

Alan Turing

El pionero de la era de la información

B. JACK COPELAND



Lectulandia

¿Quién fue Turing, y cuáles fueron sus logros durante sus 41 años de vida? Hoy es mejor conocido como el genio que descifraba las comunicaciones secretas de los alemanes durante la segunda guerra mundial. Fue también el padre de la informática moderna: cada vez que hacemos clic para abrir un archivo, estamos poniendo en práctica sus ideas y sus visiones. Pero fue también un hombre que se preguntaba si a los ordenadores les podrían gustar las fresas con nata, o si serían capaces de componer música. Un genio introvertido, de curioso aspecto y sentido del humor infantil, que sufrió una humillante condena por ser homosexual y acabó su vida envenenado con arsénico (¿se suicidó Alan Turing? ¿Lo asesinaron? El autor tiene sus teorías, y alguna información de primera mano, sobre este tema controvertido). Una obra imprescindible para geeks informáticos, interesados en la tecnología y en la historia de las guerras mundiales.

Lectulandia

B. Jack Copeland

Alan Turing

Pionero de la era de la información

ePub r1.1

Un_Tal_Lucas 12.09.15

Título original: *Turing. Pioneer of the Information Age*

B. Jack Copeland, 2012

Traducción: Cristina Núñez Pereira

Diseño de cubierta: Enric Jardí

Editor digital: Un_Tal_Lucas

Corrección de erratas: alai

ePub base r1.2

más libros en lectulandia.com

Este libro está dedicado a todos los amigos de Turing y a Robin Gandy,
Jack Good, Peter Hilton y Donald Michie.

Debo mi agradecimiento a Ralph Erskine, Andre Haeff, Brett Mann, Diane Proudfoot, Bernard Richards, Martin Sage, Oron Shagrir, Edward Simpson y Eric Steinhart por sus útiles comentarios a partes del manuscrito. Deseo darle las gracias especialmente a Latha Menon por su apoyo constante, sus buenos consejos y su paciencia.

¿Tres palabras que resuman a Alan Turing? Humor: tenía un sentido del humor travieso, irreverente y contagioso. Valor. Aislamiento: le encantaba trabajar solo. Al leer sus trabajos científicos, casi da la sensación de que el resto del mundo —la atareada comunidad de mentes humanas que, desde otros lugares, trabajan en los mismos problemas o en otros relacionados— sencillamente no existía. Turing estaba decidido a hacerlo a su manera.

¿Otras tres? Patriota. Original: era original sin concesiones, y no le importaba mucho lo que los demás pensarán de sus inusitados métodos. Genial. No obstante, la magnífica mente de Turing estaba amueblada con austeridad. Era espartano en todo, en el interior y en el exterior, y no tenía tiempo para decorados vistosos, accesorios delicados, adornos superfluos o palabras innecesarias. A él lo que le importaba era la verdad. Todo lo demás era pura fruslería. Acertaba allí donde una mente mejor amueblada, más locuaz y más elaborada habría fallado. Alan Turing cambió el mundo.

¿Cómo habría sido conocerlo? Era tirando a alto (un metro y setenta y siete centímetros) y de constitución ancha^[1]. Se le veía fuerte y en forma. Era fácil equivocarse con su edad, pues siempre pareció más joven de lo que era. Era guapo, pero extraño. Si te lo encontrabas en una fiesta, seguro que no te pasaba inadvertido. De hecho, es posible que preguntaras: «¿Quién demonios es ese?»^[2]. No se trataba solo de su ropa raída o de sus uñas sucias. Era todo el conjunto. Entre otras cosas, por aquel inusual ruido que hacía. A menudo se ha descrito como un tartamudeo, pero no lo era. Era su forma de impedir que la gente lo interrumpiera mientras meditaba lo que intentaba decir^[3]. «Ah... Ah... Ah... Ah...». Lo hacía en voz alta.



Figura 1. Turing a los dieciséis años.
Crédito: Sherborne School.

En caso de que cruzaras la habitación para hablar con él, probablemente te toparías con que era cohibido y bastante reservado. Sin duda resultaba afectado, pero su reserva no era altanería. Era un hombre tímido, de pocas palabras. Las charlas triviales de cortesía no le salían con facilidad. Si tenías suerte, podía sonreír de forma encantadora, hacer parpadear sus ojos azules y soltar alguna extravagancia que te hiciera reír. Si la conversación seguía su curso, probablemente pensarías que era divertido y vivaz. Podía preguntarte, con su voz algo atiplada, si creías posible que a un ordenador llegaran a gustarle las fresas con nata o si podría conseguir que te enamorasas de él. O te preguntaría si sabrías decirle por qué una cara se refleja en un espejo de izquierda a derecha, pero no de arriba abajo.

Una vez que llegabas a conocerlo, Turing era divertido: alegre, animado, estimulante, chistoso...; rebosaba entusiasmo infantil. Su risa estridente, semejante a un graznido, resonaba escandalosamente. Pero también era un solitario. «Turing estaba siempre solo —decía el criptoanalista Jerry Roberts—. No parecía hablar mucho con la gente, aunque con su propio círculo era bastante sociable». Como cualquiera, Turing ansiaba afecto y compañía, pero jamás pareció encajar bien en ningún lado^[4]. A él mismo le resultaba molesta su enajenación social, aunque esta, igual que su pelo, era una fuerza de la naturaleza frente a la que poco se podía hacer^[5]. En ocasiones, Turing podía llegar a ser muy grosero. Si pensaba que alguien le estaba escuchando sin poner suficiente atención, podía, sencillamente, marcharse. Era el tipo de hombre que, a menudo sin querer, irritaba a los demás, especialmente a la gente pretenciosa, a las personas con autoridad y a los científicos engreídos. También era taciturno. Su asistente en el National Physical Laboratory, Jim Wilkinson, recordaba divertido que había días en que lo mejor era mantenerse apartado del camino de Turing^[6]. Con todo, más allá del exterior irreverente, cascarrabias y hosco, había una inocencia candorosa, así como humildad y sensibilidad.

Turing murió con tan solo cuarenta y un años. Sus ideas, sin embargo, han continuado vivas y, con el cambio de milenio, *Time Magazine* lo incluyó en la lista de las cien mentes más brillantes del siglo XX, junto con los hermanos Wright, Albert Einstein, los investigadores que desentrañaron el ADN —Crick y Watson—, y el que descubrió la penicilina, Alexander Fleming. Los logros que Turing alcanzó durante su corta vida fueron incontables. Aunque es más conocido por ser el hombre que descifró algunos de los códigos alemanes más secretos durante la Segunda Guerra Mundial, Turing también fue el padre del ordenador moderno. Hoy, todo aquel que hace clic, pulsa o toca para abrir algo está familiarizado con el impacto de sus ideas. A Turing le debemos la brillante innovación de las aplicaciones de almacenamiento y todos los demás programas que son necesarios para que los ordenadores ejecuten nuestras órdenes y que están *dentro de la memoria del ordenador* listos para que los abramos cuando queramos. Damos por sentado que usamos un mismo *hardware* para hacer compras, gestionar nuestras finanzas, escribir nuestras memorias, reproducir nuestra música y nuestros vídeos favoritos y enviar mensajes instantáneos al otro lado de la calle o del mundo. Como muchas grandes ideas, esta nos parece hoy tan obvia como la rueda y el arco, pero con este sencillo invento —el ordenador universal de programa almacenado— Turing nos cambió la vida. Su máquina universal prendió como la pólvora: actualmente, las ventas de ordenadores rondan el millón diario. En menos de cuatro décadas, las ideas de Turing nos han trasladado de una época en la que «computador» era el término que se utilizaba para un empleado que hacía sumas en la trastienda de una compañía de seguros o de un laboratorio científico a un mundo en el que mucha gente joven no ha conocido la vida sin internet.

Pero una biografía debería comenzar por el principio. Alan Turing nació hace poco más de un siglo, el 23 de junio de 1912, aproximadamente a un kilómetro de la estación londinense de Paddington, en el número 2 de Warrington Crescent. Su madre, Sara Stoney, provenía de una familia de ingenieros y científicos y cursó estudios en la escuela femenina de Cheltenham y en la Sorbona de París^[7]. Su padre, Julius, tenía un puesto en el Indian Civil Service [administración pública de la India], en lo que entonces era la ciudad imperial de Madrás, hoy Chennai. El joven Alan creció en el sur de Inglaterra en un mundo privilegiado: cocineras, sirvientas, vacaciones en el extranjero...; pero la vida que llevaba era casi la de un huérfano: vivía con los cuidadores y solo veía a sus padres cuando regresaban de la India con un permiso. Sara describe que en una ocasión regresó tras una ausencia de muchos meses y se encontró con que Alan había cambiado radicalmente. «De ser siempre extremadamente vivaracho —incluso temperamental—, de hacerse amigo de todo el mundo, pasó a ser huraño y soñador», dijo^[8]. Cuando partió de nuevo para su siguiente temporada en la India, se quedó «con el doloroso recuerdo de Alan bajándose corriendo del transporte escolar con los brazos muy abiertos, persiguiendo nuestro taxi que se perdía en la distancia»^[9].

La escuela era Hazelhurst, cerca de Tunbridge Wells, una escuela primaria para

los hijos de la clase alta. El niño huraño y soñador fue empujado bruscamente a la vida del internado a la tierna edad de nueve años. Lo esperaba una adolescencia llena de persecuciones y novatadas. Fue en Hazelhurst donde comenzó a surgir el Turing inventor. Desde allí les escribió una carta a sus padres con una pluma estilográfica diseñada por él mismo, e incluso adjuntó un diagrama detallado de su invento^[10]. Los siguientes inventos de los que informó por carta incluían un prototipo poco común de máquina de escribir y un acumulador para proporcionar energía a los faros de su bicicleta. Seis años más tarde, se trasladó a la escuela de Sherborne en Dorset. Fundada en 1550 y construida a la sombra de la abadía de Sherborne, parecía un monasterio. Turing llegó en bicicleta, solo y desgredado. «Yo soy Turing», anunció^[11]. Gran Bretaña estaba entonces paralizada por la huelga general y los trenes no circulaban. «Tras llegar a Southampton procedente de Francia, compró un mapa, pedaleó hasta Blandford y después de pasar la noche en el mejor hotel compareció como estaba mandado a la mañana siguiente», recordaba el encargado de los alumnos internos del colegio, Geoffrey O’Hanlon^[12]. Su épico viaje llegó incluso a mencionarse en el periódico local *Western Gazette*. El muchacho soñador se estaba convirtiendo en un gallardo joven que pensaba por su cuenta. Parecía resignado a la perspectiva de su reclusión en Sherborne. «Tenemos que darnos una ducha fría por la mañana —le dijo a su madre—. Para nosotros, las novatadas empiezan el próximo martes —escribió—. Se rigen por el mismo principio que los consejos galos, en los que se torturaba y mataba al que llegaba el último»^[13].

En Sherborne, Turing se hizo matemático. Su profesor de esta asignatura era Donald Eperson, un cura que admiraba *Alicia en el país de las maravillas*, de Lewis Carroll. Eperson publicó *The Lewis Carroll Puzzle Book* y también rodó un cortometraje titulado *Alice in Numberland*. Turing, recuerda Eperson, era «alguien a quien resultaba difícil enseñar, puesto que prefería sus propios métodos independientes»^[14]. Estos, dice Eperson, eran a veces «torpes y engorrosos y a veces brillantes pero poco sólidos». Turing detestaba tener que dar algo por sentado o aceptar ideas de segunda mano. El director de Sherborne lo apodó «el alquimista» y lo calificó como «decididamente antisocial»^[15]. Otro profesor prometió dar mil millones de libras a la obra de caridad que Turing designara si este aprobaba su examen de latín^[16]. En 1929, sus ambiciosos padres lo matricularon como candidato a ingresar en el King’s College de Cambridge^[17]. Dos años más tarde, su sueño se hizo realidad. Turing consiguió una beca y, en el otoño de 1931, cruzó la imponente entrada principal de King’s arrastrando los pies. Muy pronto, estuvo trabajando a un nivel muy superior al de cualquier otro estudiante de primer año de matemáticas y elaboró un interesante teorema que, como luego se vio, ya había probado previamente el famoso matemático polaco Waclaw Sierpiński.

Al examinar dicha prueba, Turing observó que Sierpiński había empleado «un método bastante complicado». «Mi prueba es más sencilla, así que Sierpiński queda

desbancado», alardeó^[18]. En King's encajó mucho mejor que en ningún otro sitio hasta ese momento. La universidad se convirtió en su hogar intelectual. El joven Turing remaba, jugaba al *bridge* y al tenis, hacía nuevos contactos, disfrutaba del teatro y de la ópera y tocaba su violín de segunda mano. Esquiaba, dormía en tiendas de lona y soñaba con comprar un velero pequeño. Viajó por Europa y se unió al movimiento antibélico. Pero, principalmente, trabajó en las matemáticas. En 1934, bordó sus exámenes finales, por lo que se ganó el grado de Cambridge que lleva el enigmático título de «B Star Wrangler» (contendiente estrella de clase B), con honores de primera clase. En marzo del año siguiente fue elegido miembro del King's, con tan solo veintidós años. Su ascenso por la resbaladiza escalera académica comenzó con mucho brío. 1935 también vio la publicación de su primer trabajo de investigación, en la prestigiosa revista *Proceedings of the London Mathematical Society*.



Turing.

Crédito: King's College Library, Cambridge.

Tal y como se cuenta en el siguiente capítulo, Turing inventó su máquina universal cuando aún no hacía mucho tiempo que era miembro del King's. El invento se le ocurrió mientras estaba investigando un abstruso problema filosófico sobre los fundamentos de las matemáticas (irónicamente, su máquina universal surgió de una investigación completamente abstracta, de la que nadie habría dicho jamás que podría conducir a algo práctico, mucho menos a una máquina que afectaría a la vida de todos). Hizo un informe de su investigación bajo el opaco título de «On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem» [Sobre números computables con una aplicación al *Entscheidungsproblem* (o problema de decisión)] y lo publicó en 1936, de nuevo en la revista *Proceedings*, de la London Mathematical Society. Hoy en día, se considera que este trabajo es la piedra angular de la informática moderna. Turing, que todavía era un estudiante de posgrado, no tenía ni idea de la fama que este trabajo oscuro y difícil acabaría por depararle. Desplegó sus alas y partió para Estados Unidos con una invitación de la universidad de Princeton en el bolsillo. Allí se hizo con un doctorado en tan solo dieciocho meses, cuando el

común de los mortales necesita, como mínimo, tres años. Es posible que le hubiera gustado quedarse más tiempo en este nuevo mundo, pero en Europa la guerra se avecinaba, y en el verano de 1938 retomó su lugar en el King's^[19]. Durante los breves dieciséis años que siguieron, mientras era un pionero de la era de la información, su carrera fue *in crescendo*.

