

Aportaciones a la computación de Alan Turing y Jhon Von Neumann

Carlos Alberto Hernández Velázquez

Universidad Autónoma del Estado De México

Unidad Académica Profesional Tianguistenco

Ingeniería de Software

Tenango del Valle

2020

## Introducción

Abarcaremos un poco de la vida de Alan Turing quien es considerado uno de los padres de la ciencia de la computación y precursor de la informática moderna. Proporcionó una influyente formalización de los conceptos de algoritmo y computación: la máquina de Turing. Formuló su propia versión que hoy es ampliamente aceptada como la tesis de Church-Turing. Von Neuman John von Neumann fue un matemático húngaro-estadounidense que realizó contribuciones fundamentales en física cuántica, análisis funcional, teoría de conjuntos, teoría de juegos, ciencias de la computación, economía, análisis numérico, cibernética, hidrodinámica, estadística y muchos otros campos.

Sus aportaciones y el cómo son importantes para el avance computacional basándonos en fuentes bibliográficas.

## Desarrollo

### Alan Turing:

Su carácter inconformista y sus ganas de saber hicieron que a los ocho años creara su propio laboratorio de química en casa. A pesar de las críticas que recibía por parte de sus profesores seguía investigando y mostrando sus habilidades para los estudios resolviendo problemas atípicos para su edad.

Se formó en el colegio King's College (Universidad de Cambridge) y, tras finalizar, se trasladó a la Universidad de Princeton. En 1935 ya era profesor en King's College.

Una de sus creaciones fue la máquina de Turing. Consiste en un dispositivo que manipula símbolos sobre una tira de cinta de acuerdo con una tabla de reglas. A pesar de su simplicidad, puede ser adaptada para simular la lógica de cualquier algoritmo de computador y es particularmente útil en la explicación de las funciones de una CPU dentro de un computador.

Obtuvo el Doctorado en Princeton en 1938 y fue en su discurso dónde trató el término de hipercomputación, el cual ampliaba las máquinas de Turing con las denominadas máquinas oracle, que permitían el estudio de los problemas para los que no existe una solución algorítmica.

Durante la Segunda Guerra Mundial trabajó descifrando códigos nazis. Sus inteligentes observaciones matemáticas dieron lugar a la ruptura de los códigos de la máquina Enigma y de los codificadores de teletipos FISH. Fue en 1970 cuando sus trabajos de ruptura de códigos se pusieron al descubierto.

Creó el primer programa de ajedrez por computadora, generando así un debate sobre la inteligencia artificial que actualmente sigue teniendo cabida. Además, trabajó en el desarrollo de la cibernética junto con Norbert Wiener.

### El Entscheidungsproblem:

Consistió en un problema creado por Hilbert en el año 1928. En cierto sentido, la «decidibilidad» era una pregunta simple, es decir, dada una proposición matemática,

uno podría encontrar un algoritmo que decidiría si la proposición era verdadera o falsa. Para muchas proposiciones, fue fácil encontrar dicho algoritmo. La dificultad real surgió al probar que para ciertas proposiciones no existía tal algoritmo.

Cuando se le dio un algoritmo para resolver un problema, quedó claro que no existía la definición de un algoritmo lo suficientemente riguroso como para permitirle probar que no existía ninguno. Turing comenzó a trabajar en estas ideas.

Lo que los matemáticos llamaron un método «efectivo» para resolver un problema fue simplemente uno que podría ser llevado por un empleado matemático humano trabajando de memoria. En la época de Turing, a esos trabajadores mecánicos se los llamaba de hecho «computadoras», y las computadoras humanas llevaban a cabo algunos aspectos del trabajo que luego realizaban las computadoras electrónicas.

El Entscheidungsproblem buscó un método efectivo para resolver el problema matemático fundamental de determinar exactamente qué enunciados son comprobables dentro de un sistema matemático formal dado y cuáles no. Un método para determinar esto se llama método de decisión.

En 1936, Alan Turing y Church demostraron independientemente que, en general, el problema del Entscheidungs no tiene resolución, lo que demuestra que ningún sistema formal consistente de aritmética tiene un método de decisión efectivo. De hecho, Turing y Church demostraron que incluso algunos sistemas puramente lógicos, considerablemente más débiles que la aritmética, no tienen un método de decisión efectivo.

Este resultado y otros frustraron las esperanzas, mantenidas por algunos matemáticos, de descubrir un sistema formal que reduciría la totalidad de las matemáticas a métodos que las computadoras (humanas) podrían llevar a cabo. Fue en el curso de su trabajo sobre el problema Entscheidungs que Alan inventó la máquina universal de Turing, Una máquina de computación abstracta que encapsula los principios lógicos fundamentales de la computadora digital.

