

Alang Turing y la manzana envenenada (2ª parte)

JOAQUÍN COLLANTES HERNÁNDEZ
Y ANTONIO PÉREZ SANZ

Como veíamos en la primera parte de este artículo, Alan Turing se hizo popular en *Bletchley Park* a partir del verano de 1940 por sus aportaciones en la fabricación de varias máquinas precursoras de los computadores: las *Bombe* y las *Colossus*.

Sin embargo, no será ninguna de estas máquinas la que alcance la más alta cota de notoriedad en la historia de las matemáticas y de la computación, sino una que nunca llegaría a construirse: una máquina virtual, la única que llevará el nombre de su autor.

La máquina de Turing: 1938

En el año 1938 Alan Turing presenta lo que se llamaría la máquina de Turing, una máquina teórica en la que sería posible aplicar el concepto de algoritmo y que sería el referente fundamental de la computación. El matemático ya había trabajado sobre la idea de una máquina abstracta –no real-, una máquina teórica capaz de transformar con absoluta precisión operaciones previamente definidas en símbolos sobre una cinta de papel.

David Hilbert, en el Congreso Internacional de Matemáticos de 1900, formuló la pregunta de si debe existir, al menos en principio, algún método definido

En puertas del
tercer milenio

mediante el cual toda cuestión matemática pueda ser demostrada, es decir, un algoritmo de respuesta universal. Se trataba del problema de la decisión, que en alemán él llamó *Entscheidungsproblem*: «dada una proposición determinada, ¿podemos encontrar un procedimiento concreto para saber si es cierta o no?»

A su vez, en Cambridge, y en 1931, Bertrand Russell, como filósofo y matemático sostenía que la lógica era el sólido soporte para las verdades matemáticas, mientras que Kurt Gödel había enunciado un célebre teorema conocido como el Teorema de incompletitud de Gödel.

En uno de sus trabajos, Turing trata de resolver el problema formulado por Hilbert y sienta las bases teóricas de la moderna computación. Sin embargo, durante su estancia en Cambridge y a pesar de su

...toda función computable por la naturaleza humana es computable por una máquina.

admiración por Russell, fue consciente de que para contestar a la pregunta de Hilbert necesitaba una de-

finición del concepto «método». Para ello analizó qué era lo que hacía una persona para realizar un proceso metódico y buscó la forma de hacer esta misma operación mecánicamente. Expresó el análisis en términos de una máquina teórica que sería capaz de transformar con precisión operaciones elementales previamente definidas en símbolos en una cinta de papel. Este concepto, también conocido como la máquina de Turing, se considera la base de la teoría moderna de la computación.

En agosto de 1936 presentó la idea final de la Máquina de Turing como máquina universal en su artículo *On Computable Numbers*. Ya desde sus primeras publicaciones científicas, el matemático concibe su proyecto como una máquina autómatas que sería el origen abstracto de una computadora y considerada como máquina inteligente.

En su estudio *Los números computables*, con una aplicación al *Entscheidungsproblem* publicado en 1936, Turing reformuló los resultados obtenidos por Kurt Gödel en 1931 sobre los límites de la demostrabilidad y la computación, sustituyendo el lenguaje formal universal descrito por Gödel por lo que hoy se conoce como máquina de Turing, unos dispositivos formales y simples no utilizados hasta entonces. A la vez, demostró que su máquina sería capaz de implementar cualquier problema matemático que pudiera representarse mediante un algoritmo, introduciendo también el concepto de números definibles.

La máquina de Turing consta, como los modernos ordenadores, de dos partes bien diferenciadas: la máquina en sí, o unidad de procesamiento, y un programa de instrucciones que se ejecuta desde una me-



Escultura de Turing ante la máquina *Enigma*

moria diferente. Se anticipa, de hecho, al propio concepto de sistema operativo al definir su máquina universal como capaz de llevar a cabo cualquier tarea computacional y a lo que más tarde se conocerá como el problema de parada, situación que se produce cuando la máquina llega a un estado en el que la tabla de reglas no tiene una instrucción de cómo seguir.

También expondría su pensamiento en el trabajo *Computing Machinery and Intelligence*, aparecido en la revista *Mind* posteriormente, en 1950, lo que supone una visión científica y filosófica en el origen de las grandes transformaciones que darán lugar a la idea de una sociedad tecnológica de la información. El tiempo demostraría que se convertiría en la bandera de los defensores de la Inteligencia Artificial.