En 1939, el primer día de la guerra con Alemania, Turing fijó su residencia en Bletchley Park, una mansión victoriana en el condado de Buckingham. Allí, desempeñó un papel clave en la batalla para descifrar los mensajes que generaba Enigma, una máquina de cifrado militar alemana que se asemejaba a una máquina de escribir. A una máquina, Turing enfrentó otra máquina. El prototipo de su «bomba» anti-Enigma se instaló en la primavera de 1940, y estas «bombas» convirtieron Bletchley Park en una factoría de criptoanálisis. Ya en 1943, las máquinas de Turing descifraban un asombroso total de ochenta y cuatro mil mensajes de Enigma al mes^[20]. Turing en persona reveló el modelo de Enigma que utilizaban los submarinos que iban a la caza de los convoyes mercantes en el Atlántico norte. Fue una aportación crucial. También buscó un medio de colarse en el torrente de mensajes que repentinamente empezaron a emanar de una nueva máquina de cifrado alemana, mucho más sofisticada, a la que los británicos dieron el nombre clave de «Tunny». La red de comunicaciones de Tunny, un antecedente de las redes actuales de telefonía móvil, abarcaba Europa y el norte de África y conectaba a Hitler y al alto mando del ejército en Berlín con los generales de primera línea. El descubrimiento de Turing en 1942 dio paso al primer método matemático que permitió desentrañar los mensajes de Tunny. En Bletchley Park, este método se conocía sencillamente como «turingería», y los mensajes descifrados de Tunny proporcionaron información detallada sobre la estrategia alemana, información que cambió el curso de la guerra. El trabajo de Turing con Tunny fue la tercera de las tres ideas geniales con que Turing atacó los códigos alemanes, junto con el diseño de la «bomba» y el descubrimiento de cómo funcionaba la máquina Enigma de los submarinos. Turing es, junto con Churchill, Eisenhower y una pequeña lista honorable que incluye a otros protagonistas de la época bélica, una de las figuras principales en la victoria aliada sobre Hitler.

La «turingería» fue la semilla para los sofisticados algoritmos de descodificación de Tunny, que más tarde se incorporaron a Coloso, el primer ordenador electrónico a gran escala. Con la construcción y emplazamiento de los Colosos —llegado el final de la guerra, había nueve—, las de Bletchley Park se convirtieron en las primeras instalaciones de informática. El diseñador de estos ordenadores ultrasecretos, Thomas Flowers, estaba al tanto de la idea de Turing de 1936 de almacenar programas de forma digital dentro de la memoria del ordenador, pero no la incorporó en el Coloso. En cuanto vio los estantes metálicos con el equipo electrónico de Flowers en funcionamiento, Turing supo que había llegado el momento de construir su propia máquina universal de programa almacenado.

Turing era un teórico de lo teórico; sin embargo, como Leonardo de Vinci e Isaac

Newton antes que él, también se interesaba inmensamente por los aspectos prácticos. En 1945 diseñó un ordenador electrónico de programa almacenado enorme llamado *Automatic Computing Engine* (ACE). El nombre es un homenaje al pionero de los ordenadores Charles Babbage, un visionario del siglo XIX, que había propuesto gigantescos «motores» mecánicos de cálculo. El diseño del ACE de Turing alcanzó el éxito comercial con el nombre de DEUCE, de la English Electric Company, uno de los primeros ordenadores electrónicos que salieron al mercado. En aquellos días —los albores de la era de la información—, las nuevas máquinas se vendían a un ritmo aproximado de no más de una docena por año. Un consejero de la cúpula del gobierno incluso argumentó que uno solo de estos aparatos sería suficiente para cubrir todas las necesidades científicas de Gran Bretaña. De hecho, el sofisticado diseño del ACE de Turing persistió hasta convertirse en la base de los primeros ordenadores personales del mundo.

Turing no fue el único que hizo la conexión entre su máquina universal de 1936 y la electrónica. En cuanto la guerra terminó, su compañero criptoanalista, Max Newman, dejó Bletchley por la universidad de Manchester llevándose consigo un Coloso desmontado; le faltó tiempo para instalar un Laboratorio de Máquinas de Computación (Computing Machine Laboratory). Estando el proyecto del ACE de Turing atascado por los retrasos en Londres, la carrera por construir el primer ordenador universal de programa almacenado llegó a su fin en junio de 1948, cuando el grupo de Manchester consiguió ejecutar un programa sencillo en su peculiar prototipo. A su ordenador lo llamaban el «Bebé». Fue el primero de una nueva raza de máquinas.

En ese mismo año, el propio Turing se mudó a Manchester. Por fin tenía sus manos en una máquina universal de Turing. Pasó los siguientes años de su vida programando el ordenador de Manchester y también llevó a cabo investigaciones pioneras en el campo de la inteligencia artificial (IA). Se preguntaba si las máquinas podían pensar^[21]. Al plantearse esta cuestión, iba años por delante de su tiempo, y hoy en día se le considera el fundador del controvertido campo de la inteligencia artificial. Llegó incluso a imaginar la informática como una red de neuronas artificiales: un ordenador hecho a imagen y semejanza del córtex cerebral humano. La expresión «ordenador pensante» todavía puede chocarles a muchos como un binomio imposible, pero Turing predijo que pronto «podremos hablar de que las máquinas piensan sin esperar que nos contradigan»^[22]. Turing creó el primer programa de IA del mundo (jugaba al ajedrez) y escribió el primer manifiesto de la inteligencia artificial, un informe clarividente titulado «Intelligent Machinery».

En sus últimos años, Turing fue el pionero de un campo que ahora se denomina vida artificial. Se centró en la cuestión de cómo desarrollan su forma y estructura los organismos que crecen. ¿Cuáles son los mecanismos químicos subyacentes que producen la disposición regular de los pétalos de una margarita o las intrincadas

espirales de la piña de un abeto, o la compleja estructura del cerebro humano? En el alba de la era de la información, Turing estaba utilizando el ordenador Ferranti de Manchester para simular el crecimiento de tejidos, mientras otras personas todavía estaban intentando aceptar la idea de que los ordenadores eran el nuevo modo de llevar la contabilidad. Hoy, los investigadores, que tienen a su disposición mucha más capacidad informática de la que el Ferranti de Turing podía ofrecer, están ampliando sus investigaciones biológicas. Sus exploraciones de las ecuaciones matemáticas de Turing están dando lugar a manchas de leopardo, rayas de jirafa, estructuras que recuerdan a la piel de los reptiles, corales, esponjas, caracolas, hongos y —lo más excitante de todo— neuronas. Turing murió cuando se hallaba inmerso en un trabajo revolucionario sobre el crecimiento biológico.

Mi relato de la breve pero brillante vida de Turing se vale de muchos años de conversaciones con sus colegas y amigos más íntimos. Espera capturar algo del complejo carácter de este genio tímido, así como describir la magnitud y la importancia de su legado.

II

LA MÁQUINA UNIVERSAL DE TURING

Cambridge, últimos cabos del invierno, durante el trimestre de Cuaresma de 1935. Los antiguos chapiteles y los amurallados colegios de Cambridge parecían aún más viejos a la deprimente luz gris. En esta esquina húmeda y fría de Inglaterra, siempre estaba cubierto, incluso aunque el invierno hubiera sido inusitadamente suave. Desde la torre del reloj, en un patio pasado el St John's College, las campanas de Trinity tocaban estrepitosamente las diez de la mañana: diez repiques ensordecedores seguidos por otros diez de un timbre más agudo, ese que el poeta Wordsworth llamaba la voz «femenina» de las campanas del Trinity^[1]. Max Newman, un miembro de St John's, daba enérgicas zancadas hacia la sala de conferencias del colegio. Se decía que el St John's —ubicado a poca distancia del King's College por unas estrechas calles medievales— era el segundo colegio más rico de Cambridge, después del increíblemente acaudalado Trinity. Según un rumor centenario, era posible hacer todo el camino desde este St John's hasta el otro colegio St John's, en la lejana Oxford, sin salirse ni un metro de los terrenos de la institución. Newman, un hombre con gafas, calvicie incipiente y casi cuarenta años, era una estrella en alza de las matemáticas en Gran Bretaña. Conforme caminaba, su toga académica ondeaba a su alrededor. Daba la sensación de que la sala de conferencias, que tenía varios siglos de antigüedad, formaba parte de una antigua catedral o monasterio. No había muchos alumnos. El tema de Newman, los fundamentos de las matemáticas, era conocido por su dificultad. Turing, muy atento, estaba sentado entre el público.

La gran conferencia final del ciclo sería una exposición de algunos de los espectaculares resultados obtenidos por Kurt Gödel, un matemático de veinticinco años de la universidad de Viena silencioso pero extraordinariamente brillante^[2]. Poco después, en 1940, Gödel huiría de Viena y de los nazis a Estados Unidos^[3], después de que aquellos, a pesar de sus diversas enfermedades —reales e imaginarias— lo hubieran declarado apto para alistarse en el ejército. Gödel no pensaba hacerlo; prefería convertirse en un refugiado. Los submarinos alemanes patrulleros hacían que cruzar el Atlántico fuese una empresa demasiado arriesgada, así que escapó hacia el este, a través de Rusia con el tren transiberiano y luego en barco de Japón a San Francisco. Fue acogido por el Princeton Institute for Advance Study, que ya era el hogar de algunos de los científicos y matemáticos más brillantes de Europa, entre ellos Albert Einstein y también John von Neumann, quien más tarde acabaría profundamente involucrado en el proyecto de construcción de la bomba atómica de Los Álamos.

En 1931, Gödel había demostrado que la aritmética era incompleta y este hecho sensacional y curioso iba a ser el tema de la conferencia final de Newman. Conocido sencillamente como el «teorema de Gödel sobre la incompletitud de la aritmética», el hallazgo de Gödel sigue siendo hoy uno de los descubrimientos más asombrosos que jamás se hayan hecho sobre matemáticas. En nuestros días, se esboza como sigue: independientemente de cómo se expongan sus reglas formales, siempre habrá algunas verdades aritméticas —enrevesadas parientes de verdades más simples como que dos y dos son cuatro— que *no se puedan* probar por medio de reglas^[4]. Se asemeja un poco a descubrir que tu rompecabezas se ha fabricado adrede con algunas piezas de menos, o que tu nueva y exótica alfombra nunca va a encajar simultáneamente en las cuatro esquinas de la habitación. Parecía que la única forma de erradicar la incompletitud consistía en adaptar las reglas para que de hecho fueran *autocontradictorias*, pero eso era una vía de escape poco apetecible^[5].

Lo que Gödel mostró es que en las matemáticas hay más verdad de la que se puede demostrar. Su descubrimiento fue chocante e incluso hizo enfadar a algunos. Los matemáticos tendían a pensar no solo que se podía probar cualquier cosa que fuera verdad, sino también que se debía probar cualquier cosa que importase, porque solo una prueba rigurosa llevada a cabo mediante reglas transparentes y evidentes conduce a la certeza. Pero las conferencias de Newman sobre este tema alucinante iban a tener lugar al cabo de unas pocas semanas. En aquella charla no iba a hablar sobre Gödel, sino sobre David Hilbert, un famoso profesor de Matemáticas de Gotinga, una de las universidades alemanas más importantes. Hilbert, más de cuarenta años mayor que Gödel, era, por así decir, el papa de las matemáticas europeas. «En matemáticas —rezaba una famosa aseveración de Hilbert— no hay ningún *ignorabimus*», no hay ningún *nunca lo sabremos*^[6]. En 1900, en una conferencia dictada en París, el magistral Hilbert había establecido los objetivos para buena parte de las matemáticas del siglo xx. Turing, un inquieto estudiante de posgrado de Cambridge, estaba a punto de demostrar que, en esencia, Hilbert estaba equivocado.

Newman estaba hablándole a su público sobre la idea de un procedimiento «sistemático» en matemáticas, un concepto fundamental en todo el enfoque de Hilbert. Las reglas bien conocidas para resolver multiplicaciones largas que todos nosotros aprendemos en la escuela son un buen ejemplo de lo que los matemáticos entienden por procedimiento sistemático: un método manual que cualquiera puede llevar a cabo, de forma mecánica, paso a paso, sin necesidad de creatividad o entendimiento de ningún tipo. No se precisa de intuición ni de inventiva. Un empleado bien adiestrado lo puede llevar a cabo con precisión, si sigue las instrucciones al pie de la letra, y no es necesario que entienda el propósito del procedimiento ni cómo o por qué funciona. A decir verdad, este no era solo un concepto abstracto, pues en los entornos de negocios, de investigación y del gobierno, había de hecho muchos miles de empleados que realizaban cálculos mediante

procedimientos sistemáticos. En aquellos días, ellos hacían el trabajo esclavo que hoy en día realizan los ordenadores electrónicos. Resulta gracioso que a estos mismos empleados se les llamara «computadoras». En aquel entonces, una computadora no era en absoluto una máquina, sino un ser humano, un empleado matemático que trabajaba de forma repetitiva.

Newman informó a su público de que la característica básica de todos estos procedimientos matemáticos sistemáticos es que los puede hacer una *máquina*. En aquel entonces, era una forma innovadora de expresar la idea y las palabras de Newman avivaron la imaginación de Turing. Muchos años más tarde, al recordar la máquina universal inventada por Turing, Newman dijo: «Yo creo que todo comenzó porque asistió a una de mis conferencias sobre los fundamentos de las matemáticas y la lógica»^[7]. La sugerencia de que una máquina podría llevar a cabo procedimientos sistemáticos, explicaba Newman, motivó a Turing a «probar y decir qué se entendería por una máquina computadora totalmente general». Lo que Turing oyó en la conferencia de Newman le fascinó de tal manera que llegó a dominar su vida laboral durante muchos meses. Pensaba con denuedo. Típico en él, no parece haber discutido mucho sus ideas con otras personas, ni haberle dicho a la gente en qué andaba pensando, ni siquiera a Newman. El problema era suyo y no sentía en absoluto la necesidad de hablar de él.

Un día, mientras cenaban sentados a la High Table —la mesa para los miembros del King's y sus invitados—, Richard Braithwaite, otro miembro del King's College, consiguió hacer que Turing hablara sobre aquello en lo que estaba trabajando. Muy educadamente, Braithwaite le dijo que podía ver conexiones con lo que Gödel había demostrado, pero no halló respuesta alguna por parte de Turing y, más tarde, en una carta escribió sobre el «absoluto desconocimiento de Turing respecto al trabajo de Gödel»^[8]. Braithwaite añadió: «Considero que tuve algo que ver en dirigir la atención de Turing hacia la relación de su trabajo con el de Gödel». Puede que a Turing le hubiera picado tanto el gusanillo de la máquina que ni siquiera se molestara en dejarse caer por la siguiente conferencia de Newman, la que versó sobre Gödel. O puede que esto fuera un ejemplo de lo que más tarde Newman llamaría, de forma un tanto brusca, «un defecto en sus atributos», a saber, que «a Turing le costaba utilizar el trabajo de los demás y que prefería resolver las cosas por sí mismo»^[9]. Ciertamente, Gödel no tenía ese defecto y fue espléndido en su alabanza de los logros que Turing alcanzó durante su año de intensa cavilación. Gödel dijo generosamente que Turing lo había conducido a «la perspectiva correcta»^[10]. Utilizando los descubrimientos de Turing, pudo extender el alcance de su teorema de la incompletitud hasta cubrir *todos* los sistemas matemáticos formales que tuvieran alguna base aritmética^[11]. En matemáticas, la incompletitud estaba casi *por todas partes*.