### Números computables:

En su obra “On Computable Numbers” señaló que un número computable era un número real cuya extensión decimal podría ser generada por una máquina de Turing iniciando con una cinta en blanco.

Alan Turing mostró que  $\pi$  era computable, pero comprendió que la mayoría de los números reales no lo son. Luego describió un número que no es computable y señala que esto puede ser una paradoja ya que parece haber descrito en términos finitos, un número que no puede describirse en términos finitos. Sin embargo, Turing entendió la fuente de la aparente paradoja. Es imposible decidir si una máquina de Turing con una tabla dada de instrucciones generará una secuencia infinita de números.

### Tesis Turing-Church:

Un paso importante en el argumento de Turing acerca del Entscheidungsproblem fue el reclamo, ahora llamado tesis Church-Turing, de que todo lo humanamente computable también puede ser computado por la máquina universal de Turing.

La afirmación es significativa porque marca los límites de la computación humana. Church en su trabajo utilizó la tesis de que todas las funciones humanas computables son idénticas a lo que él llamó funciones definibles de lambda (funciones en los enteros positivos cuyos valores pueden calcularse mediante un proceso de sustitución repetida).

Alan Turing demostró en 1936 que la tesis de Church era equivalente a la suya, demostrando que cada función definible de lambda es computable por la máquina universal de Turing y viceversa. En una revisión de la obra de Turing, Church reconoció la superioridad de la formulación de la tesis por parte de Turing sobre la suya propia.

### Análisis criptográfico:

Cuando se declaró la guerra en 1939, Alan Turing rápidamente se mudó para colaborar sin descanso en el Código de Gobierno y la Escuela Cypher en Bletchley Park. Aunque el trabajo realizado en Bletchley Park estaba cubierto por la Ley de Secretos Oficiales, mucho se ha convertido recientemente en conocimiento público.

Las ideas brillantes de Turing para resolver códigos y desarrollar computadoras para ayudar a romperlos, pudieron haber salvado más vidas de personal militar en el curso de la guerra que cualquier otro. Asimismo, este fue un momento feliz para él, de la mano con WG Welchman, Turing creó el Bombe, una máquina fundamentada en el estudio previo de los matemáticos polacos, que desde finales de 1940 estaba descifrando todos los mensajes radiales transmitidos por las máquinas Enigma de la Luftwaffe.

#### Diseño de computadoras:

En 1945, terminada la guerra, Turing fue reclutado en el National Physical Laboratory (NPL) en Londres para crear una computadora electrónica. Su diseño para el Automate Computer Engine (ACE) fue la primera computadora digital multiuso.

Si el ACE de Turing se hubiera construido como lo había planeado, habría tenido mucha más memoria que cualquiera de las otras computadoras tempranas, además de ser más rápido. Sin embargo, sus colegas de NPL pensaron que la ingeniería era demasiado difícil de intentar, y se construyó una máquina mucho más pequeña, el Modelo Piloto ACE (1950). Después de la llegada de Turing a Manchester, sus principales contribuciones al desarrollo de la computadora fueron diseñar un sistema de entrada y salida (utilizando la tecnología de Bletchley Park) y diseñar su sistema de programación. También escribió el manual de programación, y su sistema de programación fue utilizado en Ferranti Mark I, la primera computadora comercializable (1951).

#### Máquina de Turing:

Una máquina de Turing es una máquina teórica que maneja cifras en una tira de cinta, basada en una tabla de patrones. Aunque la máquina de Turing es simple, se puede adaptar para replicar la lógica asociada con cualquier algoritmo de la computadora. También es particularmente útil para describir las funciones de la CPU dentro de una computadora.

Alan Turing inventó la máquina de Turing en 1936, y se refirió a ella como una «máquina automática».

Esta invención no pretende ser una tecnología informática funcional; en cambio, pretende ser una máquina hipotética que representa una máquina informática. La máquina de Turing puede ayudar a los científicos informáticos a comprender los límites de la computación mecánica.

Algunas frases que nos recuerda a Turing:

“La ciencia es una ecuación diferencial, la religión una condición de frontera”.

“Una computadora puede ser llamada inteligente si logra engañar a una persona haciéndole creer que es humano”.

“Sólo podemos ver poco del futuro, pero lo suficiente para darnos cuenta de que hay mucho que hacer”. (Universia, 2017)

Jhon Von Neumann

En el ámbito de las ciencias de la computación, el trabajo de von Neumann supuso una gran palanca para el desarrollo de computadoras más complejas y avanzadas. Propuso la adopción del bit como unidad de medida de la memoria de las computadoras y, además, desarrolló el concepto de los “bits de paridad” para poder paliar la aparición de errores, por ejemplo, por culpa de componentes no fiables.