No hay nada humano, incluido el pensamiento, que no pueda ser reproducido por una máquina inteligente, ya que –según afirmaba Turing– toda función computable por la naturaleza humana es computable por una máquina. El llamado «Test de Turing» (si bien ese nombre fue acuñado con posterioridad tras el fallecimiento de su autor) era el procedimiento para identificar la existencia de inteligencia en una máquina y daba respuesta acerca

El test de Turing es un desafío: a través de una conversación no presencial ... una persona no avisada debe determinar si está hablando con otra o con una máquina.

de la capacidad de las máquinas para resolver problemas con mayor eficacia y rapidez que el cerebro humano. La complejidad, los nuevos lenguajes de la máquina, los conceptos de algoritmo y programa, las funciones

de memoria y la noción de inteligencia artificial subyacen en la adelantada visión de Alan Turing.

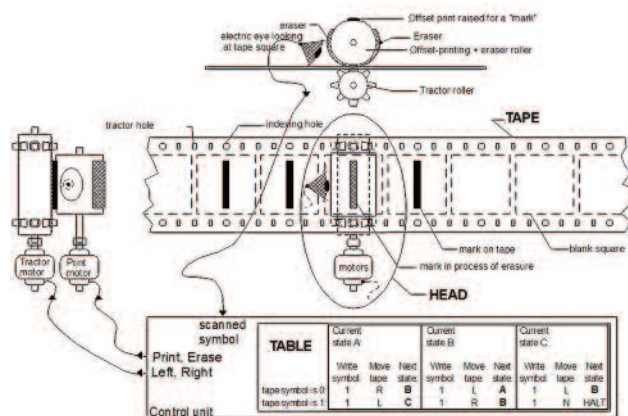
El test de Turing es un desafío: a través de una conversación no presencial –tipo *chat* actual– una persona no avisada debe determinar si está hablando con otra o con una máquina. Si la persona no es capaz de determinar si con quien se comunica es humano o máquina, se considerará que la máquina ha alcanzado un nivel aceptable de inteligencia.

Turing demostró que no había ninguna solución para el problema de la decisión, el ya citado *Entscheidungsproblem*, probando que el problema de la parada para las máquinas de Turing era irresoluble, ya que no era posible decidir algorítmicamente si una máquina de Turing dada llegaría a pararse o no. Turing publicó su demostración después de que Alonzo Church publicara una demostración equivalente en el *American Journal of Mathematics*, en 1936. Esta demostración de Alonzo formaba parte del estudio titulado «Un problema irresoluble en la teoría de números elemental». En él, Alonzo probaba, igual que Turing, aunque con un enfoque diferente, que no existe un proceso de decisión en la aritmética. Esta demostración se basaba en una notación formal, a la que llamó «cálculo lambda», para transformar todas las fórmulas matemáticas a una forma estándar. Pero el estudio

La máquina de Turing

Una máquina de Turing se compone de cuatro elementos básicos:

- Una cinta imantada con memoria dividida en celdillas sobre la que se leen o escriben símbolos de un alfabeto dado.
- Un cabezal de lectura/escritura.
- Una tabla de reglas que indican qué leer/escribir moviendo el cabezal a la izquierda o a la derecha y que nos lleva, en cada momento, a un cierto estado elegido entre un conjunto finito de ellos.
- Un registro de estados.



Esquema-modelo de la máquina de Turing

de Turing es mucho más accesible e intuitivo. Ambos trabajos tuvieron profundas consecuencias para el desarrollo posterior de las ciencias de la computación y la inteligencia artificial.

La máquina de Turing, a pesar de su contundente nombre, nunca llegó a construirse, quedándose en una máquina teórica capaz de definir qué clase de problemas serían capaces de tratar los ordenadores o lo que se denominaba entonces la máquina inteligente del futuro. A partir de la idea de Máquina de Turing otros investigadores realizaron, ya en el futuro que él había augurado, trabajos y experimentos de simulación que dieron paso al nacimiento y desarrollo de dos de las disciplinas más apasionantes surgidas durante el siglo XX: la computación y la inteligencia artificial.

...su asistenta encontró su cuerpo acostado en la cama. Sobre la mesilla de noche había una manzana a la que le faltaba un bocado.

bierno inglés, en agradecimiento, lo condecorara con la Orden del Imperio Británico en 1946. Pero el matemático se había convertido, a los ojos de quienes lo vigi-

laban, en alguien susceptible de ser manipulado —como creador y concededor de importantes secretos militares— por potencias extranjeras. Sobre todo, por la potencia que más preocupaba al llamado mundo occidental: la URSS, antes aliada y amiga; y ahora, amiga-enemiga.

