas universales y que lo son en la misma medida que seamos capaces de programarlas.

Algún día la programación será una ciencia. Hoy es, a la vez, arte y rutina, según se trate de penetrar en nuevos campos o de reproducir el software facilitado por las casas constructoras.

En sentido amplio cabe distinguir dos etapas en la redacción de un programa.

La primera se llama análisis del sistema que trata de formular la estrategia más conveniente para atacar el problema; su objetivo es llegar a un organigrama tan claro, detallado y completo como sea preciso.

La segunda etapa consiste en desarrollar aquel organigrama en instrucciones aceptadas por la máquina disponible, mediante un lenguaje avanzado o simbólico.

3. LOS LENGUAJES

Cada constructor diseña, dentro de un contexto general, las computadoras que lanzará al mercado. Entre los elementos capitales figuran las funciones simples que la máquina ha de realizar, las posiciones de memoria interna que ha de poseer y el formato de las instrucciones codificadas en el llamado lenguaje máquina, que es un subconjunto del monoide $\{0, 1, \Delta\}$, estructurado según cierta gramática, donde Δ es la letra vacía, o sea, el blanco sobre el papel o cinta.

Hay máquinas de una, de dos, de tres y hasta cuatro direcciones.

Por ejemplo, el formato de una instrucción de cuatro direcciones, consta de cinco parte:

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \Sigma,$

cada una de las cuales es un número binario que representa:

α el código de la función a realizar.

β, γ indican las posiciones de memoria de donde la máquina ha de extraer los datos de la operación aritmética o lógica.

δ es la posición de memoria donde la máquina depositará el resultado de la operación.

Σ señala la posición de memoria donde está registrada la instrucción que debe ser ejecutada apenas termine la instrucción en curso.

En el caso de máquina con instrucciones de una sola dirección, el formato sería:

$\alpha \beta$

α sigue siendo el código funcional.

β es la dirección de uno de los operandos, mientras el otro ya está situado en un registro llamado acumulador.

El resultado de la operación queda registrado en el acumulador.

Así nos ahorramos las partes γ, δ de la instrucción.

También sobra la parte Σ si la próxima instrucción se busca en la casilla inmediata del programa previamente introducido en memoria.

En torno a estas ideas básicas hay un sinfín de variantes que los programadores conocen perfectamente.

Así:

010100 000000 101001 010101 110101 101111
 α β

representa una instrucción en cierta máquina de dirección única con posiciones de memoria de 36 bits.

Cuando la unidad de control extrae esa instrucción de la memoria analiza el significado de la clave:

010 100

y en seguida busca el operando, situado en la posición de memoria, cuya identificación es el número β , formado por los 30 dígitos binarios restantes.

Todo ello es efectuado por la máquina en minúsculas fracciones de tiempo que pueden ser del orden de los micro, de los nano o incluso de los pico-segundos.

Este es el lenguaje máquina, el único que la máquina entiende cuando se trata de operar.

Creemos que un Ingeniero Superior está obligado a conocer el lenguaje propio de la máquina que maneje usualmente, aunque en la práctica procurará eludir por todos los medios lícitos el empleo de tal lenguaje.

En este lenguaje-máquina se redactaron los primeros programas del cálculo electrónico, presentándose dificultades de tal magnitud que, caso de no ser vencidas habría peligrado la difusión de los nuevos computadores.

Era preciso construir una plataforma intermedia entre los lenguajes de las máquinas y el lenguaje natural del hombre que las maneja.

En un principio, tales puntos de apoyo fueron dos lenguajes artificiales llamados Assembler y Autocode que aún perduran y suelen estudiarse en algunos Centros.

Pero tenían el grave defecto de estar demasiado próximos a la máquina y demasiado alejados del hombre y su problema.

Hubo que intensificar las investigaciones, y entre 1954 y 1957 se desarrolló el lenguaje Fortran; en 1958 se dio a conocer la primera versión del Algol, seguida del Algol 60, del Algol 62 y del Algol 1968; en 1960 empezó a utilizarse el Cobol.

Se trata de tres importantísimos lenguajes de programación, verdaderos lenguajes artificiales inspirados en los siguientes principios:

- 1.º El lenguaje debe estar exento de toda ambigüedad.
- 2.º El programador no necesita conocer el lenguaje-máquina.
- 3.º Los programas deben ser adaptables a una extensa gama de computadores.
- 4.º El lenguaje debe tener un amplio efecto multiplicador para que una sola instrucción escrita en el nuevo lenguaje engendre (mediante un programa auxiliar llamado compilador o traductor) el mayor número posible de instrucciones en código-máquina.
- 5.º Que este compilador, encargado de convertir el programa fuente en el programa objeto, sea lo más sencillo y rápido posible.
- 6.º Que los símbolos y caracteres básicos del lenguaje artificial guarden la máxima analogía posible con los símbolos, expresiones y tecnicismos del problema que se quiere resolver.

Esta última condición implica cierta tendencia para aproximar el lenguaje hacia las características del problema, lo cual es una gran ventaja que puede prácticamente comprobarse en los dos grandes lenguajes científicos, Fortran y Algol; cualquier Ingeniero, tras un brevísimo aprendizaje que puede cifrarse en horas, está en condiciones de iniciar sus trabajos de programación en un computador electrónico.

Ahora bien, el cálculo numérico, pese a su extraordinaria importancia, es tan sólo una pequeña parte, y no la más revolucionaria ni trascendental, en el radio de acción de los computadores electrónicos.

Conviene insistir en esta idea, pues se cree erróneamente que los computadores sólo sirven para calcular del mismo modo que a fines del siglo XIX se creía que el átomo era, por definición, indivisible.

Los modernos computadores son capaces de realizar procesos algorítmicos muy diversos; entre los cuales figuran los numérico-deterministas como el cálculo de un logaritmo, de una integral, la resolución de un sistema de ecuaciones, etc., pero hay procesos no numéricos ni deterministas que pueden tratarse mediante computador, y este es precisamente el campo de mayor interés y donde reside el futuro esplendoroso de los nuevos autómatas, precursores de las máquinas cibernéticas que nos esperan en un futuro bastante próximo.

Uno de los primeros y más insignes ejemplos de tales máquinas cibernéticas es el jugador de ajedrez presentado por el Ingeniero de Caminos Torres Quevedo en la Exposición Universal de París (año 1900).

Torres Quevedo se anticipó a su época, y aquel trabajo suyo, tan lleno de futuro, fue considerado entonces como un curioso juguete. Hoy sabemos que ese juguete contenía en sus entrañas varias ideas claves del porvenir que nos espera; los lenguajes, la programación y la inteligencia artificial.

Pero de esto trataremos en otro artículo.