El nombre de von Neumann se asocia, fundamentalmente, a dos aspectos de su carrera: el Proyecto Manhattan y su contribución al desarrollo de la computación. Como bien recoge el libro La Catedral de Turing, von Neumann siempre consideró sus teorías sobre computación por encima del desarrollo de la bomba atómica o la estrategia de disuasión nuclear:

Compañías como IBM o Standard Oil e instituciones como el MIT o la Universidad de Yale se peleaban por tenerle entre sus filas. IBM necesitaba a von Neumann para desarrollar sistemas que se pudieran implantar en las empresas, Standard Oil le Requería para realizar estudios analíticos para localizar nuevos yacimientos de petróleo. Sin embargo, su carrera se centró en el mundo de las computadoras, en ese

momento con fines militares -la simulación de explosiones o el cálculo de la trayectoria de misiles-, pero con la visión como para crear un modelo estándar que funcionase en cualquier ámbito o aplicación: separar el software del hardware, crear un modelo de computador universal.

John von Neumann es uno de los responsables de sentar los pilares sobre los que se apoyan las computadoras actuales. En 1936, Alan Turing propuso la “máquina computadora universal” (conocida como “Máquina de Turing”), un computador que utilizaba una memoria para almacenar datos y también las instrucciones a ejecutar; un modelo teórico que también visualizaron J. Presper Eckert y John Mauchly en 1943 mientras trabajaban en el desarrollo del ENIAC.

¿Y en qué consiste la arquitectura de von Neumann? Según el modelo de von Neumann, los distintos bloques funcionales que conforman una computadora deben estar siempre conectados entre sí; dicho de otra forma, no hay que modificar el hardware o su configuración a la hora de ejecutar un programa. Con esta idea de partida, la arquitectura constaba de los siguientes bloques funcionales:

Unidad central de proceso (CPU), núcleo central de la computadora y encargado de realizar las operaciones básicas y de gestionar el funcionamiento del resto de componentes.

- Memoria principal, lugar en el que se almacenan tanto datos como instrucciones.
- Buses, es decir, el conexionado que permite la comunicación entre los distintos bloques funcionales del sistema.
- Periféricos, los elementos que se encargan de tomar datos (teclado), mostrarlos en alguna salida (un monitor) o comunicarse con otros sistemas.

La CPU, a su vez, está formada por dos bloques: la unidad de control y la ALU (unidad aritmético-lógica). La unidad de control es la encargada de leer las instrucciones que hay en la memoria (es decir, el programa a ejecutar) y se encarga de enviar las órdenes a los componentes del procesador para así ejecutar las instrucciones que marca el Programa (decodificando las instrucciones y enviando las órdenes necesarias al resto de componentes del procesador). Para realizar esta función, la unidad de control



cuenta con un “contador de programa” que, secuencialmente, recorre las distintas posiciones de memoria y va recopilando los datos e instrucciones. Por otro lado, la unidad aritmeticológica (ALU) es la responsable de realizar operaciones aritméticas (sumas, restas...) y lógicas (NOT, AND, OR, XOR...) con los datos recibidos. (Embargo, 2015).

El modelo de von Neumann ha sufrido distintos ajustes y modificaciones a lo largo del tiempo; sin embargo, su esencia se mantiene y es un modelo de referencia que estudian los ingenieros de todo el mundo en sus primeros años de estudios.

Gracias a la arquitectura de von Neumann, además del desarrollo del EDVAC, se pudieron desarrollar computadoras como la Manchester Mark I (en cuyo equipo de desarrollo estuvo Alan Turing y que se convirtió en una de las primeras máquinas en usar memoria RAM para demostrar las ventajas del uso de programas almacenados en memoria), el IAS de Princeton, el UNIVAC 1101 o la Whirlwind del MIT.

En 1951, el MANIAC I era capaz de trabajar durante 60 días seguidos haciendo cálculos; una gran simulación que se desarrolló para obtener las condiciones óptimas de detonación de una bomba de hidrógeno. El objetivo estaba vinculado a la tensión de la “Guerra Fría”; sin embargo, el MANIAC era mucho más que eso.

El MANIAC I, que se basaba en la arquitectura de von Neumann, fue la primera computadora capaz de calcular una previsión meteorológica de un día en menos de 24 horas (hasta ese momento el pronóstico del día siguiente requería más de 1 día de cálculos y eso, evidentemente, no servía para nada) y, cuando no estaba haciendo cálculos de índole militar, el matemático Nils Aall Barricell realizaba cálculos para demostrar que las mutaciones aleatorias eran suficientes para que se produjese la evolución de una especie.