Una vez que Turing estuvo bien preparado, hacia finales de abril de 1936, visitó a Newman y le dio un extenso borrador de «On Computable Numbers»^[12]. Newman

tuvo que quedarse de piedra cuando lo leyó. Turing había inventado una máquina universal. La máquina de sus sueños consistía en una memoria ilimitada —una cinta de papel sin fin— y un «lector» que se movía hacia delante y hacia atrás a lo largo de la cinta, leyendo lo que había impreso en ella e imprimiendo, a su vez, más letras y números en el papel. El programa de la máquina, y cualquier dato que fuera necesario para el cálculo, se imprimía en el papel antes de que el cálculo comenzara. Colocando diferentes programas en la cinta de la memoria, quien manejase la máquina podía hacer que esta llevara a cabo *cualquier procedimiento* que una computadora humana pudiera realizar. De ahí que Turing dijera que su máquina era «universal».

Una «máquina computadora», tal y como se empleaba el término en aquellos días, era aquella capaz de hacer el trabajo que normalmente realizaba una computadora humana, y Turing se refería a su invento como *la máquina computadora universal*, aunque enseguida se dio a conocer sencillamente como «la máquina universal de Turing». En la literatura, hoy vasta, sobre su máquina, su nombre aparece mal escrito en ocasiones, como la máquina «Turning» o la «Tüiring» e incluso como la máquina universal «touring». Era el esquema básico de un ordenador moderno, el sencillo *hardware* que, usando los programas almacenados en su memoria, podía, sin esfuerzo, pasar de ser una herramienta dedicada a una tarea a ser una herramienta destinada a una tarea totalmente distinta —de calculadora a procesador de textos a oponente en una partida de ajedrez, por ejemplo.

La máquina universal de Turing era, de hecho, una idealización altamente abstracta de la computadora humana. Pero también era algo radicalmente nuevo, una máquina de una versatilidad insospechada. Es más, Turing había osado introducir conceptos con cierto aroma a *ingeniería* en una discusión sobre las partes más fundamentales de las matemáticas. Newman escribió más tarde: «Hoy es difícil que nos demos cuenta de lo atrevida que era la innovación de introducir el asunto de las cintas de papel y los patrones perforados en ellas en discusiones sobre los fundamentos de las matemáticas»^[13]. El apéndice de este libro describe una máquina de Turing muy sencilla —en realidad, es uno de los ejemplos que el propio Turing proporcionó en 1936—, completa, con su cinta de papel, su lector de lectura-escritura y el primer programa de cálculo que Turing publicó.

Para Turing, ensimismado en su ataque a las opiniones pontificias de Hilbert sobre la naturaleza de las matemáticas, la máquina computadora universal fue uno de los principales pasos en el camino que finalmente lo condujo a la refutación de Hilbert. Al razonar sobre el comportamiento de la máquina universal, Turing pudo mostrar que hay problemas matemáticos bien definidos que la máquina universal *no puede resolver*. Este resultado fue tan sorprendente como el teorema de la incompletitud de Gödel. Tal y como lo expondríamos hoy en día, Turing había demostrado que hay problemas matemáticos bien definidos, que admiten una respuesta directa afirmativa o negativa, que ninguna máquina computadora finita puede resolver, aunque tenga una memoria en blanco ilimitada y pueda continuar

haciendo cálculos de manera indefinida. Muchísimos programadores informáticos han creído que los ordenadores pueden resolver cualquier problema matemático siempre y cuando este esté formulado con la precisión suficiente para escribir un programa adecuado. Pero el hallazgo de Turing demuestra que su optimismo es infundado.

Turing dio algunos ejemplos de problemas matemáticos bien definidos que no podían ser resueltos por una máquina computadora finita^[14]. Uno de estos es el llamado *problema de la impresión*: para cualquier programa de la máquina computadora de Turing dado, averígüese si ejecutarlo provocará que la máquina imprima «0» en la cinta en algún caso^[15]. Muchos programas imprimirán un cero en algún momento, mientras que otros nunca lo hacen. En principio, es posible decir cuál de estos es el caso sin tan siquiera poner en funcionamiento la máquina de Turing, simplemente razonando sobre la naturaleza del programa. Resolver el problema de la impresión equivale a poder decir, tras una serie finita de razonamientos, cuál es la alternativa correcta —y aún más: dar la respuesta correcta con independencia de cuál sea el programa de la máquina de Turing que se esté investigando—. Es de reseñar que ningún ordenador puede resolver este problema de apariencia tan sencilla.

Gödel y Turing, entre los dos, asestaron un doble mazazo a la explicación de la naturaleza de las matemáticas propuesta por Hilbert del que esta nunca se recuperó. El resultado de la incompletitud de Gödel propinó el primer golpe a la visión de Hilbert de que las matemáticas son, en esencia, una cuestión de *prueba*. Cinco años después, Turing serró otra pata del tambaleante trono de Hilbert. El ataque de Gödel se había centrado en un sistema muy específico de reglas aritméticas, mientras que Turing atacó en un frente mucho más amplio, empleando como arma su máquina universal. Basándose en que su máquina es capaz de realizar todos y cada uno de los procedimientos sistemáticos —una proposición que en la actualidad se conoce sencillamente como la «tesis de Turing»—, pudo establecer resultados que son más generales que los de Gödel^[16]. Turing había desarrollado las herramientas que se necesitaban para redibujar el mapa de las matemáticas y precisó unos problemas matemáticos que, como el problema de la impresión, son tan difíciles que no se pueden resolver mediante ningún procedimiento sistemático^[17].

Hilbert pensaba que tenía que haber un único procedimiento sistemático supremo para establecer la verdad o la falsedad en matemáticas. Equipado con este procedimiento —con esta «nueva piedra filosofal», como la llamaba Newman, en una referencia burlesca a la mítica sustancia que permitiría a los alquimistas convertir el plomo en oro^[18]—, cualquiera podría predicar la verdad o falsedad de toda afirmación matemática dada sin necesidad de entendimiento, intuición ni creatividad. Hilbert decía que la existencia de un procedimiento sistemático supremo era necesaria para asentar el conjunto de las matemáticas «sobre un fundamento concreto con el que todo el mundo pueda estar de acuerdo»^[19]. El trabajo de Gödel hizo

temblar la creencia de que existiera ese procedimiento sistemático supremo, y ahora Turing generaba un argumento totalmente convincente de que tal procedimiento no podía existir. Si existiera, entonces la máquina universal de Turing podría llevarlo a cabo, puesto que la máquina universal de Turing podía llevar a cabo cualquier procedimiento sistemático. Y entonces, equipada con la nueva piedra filosofal, la máquina universal de Turing sería capaz de resolver todos los problemas matemáticos de *sí* y *no*. Sin embargo, Turing había mostrado más allá de toda duda que la máquina universal *no podía* resolver todos los problemas matemáticos de respuesta afirmativa o negativa. De lo que se deduce, inexorablemente, que no es posible que el procedimiento sistemático supremo de Hilbert exista.

Aunque en aquel entonces para Turing fue importante corregir a Hilbert, desde un punto de vista moderno, este aspecto de su trabajo realmente fue poco más que una historia secundaria si se compara con su maravilloso invento de la máquina computadora universal. Ya desde el principio Turing había estado interesado en construir realmente una máquina universal^[20], pero no conocía ninguna tecnología adecuada. En la época victoriana, el visionario Charles Babbage había soñado con construir un gigantesco ingenio digital de cálculo para uso general, un «motor», tal y como él lo llamaba, que podría hacerse cargo del trabajo de cientos de computadoras humanas (véase la Figura 3). Si Turing es el padre del ordenador moderno, Babbage es sin duda su abuelo^[21]. Un pequeño modelo del ambicioso «motor analítico» de Babbage se terminó de fabricar justo antes de su muerte, pero la máquina al completo nunca se llegó a construir^[22]. De acuerdo con el diseño de Babbage, el motor analítico era alimentado con instrucciones perforadas en tarjetas conectadas con lazos, una idea que Babbage tomó prestada del telar automático de Jacquard. Aunque este motor analítico estaba diseñado para almacenar información en su memoria interna (a la que Babbage llamaba simplemente el «almacén»), no se había previsto que se almacenaran también las instrucciones en sí. A la máquina de Babbage le faltaba la instalación del programa almacenado de Turing, el dispositivo esencial de los ordenadores modernos.

En cuanto a cómo planeaba construir su máquina, Babbage vivió en la era del ferrocarril y tuvo la intención de construir sus máquinas de cálculo con el tipo de componentes mecánicos que se empleaban en las locomotoras y en otra suerte de maquinaria industrial victoriana: ruedas dentadas de latón, barras, trinquetes, piñones, etcétera.

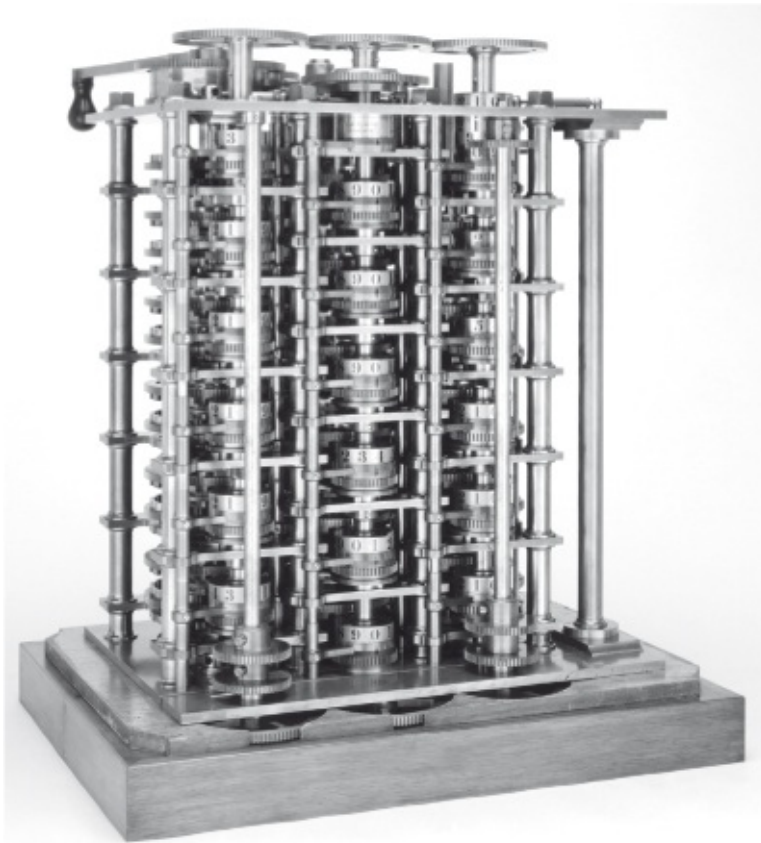


Figura 3. Parte del motor diferencial de Babbage.

Crédito: Science Museum / Science & Society Picture Library. —Todos los derechos reservados.

La tecnología ferroviaria a vapor de Babbage no era de ninguna utilidad para Turing, aun cuando recientemente se habían construido pequeñas máquinas computadoras para fines especiales a partir de componentes mecánicos del tipo de los de Babbage. Una era el Analizador Diferencial analógico, terminado en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) en 1931^[23]. Este ordenador requería que un mecánico habilidoso, provisto con un martillo de plomo, lo «programase» para cada nuevo trabajo. Turing, por otra parte, necesitaba un tipo de tecnología capaz de funcionar a muy alta velocidad y que le permitiera almacenar las instrucciones y la información en un volumen razonablemente compacto. Era un trabajo que las ruedas dentadas mecánicas sencillamente no podían hacer.

En 1936, la tecnología puntera para la construcción de dispositivos eléctricos de procesamiento de información, como las centralitas de teléfonos y el equipamiento para clasificar tarjetas perforadas, era el relevador electromecánico: un pequeño interruptor que funcionaba con electricidad, formado por una varilla metálica movida por un electroimán y un muelle. Cuando la varilla se movía en una dirección, completaba un circuito eléctrico y, cuando saltaba en la dirección opuesta, el circuito se interrumpía de nuevo. Los relevadores eran grandes, lentos, toscos y no muy fiables. Turing bromeaba con que una máquina universal de Turing construida a base de relevadores habría de tener más o menos el tamaño del Albert Hall, un enorme edificio del centro de Londres^[24]. Hasta la época de la guerra, cuando estuvieron

trabajando como criptoanalistas en Bletchley Park, Turing y Newman no cayeron en la cuenta de cómo se podía construir una máquina universal de Turing. El secreto estaba en la electrónica. Las «válvulas» electrónicas, tal y como las llamaban los británicos —en Estados Unidos se las conoce como «tubos de vacío»— funcionaban muchísimo más rápido que los relevadores, porque la única parte que se movía era un haz de electrones. El sueño de construir una máquina computadora universal *electrónica* que fuera milagrosamente rápida atrapó a los dos criptoanalistas.

En la primavera de 1936, no obstante, Turing concentraba principalmente su atención en conseguir que se imprimiera un trabajo académico que detallaba sus resultados matemáticos. Lo tituló «On Computable Numbers, with an Application to the *Entscheidungsproblem*». Publicarlo en una revista profesional era el primer paso para hacer que sus ideas se dieran a conocer y se comprendieran. Los trabajos no publicados rara vez tienen algún impacto —incluso una vez que ha salido a la luz, un trabajo puede recibir escasa atención—, así que Turing sabía que era necesario publicarlo si quería tener la posibilidad de que sus descubrimientos influyeran en el mundo matemático en toda su extensión. Sin embargo, había una dificultad: como el prolijo título de Turing indicaba, él había decidido centrarse en lo que Hilbert llamaba el *Entscheidungsproblem*, que se puede traducir por «el problema de la decibilidad» o «problema de la decisión».

Newman había dictado una conferencia sobre este delicado problema en St John's y Turing se dedicó a él de lleno en su investigación. En 1939, Gödel dio una explicación bastante teatral de lo que Turing había demostrado sobre el *Entscheidungsproblem*. Esto tuvo lugar durante algunas conferencias de introducción a la lógica que Gödel dictó mientras estaba visitando la universidad de Notre Dame, cerca de Chicago^[25]. Habló de una máquina imaginaria con una manivela. Según Gödel, este artefacto era semejante a una máquina de escribir, y en él se podían teclear fórmulas matemáticas. Si tecleabas una fórmula que estaba expresada en la notación de lo que él denominaba «cálculo proposicional» —un campo extremadamente sencillo de las matemáticas— y luego girabas la manivela una vez, la máquina haría sonar su timbre si la fórmula era demostrable según el cálculo proposicional; en cambio, permanecería en silencio si la fórmula no se podía demostrar. Es decir, la máquina era capaz de «decidir» si la fórmula era demostrable o no. Lo que Turing había revelado en su violento ataque contra el *Entscheidungsproblem* era que, si se tomaban en consideración fórmulas que viniesen de regiones de las matemáticas situadas más allá del simple cálculo proposicional, entonces era imposible construir una máquina computadora finita que pudiera decidir si las fórmulas son o no son demostrables^[26]. Era otro clavo en el ataúd de Hilbert, puesto que tanto él como sus seguidores creían que debería haber un procedimiento sistemático para decidir todas las cuestiones matemáticas^[27]. En un último gesto escénico, Gödel añadió que el hallazgo de Turing mostraba que «la mente humana nunca va a poder ser reemplazada por una máquina», una reivindicación curiosa a la

que regresaré en el capítulo XI.