Los computadores, ya en plena fase de experimentación y construcción, aparecieron como un instrumento imprescindible para todo tipo de cálculos y operaciones impensables apenas tres años antes. En Estados Unidos la energía atómica (después del lanzamiento de las primeras bombas atómicas sobre las ciudades japonesas de Hiroshima y Nagasaki) se presentaba como la panacea occidental disuasoria y agresiva, y daba el pistoletazo de salida para lo que se llamó la carrera atómica. La histeria de los gobiernos implicados a punto estuvo de provocar una nueva y seguramente definitiva confrontación mundial.

Así pues, los conocimientos de Alan Turing tenían un gran valor estratégico y científico como pionero de la teoría para la construcción de las computadoras con el añadido de que muchas de sus teorías y trabajos eran considerados secreto militar.

A partir de la estabilización europea, ya en la década de los cincuenta, Turing viajó como turista a diversos países europeos —especialmente a Grecia, en aquella época considerada punto de encuentro del turismo homosexual—. Eso incrementó el nerviosismo de los que no habían dejado de vigilarle. Si siempre fue sospechoso de vulnerabilidad dada su condición homosexual, ahora se le conside-

La guerra fría: 1950

Tras la derrota de la Alemania nazi comenzó otra guerra, una guerra de desconfianzas entre los antiguos aliados, estableciéndose una situación de enfrentamiento contenido que se conocería con el nombre de Guerra Fría.

Los técnicos de *Bletchley Park* volvieron a la vida civil. Muchos de ellos siguieron trabajando para el Estado en distintos puestos de responsabilidad; otros fueron contratados por empresas privadas; los hubo que volvieron a la universidad para hacerse cargo de la labor docente abandonada; y hubo quienes se trasladaron a Estados Unidos atraídos por mejores posibilidades para seguir investigando y por las también mejores retribuciones económicas.

Pero para los servicios secretos ingleses y americanos especialmente, todo el que hubiera tenido un cargo de responsabilidad en las tareas de investigación durante la guerra era una persona a vigilar. La Guerra Fría trajo como consecuencia el espionaje al haber quedado Europa dividida en dos bloques antagónicos. Los antiguos aliados recelaban y se vigilaban.

Terminado su importante labor, Alan Turing se convirtió en una persona molesta pese al reconocimiento público de su enorme valía y de que el go-

raba un peligro para la seguridad de más de un estado occidental, obsesionados como estaban por la expansión del comunismo. El matemático, acostumbrado a estar en guardia permanente, se dio cuenta de que era vigilado, lo que acrecentó su hipersensibilidad. Se hizo aún más introvertido y solamente confiaba en sus familiares y en un puñado de amigos.

Turing recibió, como científico prestigioso que era, la invitación del *National Physical Laboratory* (NPL) de Londres para colaborar, en el marco del proyecto ACE (Máquina de Computación Automática), en el diseño de un ordenador con las características de una máquina digital electrónica que tuviera la posibilidad de almacenar datos en un programa llamado «de memoria». El matemático aceptó el encargo al ver la oportunidad de construir una máquina a la que trasladar sus ideas sobre computación y sobre Inteligencia Artificial. Pero al comprobar que el proyecto en desarrollo en los laboratorios del NPL no avanzaba al ritmo por él requerido dimitió de su cargo.

En la primavera de 1948 aceptó la invitación de Maxwell Newman y ese mismo año se incorporó a la Universidad de Manchester como director asociado del *Royal Society Computing Machine Laboratory*. Lo hizo con la esperanza de que los avances en sus investigaciones fueran más rápidos que en su anterior destino.

Alan Turing había conocido a Maxwell Newman en un curso impartido por éste en Cambridge, en 1935. Ya desde ese primer encuentro se estableció una sólida admiración entre ambos. A partir de 1938 volvieron a coincidir en Bletchley Park. Al término de la guerra, en 1945, Newman fue nombrado catedrático de matemáticas

puras en la Universidad de Manchester, con el encargo de crear un nuevo departamento en el que se aprovechara la experiencia y conocimientos adquiridos en Bletchley Park para diseñar y construir máquinas inteligentes. Las máquinas serían construidas con fines científicos y no militares, y especialmente utilizadas en álgebra y topología. Newman tuvo carta blanca que se materializó en el generoso patrocinio de la *Royal Society* para que creara la *Royal Society Computing Machine Laboratory* en dicha universidad. Newman encargó a Turing la dirección de todos los aspectos matemáticos de la computación.