Von Neumann y los “replicantes”:

A principios de los años 50's, von Neumann se preguntaba si era posible una máquina que fuera capaz de autorreproducirse en una máquina más compleja o si habría una Contradicción lógica a esta idea, como eran tiempos de postguerra se carecía del material para hacerla. A sugerencia de Stanislaw M. Ulam, matemático que ideaba

juegos para computadora, von Neumann construyó un modelo matemático abstracto, en dos dimensiones, para el análisis de la máquina, ya que de esta forma sería más susceptible a la demostración; consistía en un tablero de damas, donde cada casilla podría estar en cualquiera de los 29 estados diferentes definidos por von Neumann. El estado de cada célula de la siguiente generación dependía de los cuatro estados más cercanos de las células vecinas en forma ortogonal. (Delta, 2020)

Aunque von Neumann es conocido por su arquitectura, hay otra faceta de su trabajo relacionada con el mundo de la robótica y el concepto de “replicante”. Conocida como Máquina de von Neumann, este concepto teórico dibujaba la posibilidad de crear máquinas que fuesen capaces de autoreplicarse; unas máquinas que pudieran recoger materias primas de su entorno y, además de recopilarlas para su utilización (por ejemplo, en el ámbito de la minería), pudieran ser procesadas por las propias máquinas para construir réplicas de sí mismas.

El concepto, que tiene cierta similitud a los “replicantes” de la serie de ciencia-ficción Stargate SG-1, estaba pensado para trabajos repetitivos como, por ejemplo, la extracción de mineral y se apoyaba en la replicación para que, de manera indefinida y exponencial, se pudiese aumentar el rendimiento de explotación gracias a la escalabilidad horizontal de la maquinaria (crecen las máquinas y, cada una, se va replicando).

Las máquinas de von Neumann estaban definidas en base a 8 componentes básicos y cuatro elementos lógicos que, además, no violaban ninguna ley física. Por tanto, la teoría de von Neumann está apoyada en principios que podrían ser viables.

Tanto es así, que, pasados los años, conocemos estructuras que son capaces de replicarse de manera autónoma. Los virus, por ejemplo, son capaces de replicarse y extenderse de computadora en computadora y, además, en el ámbito de la impresión 3D, proyectos como RepRap parten de la base de la auto-replicación para construir la propia impresora. (Embargo, 2015).

En 1956, la Comisión de Energía Atómica le concedió la primera medalla Enrico Fermi por sus notables aportaciones a la teoría y al diseño de las computadoras electrónicas. La relación de reconocimientos que obtuvo a lo largo de su corta vida es interminable.

Von Neumann, además de tener una portentosa inteligencia y una memoria prodigiosa, era una persona muy divertida. En su juventud, frecuentaba los cabarés de Berlín y en su estancia en Princeton eran famosas sus fiestas. Murió de cáncer el 8 de febrero de 1957 en Washington, a los 53 años. Se cree que el cáncer fue debido a la exposición a la radioactividad, en sus estancias en el laboratorio de los Álamos. (Astromía, 2020)

## Conclusiones

Sin duda alguna Von Neumann contribuyó a lo que hoy conocemos como la estructura de una computadora, la arquitectura, la ram, procesador, aunque gran parte de su vida la dedicó al ámbito militar, realizó grandes contribuciones y gracias a él, podemos usar computadoras y tomar clases virtuales.

Lo que realmente me impresionó es que haya adoptado la unidad de medida “bit”.

En el caso de Turing, mis respetos, ha contribuido en demasiadas cosas, criptografía, la máquina de Turing, y sobre todo “la bomba”, la computadora que descifraba los códigos Nazis.

## Referencias

Astromía. (29 de Octubre de 2020). *Jhon Von Neumann, energía nuclear y ordenadores*. Obtenido de Astromía:  
<https://www.astromia.com/biografias/vonneumann.htm>

Delta. (29 de Octubre de 2020). *Antecedentes Jhon Neumann*. Obtenido de Delta Cs:  
<http://delta.cs.cinvestav.mx/~mcintosh/oldweb/s1997/todos/node3.html>

Embargo, S. (22 de Agosto de 2015). *John von Neumann, el genio detrás de la computadora moderna*. Obtenido de Sin Embargo MX:  
<https://www.sinembargo.mx/22-08-2015/1454842>

Informática, G. S. (30 de Octubre de 2017). *Alan Turing, el padre de la Inteligencia Artificial*. Obtenido de Expertos en Información TIC:  
<https://foc.es/2017/10/30/4006-alan-turing-el-padre-de-la-inteligencia-artificial.html>

Universia. (07 de Junio de 2017). *10 frases para recordar a Alan Turing, el padre de la computación*. Obtenido de Universia:  
<https://www.universia.net/es/actualidad/habilidades/10-frases-recordar-alan-turing-padre-computacion-1153114.html>