El problema era que, justo cuando Turing estaba preparándose para enviar su manuscrito al editor de la revista, llegó a Cambridge una copia de un trabajo de un lógico americano llamado Alonzo Church que se acababa de publicar^[28]. Church, unos años mayor que Turing, era un joven impetuoso del departamento de Matemáticas de la universidad de Princeton, que a finales de la década de 1920 había pasado seis meses estudiando con el grupo de Hilbert en Gotinga^[29]. Un examen de las sucintas dos páginas de símbolos matemáticos de Church reveló el amargo hecho de que había demostrado y publicado el mismo hallazgo que Turing sobre el *Entscheidungsproblem*. ¡Burlado! Es una de las peores cosas que le pueden pasar a un investigador. Ciertamente, la publicación de Church no contenía nada semejante a la máquina universal de Turing ni a la noción de programa almacenado, pero, con todo y con eso, había un solapamiento significativo con el manuscrito de Turing, y las reglas académicas dictan que, una vez que alguien ha publicado un resultado matemático, nadie más debe publicarlo a no ser que haya diferencias importantes o nuevas perspectivas. Afortunadamente, Turing tenía al dinámico Newman cerca para que le aconsejara. Para Newman, estaba claro que la relevancia del trabajo de Turing iba más allá de su estricta aplicación al *Entscheidungsproblem*^[30]. Le aconsejó a Turing que lo publicara e incluso escribió al editor de la London Mathematical Society diciendo que no se debería permitir que la publicación previa de Church obstaculizara la aparición del trabajo de Turing en la revista de la sociedad^[31]. Newman fue convincente, como acostumbraba, y la obra maestra de Turing se publicó a finales de 1936^[32].

El enfoque de Church no había convencido a Gödel, que veía un agujero en la argumentación. Church no había conseguido demostrar que no existiera *ningún* modo posible de construir la máquina de decisión, la máquina de escribir con manivela, tal y como Gödel la describía en sentido figurado. Con la aspereza característica de los académicos, Gödel le dijo a Church que su enfoque técnico era «absolutamente insatisfactorio» (según contaba Church en una carta)^[33]. Pero cuando Gödel leyó el trabajo de Turing, vio que este había conseguido lo que Church no había logrado. La «definición de Turing de la computabilidad mecánica» era «de lo más satisfactoria», escribió Gödel con aprobación, y dejaba el asunto «más allá de toda duda»^[34].



Figura 4. El ACE de Turing (Automatic Computing Engine, motor de computación automática).
Crédito: National Physical Laboratory. —© Crown copyright.

Sin embargo, había algunos pequeños errores en el trabajo de Turing^[35]. Esto no es infrecuente en trabajos matemáticos de semejante complejidad, y la despreocupación natural de Turing ciertamente no ayudó. Publicó una corrección unos meses más tarde, pero algunos errores menores quedaron aún ocultos. Tras la guerra, Donald Davies, el brillante asistente de Turing en el National Physical Laboratory de Londres, descubrió estos fallos, que tildó de «errores de mala programación». Ingenuamente, el joven científico creyó que Turing estaría encantado de tener noticia de ellos^[36]. «Fui a decírselo; yo estaba bastante exaltado», recuerda Davies. Pero Turing se enfadó: «Se molestó mucho —rememora Davies, imperturbable— e indicó muy alterado que realmente no importaba; que, en principio, la cosa era correcta». Este era un rasgo de carácter que la familia de Turing conocía bien. «Lo que de veras le hacía enfadar era que lo contradijeran en cuestiones científicas», observa su madre^[37]. A veces tenía que irse de la habitación y darse un paseo para sacudirse el mal humor.

Con el artículo aceptado para su publicación, era el momento de que Turing desplegara sus alas. Eligió Estados Unidos, un actor nuevo y dinámico en el ámbito de las matemáticas y las ciencias a nivel mundial. Turing llevaba queriendo visitar la universidad de Princeton desde el año anterior y, ahora que había descubierto la existencia de Church, ir tenía todavía más sentido^[38]. Princeton, con sus edificios neogóticos de piedra y sus patios interiores resguardados, era un invernadero habitado por algunos de los mejores matemáticos del planeta: un oasis de ensueño en los suburbios del sur de esa sórdida extensión urbana que es Nueva Jersey. Existía la posibilidad de hacer trabajos matemáticos conjuntos con Church. Este era muy consciente de la existencia de Turing y fue quien acuñó el término «máquina de Turing» para designar su invento^[39]. Turing hizo sus maletas y abandonó los aires monasteriales de Cambridge por la tierra de la libertad.

III

ESTADOS UNIDOS, MATEMÁTICAS, HITLER

Turing abandonó el puerto inglés de Southampton en dirección a Estados Unidos en septiembre de 1936, llevando consigo un viejo sextante adquirido en una tienda de segunda mano de Farringdon Road, en Londres^[1]. Viajó en el barco de vapor *Berengaria*, operado por la línea Cunard White Star: un barco inmenso, coronado por tres gigantescas chimeneas rojas y negras, y con una tripulación de más de mil personas para hacerse cargo de casi cinco mil pasajeros^[2]. Este coloso flotante tenía espacio para el doble de personas que el anterior buque insignia de la White Star, el funesto *Titanic*. Igual que la mayoría de los estudiantes que viajan, Turing había comprado el pasaje más barato y pasó el viaje en «tercera clase», el tipo de alojamiento más incómodo.

Las cabinas y los salones de primera clase del *Berengaria* seguían el modelo de los hoteles de lujo de Londres, pero el camarote de Turing en tercera clase era estrecho, sin espacio apenas^[3]. Turing dijo malhumorado que el mozo de camarote era «extremadamente negligente y también algo desagradable»; no se sentía a sus anchas entre los pasajeros de cuarta clase y, estando a bordo, escribió en tono pretencioso en una carta: «Podemos ignorar fácilmente a la panda de *canaille* [sinvergüenzas] con que me han apiñado». Parece que viajar en circunstancias incómodas sacó lo peor de él, y tildó a sus compañeros de viaje estadounidenses de «criaturas de lo más insufrible e insensible», aunque añadió esperanzado que era posible que no todos los estadounidenses «fueran así». Tampoco el sextante funcionaba muy bien, pues la constante vibración de los cuatro enormes motores del barco le impedía hacer lecturas precisas de las estrellas. Este periplo poco estimulante duró casi una semana antes de que el *Berengaria* amarrase en la terminal de pasajeros de Nueva York.

«Recibir el pase de los oficiales de inmigración implicó esperar en una cola durante más de dos horas con un montón de niños gritando a mi alrededor», refunfuñó Turing^[4]. «Entonces —prosiguió—, después de franquear la aduana, tuve que pasar por la ceremonia de iniciación estadounidense, que consiste en que te estafe un taxista». En Inglaterra, quejarse se utiliza a modo de lubricante social, y Turing estaba a punto de aprender que, en Estados Unidos, esto no funcionaba tan bien. «Estos estadounidenses tienen ciertas peculiaridades en la conversación que de algún modo te llaman la atención —protestó—. Cuando les agradeces cualquier cosa, te dicen: “Bienvenido”. Al principio me gustó, pensando que era bienvenido, pero ahora me doy cuenta de que es algo que regresa a ti como cuando lanzas una pelota contra

una pared, y me he vuelto bastante aprensivo».

No era un mal momento para estar en aquel país. Con los últimos coletazos de la gran depresión, la economía seguía mostrando altibajos, pero todo iba mejorando. Los estadounidenses exudaban optimismo^[5]. Su país era fuerte y estaba llamado al éxito. El puente Golden Gate de San Francisco se inauguró en mayo de 1937, la Fair Labor Act [ley de estándares de trabajo justo] mejoró las condiciones de los trabajadores y una Shirley Temple adolescente y llena de energía llenaba las pantallas: la joven nación marchaba hacia un futuro sólido y próspero para todos. No mucho después de que Turing llegara a Estados Unidos, Franklin D. Roosevelt consiguió una victoria aplastante en las elecciones con sus políticas del New Deal. «Esta noche es la de las elecciones —escribió Turing— y los resultados se están haciendo públicos mediante retransmisión (“por radio” dicen ellos en su lengua nativa)»^[6]. Y añadía jocosamente: «Mi método para enterarme de los resultados es irme a la cama y leerlos en el periódico a la mañana siguiente». A pesar de sus bromas sobre «nosotros y ellos», Turing probablemente se sintió bastante cómodo en Estados Unidos. Él nunca había encajado en su propio país: la mujer de Newman, Lyn, dijo a su manera jocosa que los «esfuerzos aislados de Turing para parecer cómodo en los círculos de la clase media-alta en la que había nacido destacaron por ser particularmente infructuosos»^[7]. En Estados Unidos, él era un extranjero permanente, y estaba más o menos eximido de cualquier expectativa de encajar.



Turing en una mecedora.

Crédito: King's College Library, Cambridge.

Princeton no le decepcionó. «El departamento de matemáticas cumple a la perfección con mis expectativas —dijo^[8]—. Aquí están muchos de los matemáticos más distinguidos: J. von Neumann, Weyl, Courant, Hardy, Einstein, Lefschetz, así como muchos otros de menor pelaje».

Church era un hombre prudente y pesado, algo lerdo, según algunos. Le gustó el «On Computable Numbers» de Turing, y tomó a este bajo su protección. «Me llevo muy bien con él», escribió Turing con entusiasmo. Sin embargo, desde el punto de vista social, las cosas enseguida mudaron a peor. Church lo invitó a que se pasase a cenar una noche, pero después Turing se lamentaba: «Teniendo en cuenta que los invitados son todos gente universitaria, la conversación me resultó bastante decepcionante»^[9]. «Por lo que recuerdo, no pareció que hubieran hablado de nada salvo de los distintos estados de los que procedían —dijo en tono crítico, añadiendo—: La descripción de viajes y lugares me aburre enormemente». También descubrió algo sobre la familia Church que probablemente preferiría no haber sabido. «Entrar

en casa de Church me supuso una desagradable conmoción» relataba, porque tanto Church como su padre eran ciegos de un ojo. «Cualquier defecto hereditario de ese tipo me daba escalofríos», dijo Turing con remilgo. Esto corría parejo con su tendencia a sentirse asqueado si la conversación viraba hacia lesiones u operaciones quirúrgicas^[10]. Parece que la relación con Church nunca llegó a cuajar.

Un año después, el propio Newman siguió a Turing hasta Princeton. Llegó con Lyn y sus dos hijos en septiembre de 1937 para pasar el trimestre universitario de otoño reflexionando y haciendo trabajo en equipo. «Max no tiene trabajo aquí — explicó Lyn con ironía a sus padres^[11]—. Sencillamente, se sienta en casa a hacer lo que quiere. Para eso es para lo que existe el Institute of Advanced Studies». Durante su estancia en Princeton, Newman descubrió lo que tomó por una prueba de la famosa conjetura de Poincaré en el ámbito de la topología, y confiaba lo suficiente en la importancia de su trabajo como para organizar un ciclo de cuatro seminarios sobre el tema. Durante estos, presentó su nueva prueba a la asamblea de profesores de matemáticas de Princeton, pero más tarde descubrió una falla terrible en su argumentación. Afortunadamente, ninguno de los matemáticos de Princeton se había percatado del problema, lo cual le ahorró a Newman un bochorno considerable, pero aun así fue un trago amargo. Lyn se despertaba en mitad de la noche y, medio dormida, recordaba que algo espantoso había ocurrido. ¿Era que había muerto uno de sus hijos? Decía con sarcasmo que, cuando caía en la cuenta de que la prueba de Max había fallado, le parecía todavía peor^[12].

Con el paso de los meses, la situación internacional se estaba poniendo cada vez más negra, aunque casi todos los estadounidenses se sentían al margen de los distantes acontecimientos de Europa y del Este. Como si fuera un símbolo de lo que estaba por llegar, el gigantesco dirigible de pasajeros *Hindenburg* —cuya cola iba engalanada con esvásticas— cayó del cielo envuelto en llamas en Lakehurst, Nueva Jersey, a tan solo setenta kilómetros de Princeton. También en 1937, la armada imperial japonesa invadió Shanghái y luego Nanquín, que en aquel entonces era la capital de China. Los tanques alemanes del general Franco consiguieron entrar en las ciudades españolas leales a la república de izquierdas. Barcelona fue bombardeada por aviones italianos, y la aviación alemana destruyó la ciudad de Guernica, en el norte de España. Este bombardeo aéreo fue una destrucción a distancia de una dimensión en apariencia incomprensible y dio origen a la atormentada pintura de Picasso, *Guernica*. Aun así, no era nada en comparación con lo que se reservaba el futuro.

Por toda Europa se fabricaba y almacenaba armamento. Cada año, una multitud cada vez mayor de alemanes normales y corrientes asistía al mitin nazi de Núremberg, donde la oratoria de Hitler los tenía subyugados. Con gran pompa y ceremonia, el *führer* alemán y el líder fascista de Italia, Benito Mussolini, se encontraron por primera vez en un andén de la estación de ferrocarril de Múnich. En Estados Unidos, mientras Boris Karloff le helaba la sangre a millones de personas

con *Frankenstein*, el almirante Claude C. Block tomaba el mando de la Marina y decía con tranquilidad: «Me gustaría recalcar que nuestra única justificación para estar aquí es prepararnos para luchar»^[13]. El gran rival de Roosevelt, Herbert Hoover, le contaba al público la agitación política que dominaba toda Europa. «Libertad de expresión, libertad de prensa, libertad de culto...; para los tres cuartos de la población de Europa, nuestros grandes ideales americanos han muerto, y están atenazados por el terror —entonó con su típica inexpresividad. Y continuaba—: Pero nosotros, en Estados Unidos, debemos mantener de forma inflexible nuestra determinación de no involucrarnos en las guerras de otros pueblos y en los problemas de otras personas»^[14].

La monarquía británica también se hallaba confusa. Su historia colmó los periódicos estadounidenses durante algún tiempo antes de que pudiera irrumpir en Gran Bretaña. Turing se tomó un vivo interés por el asunto y enviaba recortes de prensa a su madre, en Inglaterra. Eduardo VIII estaba en proceso de renunciar a la corona para casarse con la mujer a la que amaba, Wallis Simpson, una dama de Baltimore que estaba divorciada. Fuera cuales fueran sus sentimientos, Eduardo era alguien que no se atenía a las convenciones, y esto tocó la fibra sensible de Turing. «Me horroriza cómo la gente está intentando obstaculizar el matrimonio del rey —dijo^[15]—. Puede que no deba casarse con la señora Simpson, pero eso es asunto suyo». Turing bromeaba: «Yo mismo no voy a tolerar intromisiones por parte de los obispos, y tampoco veo que el rey tenga por qué hacerlo».