Estatua de Turing con una manzana en el parque Sackville de Manchester

Tras la dimisión de su cargo en el NPL, Turing decide pasar el curso académico 1947-48 en la Universidad de Cambridge centrando su interés y estudios tanto en los computadores y su programación como en estudios de psicología, biología y neurofisiología. De su interés por la biología y la psicología nacería años más tarde el término inteligencia artificial. Según Andrew Hodges, uno de sus biógrafos, en esta época mantuvo una relación sentimental con un estudiante de matemáticas del *King's College* de Cambridge llamado Neville Johnson, lo que le acarreó las críticas, cuando no la repulsa, de sus compañeros de claustro.

Por aquel entonces volvió con especial intensidad a una actividad que en realidad nunca había abandonado del todo: la práctica del deporte y, sobre todo, del atletismo. Como miembro del *Walton Athletic Club* ganó las carreras de las 3 y las 10 millas, batiendo el record establecido. También corrió la maratón amateur de 1947 llegando a la meta en quinto lugar.

Por aquel entonces volvió con especial intensidad a una actividad que en realidad nunca había abandonado del todo: la práctica del deporte y, sobre todo, del atletismo. Como miembro del *Walton Athletic Club* ganó las carreras de las 3 y las 10 millas, batiendo el record establecido. También corrió la maratón amateur de 1947 llegando a la meta en quinto lugar.

Una vez en Manchester y en el equipo de Maxwell Newman, Turing participó como encargado del software responsable del funcionamiento del ordenador y en la creación de los ordenadores Manchester Mark1 y Mark2 que más tarde recibirían el nombre de MADAM (*Manchester Automatic Digital Machine*) y que entrarían en servicio en el verano de 1958. Eso le supuso participar en el proyecto que le acercaba a sus sueños: la construcción de una máquina inteligente o, lo que es lo mismo, de un ordenador.

El test de Turing y 2001: una odisea en el espacio

Curiosamente, Alan Turing fijó el año 2000 como fecha límite en que las máquinas –los ordenadores– pasarían el Test de Turing asegurando que el hombre y la máquina conversarían y se entenderían, manteniéndose siempre la máquina al servicio del hombre, como enfoque básico de la inteligencia artificial.

El novelista Arthur C. Clarke popularizó este tema en su relato *The sentinel* (El centinela), publicado en 1951 con el título de *The sentinel of Eternity* y que posteriormente daría lugar a la novela *2001: una odisea en el espacio*.

Sin embargo, lo que haría extraordinariamente popular el tema de la inteligencia artificial fue la versión cinematográfica de dicha novela dirigida en 1968 por el inglés Stanley Kubrik. En esa película de culto y del mismo título que la novela el ordenador HAL 9000 (Clarke utiliza las siglas de IBM, desplazándose un lugar a la izquierda en el alfabeto) emociona a los espectadores al morir recordando a su creador y las canciones que éste le enseñaba.

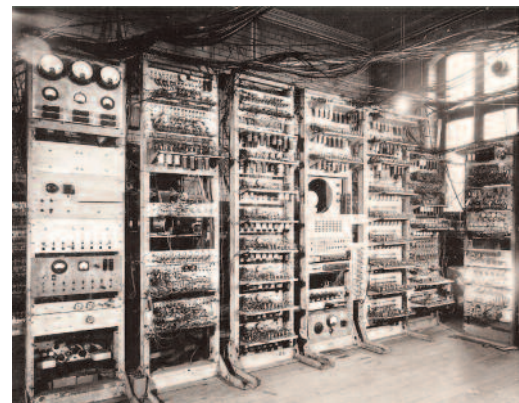
Tal vuelta a la actualidad dio lugar a que en el año 1990 se estableciera el Premio Loebner para los programas «más inteligentes». La convocatoria es anual y las pruebas están basadas en el test de Turing. Hay un premio especial de 100.000 dólares para el primer programa que los jueces no puedan distinguir de un ser humano verdadero, que incluya descifrar mensajes y la comprensión de textos, con entradas visuales y auditivas. Este premio se otorgará una sola vez. Aún no ha sido concedido.