El escollo radicaba en que la iglesia de Inglaterra se oponía al matrimonio de los divorciados, y el rey estaba obligado a observar los principios de la iglesia. Para Eduardo, la llamada del amor superaba a la del deber. En el asunto sobre si debía permitirse que Eduardo se casara con la señora Simpson y siguiera siendo rey, Turing se sentía dividido. «Al principio, estaba totalmente a favor de que el rey conservara el trono y se casara con la señora Simpson y, si el asunto se redujera a esto, mi opinión continuaría siendo la misma —explicó^[16]. Pero había otras cuestiones en juego—. Por lo visto, el rey era extremadamente negligente con los documentos de estado y los dejaba por ahí tirados y permitía que la señora Simpson y sus amigos los vieran. Ha habido filtraciones alarmantes. También una o dos cosas más por el estilo, pero esta es la que más me molesta». La importancia que Turing le concedía a la seguridad y su patriotismo empedernido enseguida iban a encontrar su hogar natural, cuando entrase en el secreto mundo de las señales de inteligencia. Con todo, su patriotismo no llegaba a hacerle respetar incondicionalmente al arzobispo de Canterbury, primado de la iglesia de Inglaterra. «Considero que su comportamiento es ignominioso —se enfureció Turing—. Esperó hasta que Eduardo estuvo fuera del panorama y entonces descargó contra él un montón de insultos fuera de lugar»^[17]. «No osó hacerlo mientras Eduardo era rey —seguía—. Además, no había objetado nada en contra de que el rey tuviera a la señora Simpson por amante; pero que se casara con ella, eso no podía ser de ningún modo». Cuando el culebrón real llegó a su épico final, Turing se

compadeció del rey, diciendo: «Lamento que Eduardo VIII se haya visto forzado a abdicar». «Respeto a Eduardo por su valentía», añadió. La valentía fue uno de los impulsos primarios de la vida del propio Turing.

En 1937, Turing comenzó a trabajar en lo que enseguida se convirtió en su principal proyecto de Princeton. El asunto central era lo que los matemáticos llaman «intuición». La mayoría de las personas son capaces de ver, por intuición, que las proposiciones geométricas sencillas son verdad, como la de que una línea recta y un círculo no pueden cruzarse más de dos veces. Probablemente, uno no necesite hacer grandes razonamientos para convencerse a sí mismo de que esto es cierto: es una de esas cosas cuya verdad mucha gente sencillamente puede ver. «La actividad de la intuición —explicaba Turing— consiste en hacer juicios espontáneos que no son el resultado de cadenas conscientes de razonamiento»^[18]. Cuanto más talento tenga el matemático, mayor es su capacidad de aprehender verdades por intuición.

Pero Hilbert recelaba de la intuición. Él creía que las matemáticas deberían proceder «de acuerdo con reglas formulables que están totalmente definidas»^[19]. La intuición era una de las «artes misteriosas» que, a su juicio, debían ser erradicadas de las matemáticas modernas^[20]. En el mundo ideal de las matemáticas de Hilbert, el *procedimiento sistemático* sustituiría a la esotérica intuición. Soñaba con el «fundamento concreto sobre el que todo el mundo pueda estar de acuerdo», el sencillo sistema finito de reglas formales totalmente definidas que cualquier computadora humana podría utilizar para probar la verdad de todas y cada una de las afirmaciones matemáticas, sin necesidad de ningún tipo de intuición. Semejante fundamento liberaría las matemáticas de las oscuras artes. Sin embargo, gracias a Turing y Gödel, ahora estaba claro que el fundamento soñado por Hilbert era una fantasía. Se adopte el procedimiento sistemático que se adopte, siempre habrá afirmaciones cuya verdad podrán ver los matemáticos por intuición, pero que no podrán demostrarse empleando las reglas. La intuición no se puede erradicar como Hilbert pensaba^[21].

La idea que vino a preocupar a Turing en Princeton era que a Hilbert y sus seguidores no les importaría aceptar el estricto *control* de la intuición en vez de su erradicación absoluta. En 1926, Hilbert había dicho que quería que las matemáticas fueran *kontrolliert*, «controladas»^[22]. Podía ejercerse un control sobre la intuición prohibiendo su uso excepto en circunstancias muy especiales: viene a ser como prohibir que los divorciados vuelvan a casarse excepto si lo hacen con un miembro de la familia real. Turing veía que, de esta manera, incluso habría sido posible eludir el teorema de incompletitud de Gödel utilizando lo que él llamaba sistemas lógicos «no constructivos» en los que «no todos los pasos de una prueba son mecánicos, sino que algunos son intuitivos»^[23]. Así pues, de las cenizas de la antigua forma de la filosofía de Hilbert estaba a punto de surgir una nueva. Turing dio un gran paso para matar este fénix antes de que tuviera tiempo de alzar el vuelo. Extendiendo los argumentos de «On Computable Numbers», mostró que, sencillamente, las matemáticas son

demasiado rebeldes como para que se pueda limitar de un modo semejante el papel de la intuición.

Estas eran las ideas que escribió para su tesis de doctorado en Princeton. «Creo que la tendré terminada para Navidad», dijo relajadamente en otoño de 1937^[24]. En esta investigación, Turing extendía el concepto de lo mecánico a regiones que ni siquiera su propia máquina universal era capaz de alcanzar^[25]. A diferencia de «On Computable Numbers», su tesis de doctorado, que lleva el desalentador título de «Systems of Logic Based on Ordinals» —y que constituía una lectura muy ardua^[26]—, nunca ha recibido la atención que merece. Puede que esto esté a punto de cambiar. Las máquinas que Turing definió en su tesis —a las que él, a modo de chanza, llamaba «máquinas oraculares»— son de hecho ejemplos matemáticos de procesadores, como los portátiles o los teléfonos inteligentes, que se comunican con una base de datos externa, del tipo de la World Wide Web. Recalcando la importancia actual de este trabajo matemático clarividente de Turing, el lógico Robert Soare ha dicho hace poco que las máquinas oraculares proporcionan una teoría matemática para la «informática en línea e interactiva que se emplea en el mundo real de la computación»^[27]. Incluso es posible que, del mismo modo, las máquinas oraculares demuestren ser un modelo útil del cerebro humano^[28].

La tesis doctoral de Turing fue aceptada a comienzos de mayo de 1938: un gran acontecimiento para cualquier joven investigador^[29]. Durante su estancia en Princeton no todo había sido trabajar sin descanso. El hockey americano había sido un gran descubrimiento y su afición al tenis también lo tuvo muy ocupado, pero en las pistas de tierra seca populares en Estados Unidos, a las que él no estaba acostumbrado. «Son más cómodas para los pies (y probablemente para el bolsillo) que nuestras pistas duras, pero les cuesta recuperarse de los chaparrones», dijo^[30]. También viajó algo, a Washington, Virginia y Carolina del Sur, y en Nueva York se entretuvo explorando el metro y visitando el planetario. Probablemente, se quedó sorprendido por la actitud abierta de los bares y clubes gays del centro de la ciudad. En Washington vistió el Senado. «Parecían muy informales —dijo—. Solo seis u ocho de ellos estaban presentes y muy pocos parecían estar atendiendo»^[31].

Su padre, Julius, le dijo que debería encontrar un trabajo en Estados Unidos, pero, como se estaba fraguando la guerra, Turing ansiaba regresar a casa. En verano de 1938, el gran John von Neumann le ofreció un trabajo como asistente por mil quinientos dólares al año —aproximadamente la misma cantidad que la de su beca del King's—, pero Turing declinó la propuesta^[32]. Habría sido un comienzo muy práctico si hubiera tenido en mente quedarse en Estados Unidos. Von Neumann, un emigrado húngaro, era una de las lumbreras de las matemáticas internacionales y él mismo había sido asistente de Hilbert en Gotinga cuando tenía más o menos la edad de Turing^[33]. Perennemente ataviado con un traje formal, era una persona afable, festiva y amante de la diversión, y él y su mujer Klari mantenían las puertas de su

casa abiertas para los intelectuales de Princeton. En cualquier caso, Von Neumann acabaría por ser una figura importante en el futuro de Turing, pues le habló a la comunidad de ingenieros eléctricos en Estados Unidos sobre la máquina universal y sobre la noción de programa almacenado. Newman desempeñó un papel similar en Gran Bretaña. Él y Von Neumann iban, en muchos sentidos, a la par: matemáticos destacados y líderes de opinión, ambos eran encantadores y tenían cierta tendencia a distraerse. Von Neumann nunca dominó por completo el automóvil y se lo podía ver a menudo acelerando por las calles de Princeton en primera, con el motor revolucionado al máximo. Una vez que había acelerado, conducía por el centro de la calle a demasiada velocidad y esquivando el tráfico intrépidamente^[34]. Newman, de movimientos rápidos y ágiles, «movía la palanca de cambios con ademanes ostentosos; en una carretera tranquila, prefería conducir por el medio, evitando el tráfico que viniera de frente con un rápido volantazo, mientras sus pasajeros se preparaban para morir», relataba su hijo William. Una fotografía muy buena de Von Neumann lo muestra con un grupo de jinetes en el desierto estadounidense. Vestido con su traje de tres piezas, se las ha apañado para montar el caballo al revés y está mirando hacia la grupa.

Cuando Turing regresó a Inglaterra, más tarde, en el verano de 1938, solo se hablaba de la guerra. A medida que el verano iba tocando a su fin, la gente comenzó a hacer cola para conseguir máscaras antigás en los centros de distribución del gobierno, y había planes para evacuar de Londres a los niños. En un intento por evitar la lucha armada, el primer ministro británico, Neville Chamberlain, visitó a Hitler en Múnich. Antes de partir para Alemania, dijo en la radio británica: «Qué horroroso, grotesco e increíble es que debamos estar cavando trincheras y probándonos máscaras antigás aquí porque hay una disputa en un país lejano entre pueblos de los que no sabemos nada»^[35]. Igual que en Estados Unidos, no había mucho entusiasmo en Gran Bretaña ante la posibilidad de que el país se viera obligado a luchar en regiones lejanas. El que había sido el rey Eduardo dijo más tarde: «Yo pensé que los demás podíamos ser observadores pasivos mientras los nazis y los rojos luchaban hasta aniquilarse»^[36]. En Múnich, Chamberlain accedió a que Alemania se anexionara parte de Checoslovaquia, creyendo que podía garantizar la paz entre Gran Bretaña y Alemania si calmaba las ambiciones territoriales de Hitler. Regresó a Londres entre vítores multitudinarios y titulares de periódicos que exclamaban «PAZ» con letras de varios centímetros de alto^[37]. Una afirmación osada, impresa en la portada del *Daily Express*, decía: «Gran Bretaña no se verá envuelta en una guerra europea este año, y tampoco el que viene». Desde una ventana del primer piso del número 10 de Downing Street, Chamberlain se dirigió a la inmensa muchedumbre que estaba a pie de calle. «Creo que habrá paz para nuestro tiempo», les dijo^[38]. El acuerdo de Múnich trajo efectivamente la paz, pero no por mucho tiempo. La vida normal continuó durante otros once meses.

El comienzo de 1939 halló a Turing dictando conferencias sobre lógica

matemática en el King's, su primera experiencia en la enseñanza. «Mis conferencias van bastante bien —le contó a su madre^[39]—. Actualmente acuden a ellas catorce personas —y, en tono pesimista, continuaba—: Sin duda, la asistencia bajará conforme avance el trimestre». El propio Turing estaba a su vez asistiendo a un ciclo de conferencias sobre los fundamentos de las matemáticas dictado por el filósofo Ludwig Wittgenstein, quien le brindó a Turing un nuevo punto de vista sobre las matemáticas, totalmente diferente de su propia investigación. Natural de Viena, Wittgenstein se había instalado en Cambridge en 1929. Una de las mentes filosóficas más grandes del siglo xx, es conocido por sus comentarios sucintos y sugerentes, como: «Los límites de mi lenguaje constituyen los límites de mi mundo» y «Si un león pudiera hablar, no podríamos comprenderlo»^[40]. Las conferencias de Wittgenstein —que más bien eran debates de carácter libre y abierto con su escasa audiencia— tenían lugar en el lujoso Trinity College, contiguo a St. John's. Wittgenstein les decía a sus alumnos: «No traten su sentido común como un paraguas. Cuando vengan a la sala a filosofar, no lo dejen fuera, métenlo aquí con ustedes»^[41]. Su estilo de enseñanza era inconfundible y extravagante. «¿Cuál es su objetivo en filosofía? —se preguntaba retóricamente; y respondía—: Enseñarle a una mosca a escapar de un matamoscas»^[42]. En una conferencia citó el famoso comentario de Hilbert: «Nadie va a sacarnos del paraíso que Cantor ha creado». Wittgenstein les dijo a Turing y a los otros: «Yo ni siquiera soñaría con intentar sacar a nadie de este paraíso. Yo intentaría hacer algo bien diferente. Trataría de mostrarles que no es un paraíso, para que lo abandonaran ustedes por propia decisión».

Las conferencias de Wittgenstein causaban irritación. Él exclamaba cosas como: «Pero ahora mismo estoy confuso y en este momento no puedo llegar con claridad a lo que quiero decir sobre esto» y «Soy demasiado estúpido para empezar». A menudo, las conferencias consistían en una discusión entre Turing y Wittgenstein y Wittgenstein y Turing, que era el tipo de alumno con el que Wittgenstein parecía querer relacionarse más. Un día, anunció a toda la clase: «No sirve de nada que yo los intente convencer de algo con lo que Turing no estaría de acuerdo». De hecho, los dos hombres rara vez estaban de acuerdo, aunque Wittgenstein tranquilizaba a su clase: «No es que Turing tenga objeciones contra todo lo que yo digo. Está de acuerdo con cada palabra. Sus objeciones van contra la idea que él cree que subyace a mis palabras. Cree que estamos menoscabando las matemáticas, metiendo bolchevismo en las matemáticas. Pero no es así». La respuesta de Turing, si es que se molestó en dar una, no ha quedado registrada. En otra ocasión, Turing le dijo educadamente a Wittgenstein: «Ya veo lo que quiere decir». Wittgenstein contraatacó: «Yo no quiero decir nada». A menudo, la discusión era abstrusa, del tipo zen. En cierta ocasión, Wittgenstein comenzó a discutir la frase: «Turing tiene un teléfono invisible».

Media docena de las conferencias de Wittgenstein versaron sobre el peligro de las contradicciones en matemáticas, un tema que se había visto catapultado al primer

plano en 1901 cuando Bertrand Russell, otro filósofo del Trinity College, destapó una contradicción en la teoría de conjuntos, una de las ramas más importantes de las matemáticas. Wittgenstein sugirió a su público que existían contradicciones en matemáticas que no tenían por qué ser tan dañinas como normalmente se suponía. Turing respondió: «El verdadero daño no aparecerá a menos que exista una aplicación; en tal caso puede que se caiga un puente o algo por el estilo». «Pero en ese sentido, nada ha salido mal hasta ahora», observó Wittgenstein sin inmutarse. Fue un intercambio importante, que iba directo al meollo del asunto. Wittgenstein creía que lo que para muchos de los que estaban trabajando en la fundamentación de las matemáticas parecía ser un peligro terrible, un peligro que podría acabar conduciendo a un daño real en el mundo que está más allá de las matemáticas, era totalmente inocuo en la práctica.

Otra secuencia de conferencias de las que hicieron temblar los cimientos se ocupaba de la posibilidad de las matemáticas *experimentales*. Wittgenstein abrió la discusión: «A veces, parece que los descubrimientos matemáticos se llevan a cabo ejecutando lo que se podría denominar un experimento matemático». Turing respaldaba la idea de los experimentos matemáticos, pero Wittgenstein estaba en desacuerdo; decía que las matemáticas estaban «alejadas de los experimentos: están petrificadas». «Creo que si pudiera conseguir expresarme con claridad —dijo—, entonces Turing cesaría de decir que en matemáticas hacemos experimentos». Afortunadamente, Wittgenstein nunca consiguió explicarse con suficiente claridad y, después de la guerra, Turing continuó su trabajo pionero con las matemáticas experimentales asistidas por ordenador en la consola del computador de Manchester.

Mientras discutía la naturaleza de la fundamentación de las matemáticas con Wittgenstein, Turing se puso a trabajar seriamente en secreto en las matemáticas aplicadas, proyectando en esta ocasión sus energías, no contra Hilbert y la escuela de Gotinga, sino contra los códigos militares de Alemania. Que se sepa, la primera vez en que manifestó interés por los códigos fue en Princeton en 1936, cuando señaló que había encontrado la respuesta a la pregunta: «¿Cuál es el tipo más general de código o cifra posible?»^[43]. Construyó unos cuantos códigos en Princeton y dijo: «Uno de ellos es casi imposible de descifrar sin la clave y se cifra rápidamente». Y apuntó, como quien no quiere la cosa: «Tengo la expectativa de vendérselos al gobierno de su majestad por una suma sustanciosa, pero la verdad es que me surgen algunas dudas sobre la moralidad de algo así».

A finales de 1937, mientras Hitler «arianizaba» Alemania y establecía los primeros campos de concentración, las dudas morales de Turing parecían haberse disipado. Durante sus últimos meses en Princeton, diseñó y construyó parcialmente una máquina de cifrado eléctrica basada en un relevador. En algunos aspectos, se parecía a la máquina de codificación alemana Tunny, a la que él atacaría en 1942 estando en Bletchley Park. Tunny, que se describe en el capítulo VI, podría haber sido impenetrable si los alemanes la hubieran utilizado adecuadamente, pero Turing y sus

compañeros criptoanalistas fueron capaces de ponerla al descubierto. Tanto en el sistema de codificación de Tunny como en el que empleaba Turing, las palabras se representaban mediante números binarios, al igual que en los ordenadores modernos. Turing propuso proporcionar a los usuarios de su sistema un «diccionario» en el que se listaba el número que correspondía a cada palabra^[44]. No se conservan muchos detalles de la máquina de codificación de Turing; probablemente, se parecía a Tunny en que, una vez que el mensaje se había convertido en números, la máquina lo cifraba mezclando los números del mensaje con otros diferentes^[45], procedentes de una sucesión conocida como «la clave secreta». No sabemos qué método tenía Turing en mente para crear la clave secreta. Los ingenieros de la máquina Tunny utilizaban un complejo sistema de doce rotores giratorios para producir una serie siempre cambiante de números binarios de apariencia aleatoria.

Una vez que Turing estuvo de regreso en Cambridge, el Foreign Office de su majestad lo contrató para que trabajase a tiempo parcial en contraseñas y códigos. Conforme se consumían los últimos meses de paz de 1939, Turing se vio metido hasta las cejas en los materiales secretos de Enigma^[46]. Tras las puertas firmemente cerradas del King's y bastante aislado —a excepción de la vidriosa mirada marrón de su osito Porgy, de apariencia estudiosa—, Turing hizo sus primeras exploraciones en el sistema de cifrado que gobernaría los siguientes años de su vida^[47].

Hitler, que fue el hombre del año en 1938 según la revista *Time*, invadió Polonia unas semanas antes del primer aniversario del pacto de Múnich, y Chamberlain finalmente abandonó sus esfuerzos de mantener relaciones pacíficas con Alemania. Millones de personas, sentadas o de pie en sus salas de estar, escucharon una mañana de domingo, en septiembre de 1939, los chisporroteos y estallidos de la emisión de emergencia de Chamberlain: «Este país está en guerra con Alemania», anunció. Con su voz rítmica e hipnótica les dijo a sus oyentes: «La situación, por la cual ya no se puede confiar en una sola de las palabras del dirigente de Alemania, y ningún otro pueblo o país puede sentirse a salvo, se ha vuelto intolerable». En Washington, el presidente Roosevelt, con unas ojeras de extenuación que le hacían parecer un mapache, se dirigió a Estados Unidos: «No dejemos que ningún hombre o mujer hable irreflexiva o falsamente sobre enviar ejércitos estadounidenses a los campos europeos —exclamó con cansancio^[48]—. Espero que Estados Unidos se mantenga al margen de esta guerra», concluyó, dejando la puerta ligeramente abierta a la incertidumbre.

IV

TIC-TIC-TAC: LLAMADA DE ENIGMA

Durante la Segunda Guerra Mundial, el ejército, la fuerza aérea y la marina alemanes transmitieron muchos miles de mensajes cifrados cada día. Estos iban desde señales de alto nivel, como detallados informes de situación que preparaban los propios generales en los frentes de batalla y órdenes firmadas por el propio Hitler, hasta los pormenores importantes de la guerra, como informes meteorológicos e inventarios de la carga de los barcos de abastecimiento. Gracias a Turing y a sus compañeros criptoanalistas, gran cantidad de esta información terminó en manos de los aliados — algunas veces al cabo de una o dos horas de que se hubieran emitido. Cuanto más rápido se descifraban los mensajes, más fresca era la información que contenían y, al menos en una ocasión, se pudo leer en el almirantazgo británico la traducción al inglés de un mensaje de Enigma interceptado menos de quince minutos después de que los alemanes lo hubieran emitido^[1].

Algunos historiadores estiman que esta operación masiva de criptoanálisis (especialmente la del submarino alemán Enigma, en la que Turing desempeñó un papel destacado) acortó la guerra en Europa nada menos que entre dos y cuatro años^[2]. Si Turing y su grupo no hubieran debilitado a los submarinos que resistían en el Atlántico norte, la invasión del continente europeo por parte de los aliados en 1944 (el desembarco del Día D) podría haberse visto retrasada quizá un año, o puede que algo más, puesto que el Atlántico norte era la ruta que tenían que recorrer la artillería, el combustible, las provisiones y las tropas para alcanzar Gran Bretaña desde América. Harry Hinsley, un miembro del pequeño y sólido equipo que luchó contra la Enigma de la marina y que más tarde se convirtió en el historiador oficial de la inteligencia británica, ha subrayado la relevancia de la derrota de los submarinos alemanes^[3]. Hinsley señala que un retraso en la coordinación temporal de la invasión, incluso aunque hubiera sido muy inferior a un año, habría puesto a Hitler en una posición reforzada para resistir el asalto aliado. Se podría haber apuntalado todavía más la fortificación de la línea costera francesa; se podrían haber trasladado al lugar inmensos ejércitos de carros de combate alemanes, listos para forzar a los invasores a regresar al océano —o, si eso fallaba, para impedirles que cruzaran el Rin y penetraran en Alemania— y grandes cantidades de misiles V-2 de propulsión a cohete podrían haber llovido sobre el sur de Inglaterra, sembrando el caos en los puertos y los campos de aviación cuya misión era apoyar a las tropas invasoras. Tal y como se desarrollaron en realidad los acontecimientos, a las tropas aliadas les llevó un año despejar el camino desde la costa francesa hasta Berlín; pero, en un escenario en el

que la invasión se hubiera retrasado dándole más tiempo a Hitler para organizar su defensa, la lucha por alcanzar Berlín podría haber llevado el doble de tiempo. Según una estimación prudente, cada año de la guerra en Europa implicó, de media, unos siete millones de muertes, así que la importancia de la aportación de Turing se puede cuantificar en términos del número de vidas que se podrían haber perdido si él no hubiera logrado hacer lo que hizo. Si no se hubiera descifrado la máquina Enigma de los submarinos alemanes y la guerra hubiera continuado durante otros dos o tres años, podrían haber muerto entre catorce y veintiún millones de personas más. Desde luego, incluso en un escenario hipotético en el que Turing no hubiera sido capaz de descifrar la máquina Enigma de los submarinos, la guerra podría haber terminado de todas formas en 1945 a causa de cualquier otro incidente, también contrario a los hechos reales, como el lanzamiento de un arma nuclear en Berlín. Con todo, ese número colosal de vidas consigue dar una idea de la magnitud de la aportación de Turing.

En 1918, cuando estalló la guerra, Enigma era la tecnología punta de los alemanes para la protección de sus comunicaciones militares. La máquina de alta tecnología Tunny no empezó a prestar servicio regular hasta casi dos años más tarde (como se describe en el Figura 6). En 1918, el ingeniero berlinés Arthur Scherbius había ganado la patente por su diseño de Enigma y, a principios de la década de 1920, la máquina ya estaba a la venta en el mercado libre, aunque el modelo para el público carecía del importantísimo clavijero que se muestra en la foto. Las autoridades británicas rechazaron esta primera versión de Enigma después de que uno de sus expertos mostrase cómo se podía romper el código (fue Hugh Foss, quien más de una década después se uniría a Turing en la histórica batalla contra los submarinos alemanes)^[4]. Ajena al escepticismo británico, la marina alemana adoptó Enigma en 1926, seguida por el ejército en 1928^[5]. El clavijero (o *Steckerbrett*), que se añadió a petición del ejército alemán en 1930, mejoró en gran medida la seguridad del sistema^[6]. Al igual que Foss, los criptoanalistas alemanes descubrieron cómo penetrar la versión que carecía de clavijero y Alemania vendió cientos de estas máquinas vulnerables a los gobiernos de Suiza y Hungría, y también a España, donde se emplearon durante la Guerra Civil española^[7].



Figura 6. La máquina Enigma, con sus rotores, sus luces y el panel de control a la vista.
Crédito: Science Museum / Science & Society Picture Library. —Todos los derechos reservados.

La Figura 6 muestra los tres rotores, que son el corazón de la máquina Enigma^[8]. Un modelo todavía más complejo, que emplearon los submarinos del Atlántico a partir de 1942, tenía un cuarto rotor^[9]. Estos tres rotores eran extraíbles, y en una caja de madera que se guardaba cerca de la máquina había cinco (más tarde fueron ocho) rotores numerados, todos ellos diferentes. Cuando un operador de Enigma comenzaba su turno, consultaba un folleto impreso que especificaba cómo había que configurar la máquina cada día del mes en curso. El mismo folleto se facilitaba a todos los operadores de su red en particular. Turing y sus colegas dieron a cada una de las diferentes redes de Enigma un nombre en clave: Amarillo, Rojo, Verde, Celeste, Tiburón, Delfín, Marsopa, Ventosa, Cernícalo, Fénix, Langosta y Campanilla, por nombrar solo unos pocos. El operador insertaba en la máquina los tres rotores del día en el orden especificado, cerraba la tapa interior y conectaba y desconectaba clavijas en el clavijero de acuerdo con la especificación del día. Algunas veces, la configuración la hacía un oficial del ejército en vez del humilde operador de Enigma. Una vez que la configuración estaba terminada, el operador comenzaba a cifrar su primer mensaje del día. Para hacerlo, tan solo tenía que teclear el mensaje en alemán normal^[10].

El teclado estaba conectado a un panel de luces en el que había veintiséis bombillas, cada una de las cuales desprendía luz a través de un clisé sobre el que quedaba marcada una letra del alfabeto. Cada vez que el operador presionaba una letra en el teclado, una letra diferente se iluminaba en el panel de luces. Teclear

HITLER podía generar las letras FKLPIM, por ejemplo. Cada vez que el operador pulsaba una letra, uno o más de los rotores que estaban dentro de la máquina giraban hasta alcanzar una muesca y, cada vez que un rotor se movía, se alteraban las conexiones eléctricas entre el teclado y el panel de luces. (Cada uno de los rotores podía pasar por un total de veintiséis posiciones, de la A a la Z). Como el patrón de conexiones estaba cambiando constantemente, teclear HITLER por segunda vez generaba una secuencia de letras diferente en el panel de luces. La Figura 7 muestra cómo trabajaba la máquina.

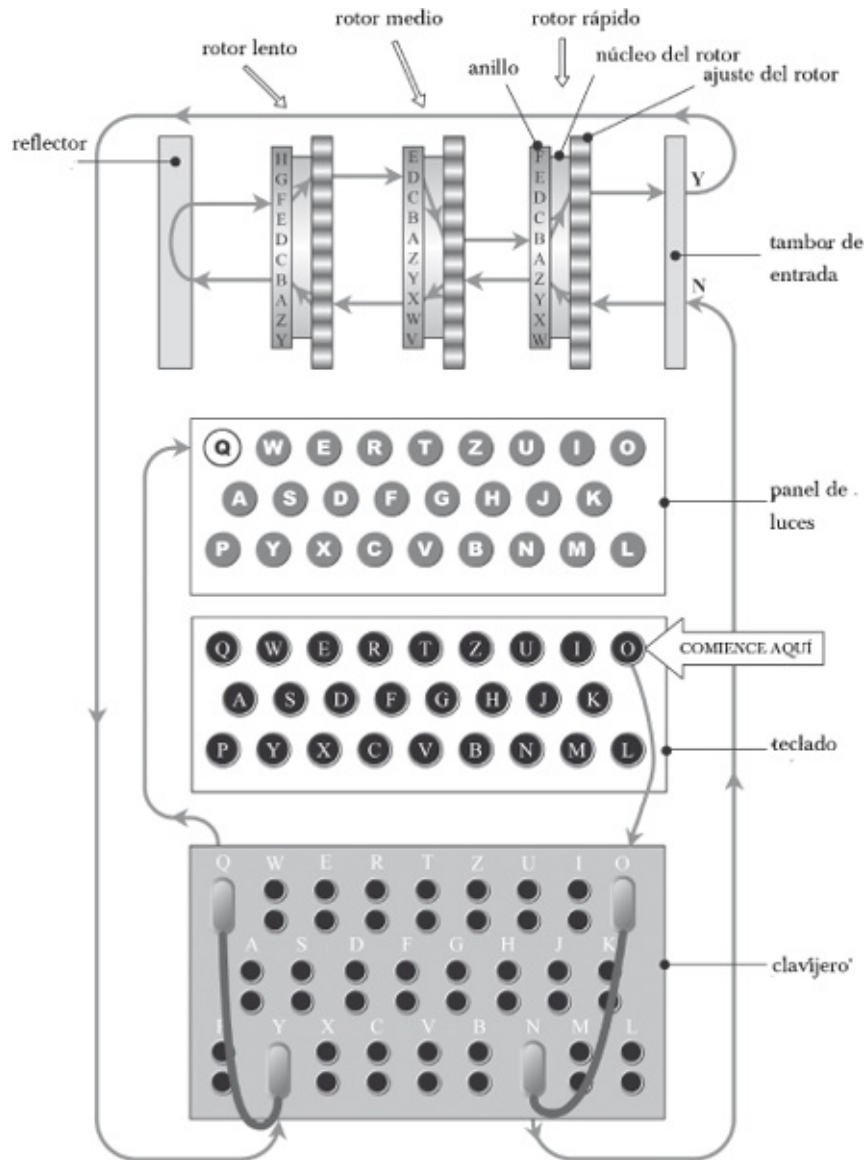


Figura 7. Cómo cifra una letra la máquina Enigma.