En la actualidad tenemos a nuestro alcance una aplicación muy popular del famoso test. Se trata del conocido método de identificación *anti-spam* mediante signos distorsionados que permite determinar si el usuario es humano o se trata de una máquina. Su nombre, CAPTCHA, es el acrónimo de *Completely Automated Public Turing Test to Tell Computers and Humans Apart*.

Lo que sorprendería a Alan Turing es el hecho de que sean ordenadores los que deciden si el interlocutor es una máquina o una persona.

Manchester MARK 2

En esta etapa realizó estudios más abstractos como lo demuestra el ya citado artículo *Máquinas de computación e inteligencia* publicado en el mes de octubre de 1950. Las máquinas diseñadas en los laboratorios de Newman abordaban todo tipo de cuestiones: desde el tratamiento de ecuaciones diferenciales y álgebra de matrices en problemas prácticos procedentes de ámbitos tan variados como la biología, la industria aeronáutica o la distribución de electricidad, hasta la resolución de problemas para el diseño de sistemas ópticos, el análisis de Fourier en cristalografía, o la resolución de problemas de ajedrez –otra de las pasiones de Turing– entre otras muchas aplicaciones.



El ordenador *Manchester Mark2*

La construcción de este ordenador, en una época tan necesitada de noticias positivas como era la posguerra, causó admiración en Inglaterra. El periódico *The Times*, en un artículo publicado el 30 de noviembre de 1950, publicaba: «En un cuarto de hora puede hacer un cálculo que hecho a mano (si ello fuera posible) llenaría medio millón de hojas de papel».

En el año 1951 Turing fue nombrado *Fellow* (miembro) de la *Royal Society*. Recibió este nombramiento por su contribución al desarrollo de las máquinas inteligentes desde sus primeros trabajos y a la publicación, en

agosto de 1936, de su artículo *On Computable Numbers* donde presentó el concepto final de la Máquina de Turing como máquina universal. Este año centró gran parte de su trabajo en la aplicación de la teoría matemática a las formas biológicas y, en concreto, en morfogénesis. Publicó en 1952 un trabajo sobre esta materia titulado *Fundamentos Químicos de la Morfogénesis* en el que realiza un estudio teórico sobre morfogénesis, el desarrollo de patrones y formas en organismos vivos.

Su interés por comprender la omnipresencia de los números de Fibonacci en las estructuras vegetales junto a la búsqueda de simetrías y sus perturbaciones le llevó a proponer la idea de algoritmo genético. Utilizó ecuaciones de reacción-difusión que actualmente son cruciales en el campo de la formación de patrones. Además, en su ensayo *Chess*, creó el prototipo del jugador de ajedrez automático.

El final de la maratón: ¿suicidio o asesinato?

En febrero de 1952 Alan Turing mantenía relaciones homosexuales con un joven de 19 años llamado Arnold Murray. Durante un fin de semana en el que tenía que hacer un viaje dejó solo a su amante en su casa de Wilmslow, en el condado de Cheshire. A su regreso, su amigo había desaparecido y con él algunos objetos cuyo valor era más sentimental que económico. Pero todo se complicaría con la llegada de una carta en la que se le amenazaba con un chantaje. El matemático cometió el error de denunciar el robo a la policía, lo que llevaría a que durante la investigación se descubriese

...su asistenta encontró su cuerpo acostado en la cama. Sobre la mesilla de noche había una manzana a la que le faltaba un bocado.

la relación homosexual entre denunciante y denunciado.

En la Inglaterra de aquella época la homosexualidad era considerada un acto impropio, ilegal y delictivo (fue ilegal hasta el año 1967). La prensa

sensacionalista se hizo eco del caso y la policía se interesó más en investigar la vida del matemático que en perseguir al ladrón al considerar este delito como menor. Turing aceptó las acusaciones, convencido como estaba de no tener que dar explicaciones a nadie sobre su orientación sexual, y en el mes de febrero de 1952 fue detenido para ser juzgado el 31 de marzo de 1952 acusado de mantener una relación sexual con un varón. El proceso tuvo un gran eco entre la comunidad científica internacional. Finalmente fue condenado, pero dado su enorme prestigio se le dio a elegir entre ingresar en prisión o someterse a un tratamiento hormonal para reducir la libido. Un procedimiento absurdo, represor y castrante propio de una época hipócrita en la que lo importante era mantener una normas sociales que se desintegrarían apenas quince años después.