Crédito: Dustin Barret y Jack Copeland. —Todos los derechos reservados.

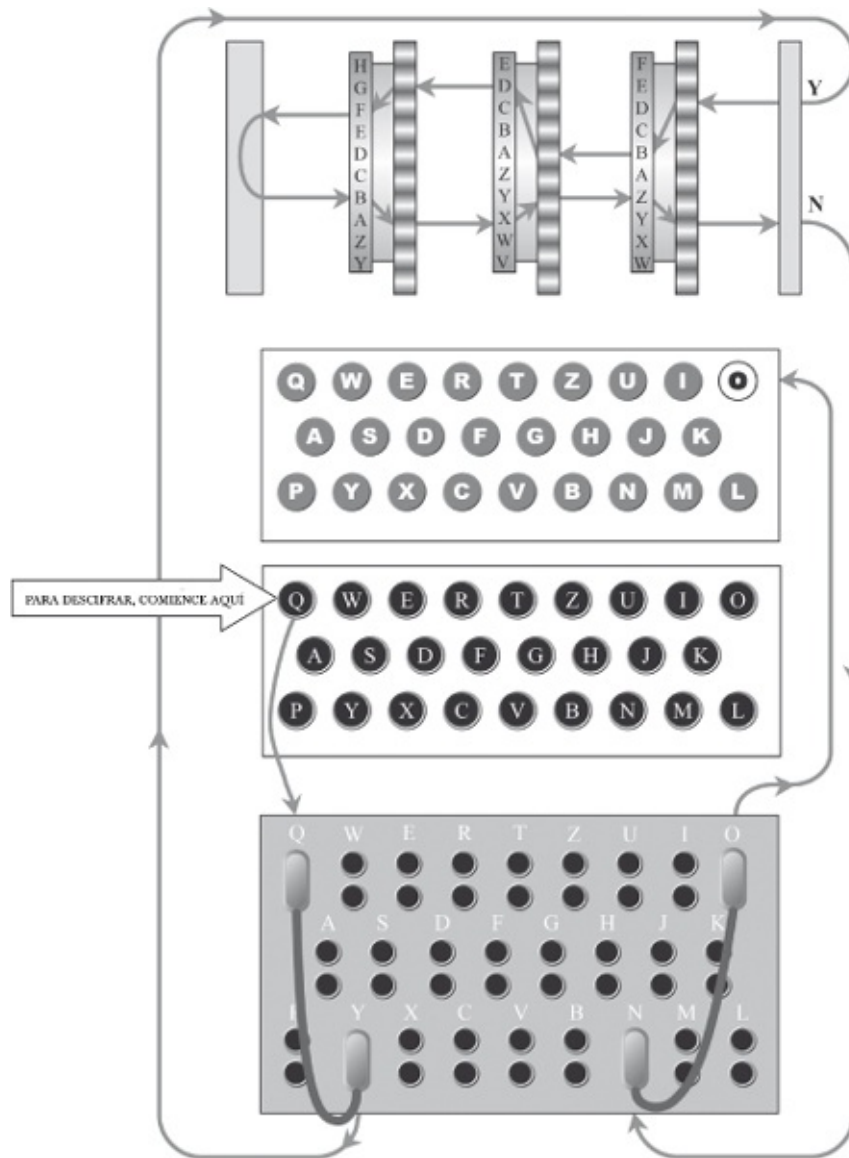


Figura 8. Cómo descifra Enigma.

Crédito: Dustin Barret y Jack Copeland. —Todos los derechos reservados.

Las letras que aparecían en el panel de luces configuraban el *texto cifrado*, es decir, el mensaje en clave. A medida que las letras del texto cifrado se encendían de una en una, el asistente del operador las iba anotando meticulosamente. Después, se añadían varios elementos al mensaje, como una «cabecera» no cifrada, con datos como la hora de origen del mensaje, el indicativo de radio del receptor previsto y un grupo de letras que identificaban la red del emisor. Entonces, un operador de radio transmitía la cabecera y el texto cifrado por código morse.

En el extremo receptor, el proceso se llevaba a cabo a la inversa. El operador de radio que recibía el mensaje reconvertía los tic-tic-tac de la transmisión de morse en letras de texto cifrado, y llevaba el resultado al operador de Enigma. Este introducía el texto cifrado en el teclado, tras haber configurado su máquina de manera idéntica a la del emisor; y las letras del mensaje original alemán —el texto llano— se encendían una a una en el panel de luces. El cableado de Enigma era tal que la sustitución de sus letras era reversible, y esta reversibilidad era la clave para que el mensaje se

descifrara de forma automática. Si, por ejemplo, la O había generado una Q en la máquina del emisor, entonces, si la configuración era la misma, la Q generaba una O en la máquina del receptor. La Figura 8 muestra cómo funcionaba esto.

Para un receptor no autorizado que quisiera descifrar el mensaje, la tarea era descorazonadora. Primero necesitaba descubrir cuál era la configuración de Enigma al comienzo del mensaje: qué rotores estaban dentro de la máquina y en qué orden, cómo estaba conectado el clavijero y a qué posiciones había girado los rotores el emisor antes de haber empezado a teclear el texto. Parte de cada rotor asomaba través de una ranura de la tapa interior de Enigma, de tal manera que el operador pudiera hacer girar los rotores con el pulgar o con otro dedo antes de comenzar a teclear el mensaje. (En la Figura 6 se ven las tres ranuras sobre los rotores). Las partes móviles de la máquina se podían combinar de diferentes maneras; el criptoanalista tenía que elegir precisamente la combinación que estaba configurada al comienzo del mensaje. Y esto presupone que el criptoanalista ya había descubierto, de algún modo, los detalles básicos de la máquina, en particular cuál era la disposición de los cables dentro de los rotores. Si se observa la rueda situada a la izquierda en la Figura 7, el cableado interior lleva desde la X hasta la D pasando por la B y la F, por ejemplo; el resto de las conexiones carecían igualmente de patrones y eran del mismo modo azarosas. Cada uno de los cinco (y más tarde ocho) posibles rotores tenía un cableado interno diferente, y el aspirante a criptoanalista hubiera debido conocerlos todos.

Los primeros éxitos contra la máquina Enigma del ejército alemán fueron los de la Biuro Szyfrów, es decir, la oficina de cifrado polaca, que se ubicaba en la ciudad de Varsovia. Más o menos a finales de 1932, el criptoanalista polaco Marian Rejewski, un hombre bajito y pensativo, con anteojos circulares como de búho, se las ingenió para deducir el cableado que estaba dentro de los rotores^[11]. Fue una de las grandes hazañas en la historia del desciframiento de códigos. Rejewski había obtenido información crucial a partir de unas fotografías que el servicio secreto francés había pasado a los aliados polacos. Algunas de estas fotografías mostraban páginas con las configuraciones de Enigma para septiembre y octubre de 1932, y esta información fue —tal y como reconoció Rejewski— «el factor decisivo en la revelación de los secretos de la máquina»^[12]. Las fotos las había tomado un alemán, Hans-Thilo Schmidt, que trabajaba en el departamento de cifrado de la marina alemana y que estaba espionando para los franceses. Al parecer, la única motivación de Schmidt era la ganancia económica y durante un tiempo disfrutó de un alto nivel de vida gracias al espionaje. En 1943, mientras lo interrogaban, el hombre que había reclutado a Schmidt en 1931 para el Deuxième Bureau, Rudolphe Lemoine, reveló la traición del alemán^[13]. Schmidt murió algo más tarde ese mismo año en una prisión de la Gestapo en Berlín^[14]. Aunque fuera un mercenario, Schmidt fue una figura crucial en la batalla de Enigma. A través de Rejewski, incidió decisivamente en el curso de la historia europea.

Además de deducir el cableado de los rotores, Rejewski también descubrió —

gracias a una suposición afortunada— el patrón de cableado fijo que atravesaba el llamado tambor de entrada de Enigma (véase la Figura 7). El tambor de entrada daba la oportunidad de introducir una capa adicional de permutaciones en Enigma, al conectar de forma aleatoria las terminales de las veintiséis letras situadas en el lado derecho de la placa con las veintiséis terminales situadas al otro lado de la placa (por ejemplo, la A con la K, la B con la X, y así sucesivamente, con elecciones igualmente aleatorias para las veinticuatro letras restantes). Así y todo, Rejewski tuvo el pálpito de que los ingenieros alemanes se habían limitado a conectar las terminales de manera ordenada: la A con la A, la B con la B, etc. Resultó que tenía razón. Los británicos nunca consiguieron averiguar cuál era el cableado del tambor de entrada^[15]. Quizá sentían más respeto por el ingenio alemán. Con todo, los diseñadores de Enigma no eran tontos y, probablemente, confiaron en que el enemigo descartaría una elección de cableado tan vulgar.

Solo unas semanas antes de que las tropas alemanas penetraran por toda la frontera de Polonia en septiembre de 1939, los criptoanalistas polacos invitaron a dos de sus homólogos británicos a Varsovia para un encuentro de alto secreto. «Los polacos nos recogieron a las siete de la mañana —recordaba el comandante Alastair Denniston— y nos llevaron hasta un claro en el bosque a unos veinte kilómetros de Varsovia»^[16]. Allí, les revelaron el cableado de la placa de entrada y de las ruedas. «En el encuentro dijimos todo lo que sabíamos y mostramos todo lo que teníamos», contó Rejewski^[17]. Después del encuentro, el colega de Denniston, Dilly Knox, que era la pieza clave en el trabajo británico sobre Enigma, llegó a cantar de alegría —aunque su reacción inmediata, mientras estaba sentado escuchando los triunfos de Rejewski, fue una furia indisimulable porque los polacos se le habían anticipado^[18].

Gracias a este y a otros descubrimientos de Rejewski, los polacos llevaban leyendo la máquina alemana militar, Enigma, desde 1933. A comienzos de 1938, el Biuro Szyfrów descifraba aproximadamente el setenta y cinco por ciento de todo el material de Enigma que se interceptaba^[19]. Este fue un logro magnífico, pero por desgracia las técnicas de Rejewski para penetrar los mensajes dependían de una mera debilidad de los procedimientos operativos alemanes: un fallo —que había pasado inadvertido— en el método que el operador emisor empleaba para decirle al operador receptor a qué posiciones había girado los rotores antes de empezar a cifrar el mensaje. En mayo de 1940, este procedimiento se interrumpió repentinamente en casi todas las redes de Enigma. Puede que, por fin, los alemanes hubieran descubierto el fallo. En todo caso, este fue el cierre del resquicio que había permitido colarse a Rejewski. De pronto, las técnicas de los polacos eran inútiles.

Como ya se dijo en el capítulo III, la batalla del propio Turing contra Enigma comenzó unos meses antes del estallido de la guerra^[20]. En aquel entonces solo un puñado de personas en Gran Bretaña se había encarado con Enigma. Turing trabajaba principalmente aislado, que es exactamente como a él le gustaba trabajar. Hizo

algunas visitas puntuales a Knox, en un establecimiento secreto del centro de Londres conocido como «GC & CS» —la Government Code and Cypher School [escuela de códigos y cifrado del gobierno], como se denominaba, de forma eufemística, al diminuto grupo de criptoanalistas del gobierno—. En 1937, durante la Guerra Civil española, el gran Knox había revelado qué tipo de Enigma empleaba la marina italiana, pero aquella máquina no tenía clavijero y, ahora, Knox se las veía con el modelo más seguro de Enigma, el preferido por el ejército alemán. Él y un Turing mucho más joven que él eran en muchos sentidos tal para cual: los dos eran miembros del King's, los dos eran brillantes, los dos eran deliciosamente excéntricos. Knox, antiguo alumno de Eton, era alto como Turing, pero de figura más bien desgarrada; se decía que su cara afilada se parecía a una punzada de hambre^[21]. Admiraba el libro *Alicia en el país de las maravillas* de Lewis Carroll casi hasta la obsesión y, cuando no estaba ocupado descifrando códigos se dedicaba a traducir la obra del poeta clásico Herondas. «Los dos eran unos solitarios de tomo y lomo», recordaba Peter Twinn, un licenciado en matemáticas por Oxford que fue contratado para ayudar a Knox unas pocas semanas antes de que Turing se uniera a la lucha contra Enigma^[22]. «Turing era el matemático y Knox dependía de relámpagos de genialidad», dijo Twinn con un toque de ironía. Por su formación en matemáticas, Twinn y Turing eran, de hecho, criaturas muy raras en el mundo prebélico del criptoanálisis británico. Los polacos habían entendido desde el principio que Enigma era fundamentalmente un problema matemático, pero, según el modo de ver británico, había, tal y como explicaba Twinn, «dudas sobre si era sensato contratar a un matemático, puesto que se los tenía por tipos extraños y llamativamente poco prácticos»^[23]. Se consideraba que semejantes pensadores abstractos carecían de «comprensión sobre el mundo real».

Knox era un perro viejo que había estado descifrando códigos desde la Primera Guerra Mundial, y sobre él circulaban muchas historias afectuosas. Eric «Vinca» Vincent, que trabajaba en los códigos de Mussolini, recordaba que una vez Knox «había estado tanto tiempo metido en el cuarto de baño que sus compañeros de alojamiento acabaron forzando la puerta. Se lo encontraron de pie al lado de la bañera, con una ligera sonrisa en la cara, la mirada perdida, con ambos grifos abiertos a tope y el tapón quitado. Posiblemente, lo que se le estuviera pasando por la cabeza en aquel momento habría supuesto la solución a un problema que llevaría a ganar una batalla»^[24]. Incluso Knox, no obstante, encontraba que la anarquía creativa de Turing era difícil de soportar. «Es muy difícil mantener a Turing a raya —se quejaba^[25]—. Es muy inteligente, pero también bastante irresponsable y lanza montones de sugerencias de muy diferente valor». Luego bravuconeaba: «Yo tengo la autoridad y la habilidad justas, pero solo las justas, para mantenerlos a él y sus ideas en una suerte de orden y disciplina». «Pero es muy bueno en lo suyo», terminaba.

Cuanto Turing se unió a la GC & CS, esta era una pequeña organización

escasamente preparada para la guerra, pero al menos pronto iba a tener una nueva sede fuera de Londres, que fue adquirida por el almirante *sir* Hugh Sinclair, jefe del servicio de inteligencia secreta (la compró con dinero de su propio bolsillo, al decir de algunos). Sinclair hizo una elección excelente. Bletchley Park, una mansión victoriana enorme, aunque fea, tenía amplios terrenos que, al cabo de meses, quedaron abarrotados con un conglomerado desordenado de edificios militares provisionales. La mansión estaba a tan solo cinco minutos a pie de la estación de ferrocarril de Bletchley, una intersección importante que conectaba los principales centros universitarios de Londres: Oxford y Cambridge. Denniston, que era el jefe de la GC & CS, había estado muy ocupado reclutando a posibles criptoanalistas de estas fábricas intelectuales, para elaborar lo que él describió como su «lista de emergencia» de «hombres de tipo catedrático»^[26]. Una pobre representación de hombres de este tipo, arrancados repentinamente de su vida cotidiana, fijó su residencia en Bletchley Park a comienzos de septiembre de 1939. Prácticamente de la noche a la mañana, la mansión se llenó de extraños. «Parecía más bien el día de inauguración de curso en un internado», recuerda el criptoanalista Nigel de Grey^[27]. Turing, por supuesto, estaba entre estos hombres «de tipo catedrático» y llegó a Bletchley Park unas pocas horas después de que Chamberlain le declarara la guerra a Alemania^[28]. Winston Churchill resumió así el nuevo talante: esta era una «guerra contra una tiranía monstruosa, que nunca ha sido superada en el catálogo oscuro y lamentable de los crímenes humanos»^[29].