Por temor a que su ingreso en prisión afectara a su ya deteriorado prestigio, Turing eligió la opción del tratamiento de inyecciones con estrógenos que le aplicaron durante un año y que le producirían humillantes alteraciones físicas en su cuerpo de atleta, como un considerable aumento de peso, la aparición de pechos y disfunciones eréctiles. Hundido en una profunda depresión, se encerró todavía más en sí mismo, eludiendo la compañía de sus íntimos. Así, se centró aún más en su trabajo con una dedicación al límite unida a una gran creatividad científica, ya que al parecer iniciaba un nuevo proyecto sobre lo que denominaba una nueva mecánica cuántica. A todos sus problemas se unía la presión a que se veía sometido al estar bajo el juramento de secreto, debido al Acta de Secretos Oficiales que el estado inglés impuso a todos los investigadores que trabajaron en temas clave en Bletchley Park.

En plena Guerra Fría Turing siguió trabajando para la Oficina Central de Comunicaciones del Gobierno



La manzana mordida de Apple

(GCHQ), tan en secreto que ni siquiera lo supieron sus compañeros de la universidad de Manchester. Turing se sentía halagado al haber sido reclamado para esta importante misión. Tras el juicio la GCHQ le retiró la acreditación. La Seguridad del Estado estaba preocupada por la actividad de un científico considerado emocionalmente inestable, homosexual, y juzgado por ello, tendente a la depresión y con muchos amigos científicos extranjeros o residentes en el extranjero, que tenía completo conocimiento de actividades secretas, no sólo las realizadas en Bletchley Park sino también las que se estaban desarrollando en ese momento, cuya divulgación hubiera sido considerada un riesgo para la seguridad nacional.

Alan Turing falleció el 7 de junio de 1954. Al día siguiente su asistente encontró su cuerpo acostado en la cama. Sobre la mesilla de noche había una manzana a la que le faltaba un bocado. (Quizás el logotipo de la compañía Apple sea un merecido homenaje al padre de la informática).

El examen posterior descubriría que la manzana contenía una alta dosis de cianuro, suficiente para causar la muerte de quien comió una porción tan pequeña. A pesar de que la policía determinó muerte por suicidio, su familia y sus amigos dividieron sus opiniones entre muerte accidental y muerte intencionada. La madre del matemático siempre sostuvo la tesis de que su hijo se había envenenado accidentalmente al ingerir el cianuro por no tomar las debidas precauciones con las sustancias químicas con las que trabajaba en su laboratorio, incluidos venenos que guardaba en recipientes sin etiquetar, incluidas tazas y azucareros. Así, a su juicio, el accidente habría ocurrido al ingerir cianuro accidentalmente depositado en un recipiente o incluso impregnado sobre sus dedos después de realizar experimentos de química sobre electrolisis. O incluso, ya puesta a imaginar, por envenenamiento accidental del sabio despistado al tocar la manzana con los dedos

manchados de cianuro que la contaminación. Teorías todas que no se sostienen más que para los que desean sostenerlas. Sus amigos, mucho más suspicaces, siempre mantuvieron la teoría nada desdeñable de la conspiración para eliminar al hombre que incomodaba a los gobiernos de Inglaterra y de Estados Unidos.

La revista *Time* publicó, en marzo de 1999, la lista de las veinte personas más influyentes del siglo XX: Alan Turing, el hombre que sabía demasiado, formaba parte de ella.

En las últimas olimpiadas celebradas en Londres, el día 23 de junio de 2012 la antorcha olímpica se detuvo un breve instante en el parque Sackville de Manchester. Se inclinó simbólicamente ante la estatua de Alan Turing como justa manifestación de un reconocimiento universal que llegaba demasiado tarde.

Referencias

- LAHOZ-BELTRÁ, R. (2005), *Turing. Del primer ordenador a la inteligencia artificial*, Nivola, Madrid.
- FRUTOS ESCRIG, D. (2012), «Alan Turing. Una aproximación personal a su obra», *La Gaceta de la RSME*, vol. 15, nº 4.
- LEAVITT, D. (2007), *Alan Turing: el hombre que sabía demasiado*, Editorial Antoni Bosch.
- Breaking the Code* (Película), Gran Bretaña (1996), Herbert Wise (director), Hugh Whitemore (Guión), basada en el libro *Alan Turing: The Enigma*, de Andrew Hodges. Reseña en artículo de Alfonso Jesús Población Sáez en: <www.divulgamat.es>

ANTONIO PÉREZ SANZ
IES Salvador Dalí (Madrid)
SMPM

JOAQUÍN COLLANTES HERNÁNDEZ
<tercermilenio@revistasuma.es>