Los criptoanalistas de Bletchley, unos treinta^[30], enseguida se organizaron en un sistema de «barracones»: Barracón 3, Barracón 6, y así sucesivamente. En origen, esta era únicamente la denominación dada a las construcciones de madera de una sola planta que se habían construido apresuradamente sobre el terreno, pero los nombres enseguida acabaron por referirse a las organizaciones especializadas que se alojaban en los barracones. El Barracón 6 lidiaba con la máquina Enigma del ejército y de la fuerza aérea, y el Barracón 3 se ocupaba de traducir y analizar los mensajes descifrados que se generaban en el Barracón 6.

El Barracón 8, que se estableció un poco después, lidiaba con la máquina Enigma de la marina. Los nombres permanecieron tal cual durante la guerra, a pesar de que se hizo una mudanza a nuevas dependencias. Cuando llegó a Bletchley Park, al comienzo, Turing se unió a la sección de investigación de Knox, situada en una pequeña fila de casitas de campo destinadas a los trabajadores de la propiedad, por detrás de la mansión. Luego, a comienzos de 1940, se instaló en el Barracón 8 y comenzó una batalla de dieciocho meses contra los submarinos alemanes del Atlántico. No cató la victoria hasta mediados de 1941.

En los barracones, los catedráticos de universidad trabajaban junto con el personal militar uniformado. La disciplina militar nunca echó raíces entre los «hombres de tipo catedrático», y el mundo de los criptoanalistas tenía la atmósfera de un colegio de Oxbridge (Oxford o Cambridge). «No reconocíamos más disciplina que

la que nosotros mismos nos imponíamos», recuerda Peter Hilton, que tan solo tenía dieciocho años cuando se unió al Barracón 8.^[31] Hilton, un matemático genial, adoraba los palíndromos —frases que de izquierda a derecha se leen igual que de derecha a izquierda, como DÁBALE ARROZ A LA ZORRA EL ABAD—. En cierta ocasión, se pasó una noche sin dormir, creando un palíndromo monstruoso: DOC NOTE: I DISSENT. A FAST NEVER PREVENTS A FATNESS. I DIET ON COD [NOTA DEL DOCTOR: DISIENTO. EL AYUNO NO PREVIENE LA OBESIDAD. YO HAGO DIETA DE BACALAO]. Catherine Caughey, una de las «Wrens» (miembros de la Women’s Royal Naval Service, es decir, del servicio femenino de la marina real) asignada a Bletchley Park, recuerda sus primeras impresiones cuando llegó en el autobús militar. «El lugar era SOBRECOGEDOR. Había tipos larguiruchos con aspecto de cerebritos que caminaban en parejas o a solas. Algunos eran muy jóvenes»^[32]. Fue el primer contacto de esta mujer con semejantes extraterrestres. Rachel Cross, una Wrens asignada al Barracón 4, también pensaba que eran «raros y extravagantes»: «Se sentaban en un ambiente cargado de humo a beber café negro», recordaba^[33]. Otra Wrens que llegó a Bletchley, Eleanor Ireland, recuerda «una conferencia sobre el extremo secreto de cualquier aspecto del trabajo que se estaba llevando a cabo en Bletchley Park»^[34], que le resultó intimidante y la dejó hundida y desconcertada. «Se nos dijo que nunca nos contratarían en ningún otro sitio, porque el trabajo era demasiado secreto como para que nos dejaran marchar», dijo.



Figura 9. Los criptoanalistas jugando al *rounders* —un deporte similar al béisbol— en el césped situado frente a la mansión de Bletchley Park. Daphne Bradshaw, del Barracón 5, está de espaldas a la cámara.

Crédito: Patrimonio de Barbara y Joe Eachus.

Durante los primeros meses de la guerra, los intentos de Bletchley por penetrar las comunicaciones de la máquina Enigma alemana fueron del todo infructuosos. Primero, los criptoanalistas temían que los alemanes hubieran hecho algún cambio fundamental en la máquina^[35]. Turing fue a París para consultar con los polacos. El Deuxième Bureau francés había proporcionado —temporalmente— a Rejewski y su equipo una caja fuerte a las afueras de la metrópolis. Turing descubrió enseguida por

qué las cosas no estaban saliendo bien: se habían confundido detalles esenciales sobre los rotores de Enigma^[36]. Durante su estancia con los polacos, consiguieron penetrar Enigma por primera vez durante la guerra, a mediados de enero de 1940^[37]. Más tarde, Rejewski observó, con cierta condescendencia: «Tratamos [a Turing] como a un colega más joven que estaba especializado en lógica matemática y comenzaba en la criptología»^[38]. Sin embargo, cuando Turing visitó París, había hecho muchos más avances de los que Rejewski jamás habría podido imaginar. Turing ya había hecho los descubrimientos conceptuales que lo condujeron a su «bomba» y a penetrar la máquina Enigma de los submarinos alemanes.

A comienzos del verano de 1940, cuando los alemanes invadieron el norte de Francia, el ejército británico se vio empujado al mar en Dunquerque. Miles de pequeños botes partieron de los puertos ingleses para llevar a los soldados a casa. La amenaza de una invasión alemana desde suelo francés era ahora muy real. Turing decidió prepararse para unirse a la Home Guard [guardia nacional], aprendiendo a disparar un fusil con precisión. Para ingresar, se le exigió que rellenase un formulario oficial. «Una de las preguntas» —recordaba Hilton— era: «¿Entiende usted que al enrolarse en los voluntarios de defensa local de su majestad se halla usted sujeto a la jurisdicción militar?». Turing, que siempre razonaba a partir de principios fundamentales, argumentó como sigue: «No puedo imaginar ningún cúmulo de circunstancias en las cuales pudiera ser de mi provecho responder afirmativamente esta pregunta. Así que respondí que no»^[39]. Evidentemente, las autoridades no examinaron con mucha atención la solicitud de Turing. «Se alistó debidamente —dijo Hilton— y enseguida se convirtió en un tirador de primera clase (solía hacer muy bien todo aquello que se proponía)». Una vez que hubo aprendido a manejar un fusil, sin embargo, el interés de Turing por asistir a los desfiles de la guardia nacional cesó, y finalmente dejó de ir por completo. Su ausencia provocó que su comandante le enviase notas enojosas que traslucían cada vez más irritación —proseguía Hilton—. Estas culminaron en una citación para su consejo de guerra, presidido por el coronel Fillingham, comandante de unidad de la división Buckinghamshire de la defensa voluntaria local de su majestad:

—¿Es cierto, soldado raso Turing, que no ha asistido a ninguno de los últimos ocho desfiles?

—Sí, señor.

—¿Se da usted cuenta de que eso es una infracción muy grave?

—No, señor.

—Soldado raso Turing: ¿está usted intentando tomarme el pelo?

—No, señor, pero si usted mira mi solicitud de admisión a la guardia nacional, verá que yo no entiendo estar sujeto a la jurisdicción militar.

Se mostró la solicitud, el coronel Fillingham la leyó y se puso furibundo. Todo lo que pudo decir fue:

—Se alistó usted de manera inadecuada. ¡Salga de mi vista!

A Turing siempre le impacientó la autoridad, pero, en cualquier caso, tenía cosas mucho más importantes que hacer que asistir a desfiles. Cuando llegó a Bletchley

Park, no se había hecho trabajo de ningún tipo con la Enigma de la marina alemana, puesto que estaba muy extendida la creencia —aunque Turing no la compartía— de que no se podía descifrar. La Enigma de la marina había derrotado incluso a los polacos. Turing emprendió este trabajo hercúleo, según dijo, porque «nadie más estaba haciendo nada al respecto y lo tenía todo para mí»^[40]. Como era habitual, la perspectiva de trabajar solo le atraía. También tenía absolutamente claro que la situación era seria. Los convoyes de buques mercantes que llevaban grandes cargamentos de provisiones, munición y petróleo a Gran Bretaña desde Norteamérica eran presa fácil de los torpedos, y los submarinos del Atlántico amenazaban con derrotar a Gran Bretaña matándola de hambre. Desde el estallido de la guerra hasta diciembre de 1940, los submarinos hundieron quinientos ochenta y cinco buques mercantes, una cifra devastadora comparada con los doscientos dos que hundió la fuerza aérea durante el mismo periodo^[41]. Pero, si se podía penetrar la red de Enigma utilizada por los submarinos —a la que en Bletchley Park se llamaba Delfín—, los mensajes descifrados dejarían ver la posición de las naves y entonces sería fácil para los convoyes sortearlos en la inmensidad del Atlántico. Turing aceptó el reto.

En 1937, el equipo de Rejewski en el Biuro Szyfrów le había asestado una buena puñalada a los mensajes navales de Alemania, pero al final los polacos abandonaron su intento. Una razón por la que consideraron que Delfín era imposible de descifrar de un modo sistemático era el enrevesado método que se empleaba para decirle al operador receptor en qué posiciones se hallaban los rotores del emisor cuando este había comenzado a cifrar el mensaje. Los polacos nunca consiguieron deducir este método; pero donde ellos fallaron, Turing venció. El método dependía del hecho de que las posiciones de los rotores se podían resumir con una tríada de letras, como MBO, porque las veintiséis letras del alfabeto estaban marcadas en torno a la circunferencia de cada rotor (véase la Figura 6). Tres pequeñas ventanas en la tapadera interna de la máquina permitían al operador ver la letra superior de cada rotor. Turing las llamaba «posiciones de ventanilla» de los rotores. Si el emisor podía decirle al receptor: «Cuando comencé a cifrar este mensaje, la posición de ventanilla de mis rotores era MBO», entonces el receptor podía colocar sus propios rotores en MBO y descifrar el mensaje. La parte difícil consistía en enviar la información sobre las posiciones de ventanilla al receptor de modo tal que los espías no pudieran leerla.

La solución supersegura adoptada por la red Delfín implicaba que el emisor cifrara MBO no una vez sino dos: una empleando la máquina Enigma y otra, a mano. Otras redes utilizaban métodos más sencillos, que a los de Bletchley les resultaron mucho más fáciles de descifrar. Primero, el emisor de un mensaje Delfín giraba los rotores y los colocaba en las posiciones «base» del día (en alemán, *Grundstellung*), que todos los operadores de la red conocían de antemano. Por ejemplo, las posiciones de ventanilla LIC podían ser las posiciones base de un día en concreto. A continuación, el emisor pulsaba MBO en el teclado de Enigma y anotaba las letras que

se iluminaban en el panel de luces, por ejemplo, SAM. La primera fase del cifrado estaba terminada.

La segunda fase implicaba lo que se denominaba una «tabla de bigramas», que se suministraba a todos los operadores de la red y le indicaba al operador cómo cifrar pares de letras (bigramas). La tabla de bigramas de un día en particular podía decirle al operador que cifrara WS como IK, AA como PQ y KM como GO, por ejemplo. El siguiente paso que debía dar el emisor era elegir otro trío de letras, digamos WAK, y escribir debajo las tres letras que la máquina Enigma acababa de producir:

W	A	K
S	A	M

Entonces, empleando la tabla de bigramas, el emisor cifraba las columnas verticales y generaba:

I	P	G
K	Q	O

Con su característico estilo conciso, Turing lo resume así: «La posición de ventanilla está cifrada en la *Grundstellung*, y las letras resultantes se reemplazan por bigramas equivalentes»^[42].

Cuando se transmitía el texto cifrado del mensaje, los tres pares de letras (IKPQGO) —a los que se denominaba «indicador del mensaje»— se incluían al comienzo^[43]. Así, el operador receptor se limitaba a revertir el procedimiento que había seguido el emisor. Utilizaba las tablas de bigramas para descifrar el indicador y luego tecleaba el trío de letras de la parte de abajo, SAM, en su Enigma, después de haber girado los rotores a sus posiciones base: LIC. MBO se iluminaba en el panel de luces. Entonces, situaba los rotores en MBO y descifraba el mensaje. En la práctica, se habían diseñado unos timbres y pitidos para aumentar todavía más la seguridad^[44]. Por ejemplo, el operador no tenía permitido preparar una tríada limitándose a dictar las posiciones de comienzo de sus rotores. Esto quería decir que el procedimiento implicaba algunos pasos extraordinarios y tediosos, pero valiosos porque con ellos se evitaba que el operador seleccionase tríadas obvias que un criptoanalista pudiera adivinar, como QWE —las tres primeras letras de la parte izquierda del teclado— o tríadas como DOR o CIL, con las tres primeras letras del nombre de su novia (Dora, Cilla)^[45]. Admitámoslo: ¿cuántas personas usan parte de un nombre en la contraseña de su ordenador?

Increíblemente, Turing fue capaz de averiguar casi todo esto en una noche de invierno de 1939, comenzando con unos pocos mensajes antiguos que los polacos habían tenido la suerte de descifrar a mediados de 1937^[46]. (Turing explica con detalle cómo lo hizo en las páginas 279-281 de *The Essential Turing*). La noche del desciframiento, cuya fecha exacta no está registrada y cuyos descubrimientos permanecieron envueltos en secreto durante casi sesenta años, fue, sin duda, una de las más importantes de la guerra. Aún quedaba mucho trabajo por hacer, no obstante, antes de que el nuevo Barracón 8 pudiera descifrar el tráfico de la Enigma submarina de manera regular. Turing necesitaba las tablas de bigramas para la red Delfín.

Cada buque de la red disponía del mismo juego de hojas con las tablas de bigramas, junto con un calendario que mostraba qué tabla estaba en vigor en un día determinado. Estas hojas eran válidas durante meses, así que, si los criptoanalistas conseguían hacerse con un juego, se hallarían en una posición muy buena para leer el tráfico diario del submarino. Una táctica pirata parecía la mejor opción. Se encomendaría a la marina real que atacase y abordase un buque alemán y que capturase los documentos cifrados, lo que en la jerga de los criptoanalistas se denomina «un pellizco». El *Diccionario criptográfico* de la escuela de códigos y cifrado del gobierno (GC & CS) lo define como el acto de obtener material criptográfico del enemigo mediante «cualquier método disponible»^[47]. Aun así, conseguir un pellizco de material de Enigma procedente del mar no era una empresa fácil. Todas las naves alemanas en las que se transportaba una máquina Enigma iban, con certeza, armadas y, en cualquier caso, los miembros de la tripulación tenían las más estrictas instrucciones de destruir todos los documentos secretos si el enemigo los abordaba, o en caso de que ellos tuvieran que abandonar la nave.

Así comenzó la colaboración del Barracón 8 con la marina. A continuación se desplegó una historia de hazañas en alta mar, mientras los hombres de tipo catedrático esperaban ansiosamente en tierra firme, suspirando por la llegada de las preciosas hojas de papel cubiertas con números y letras.

Turing comenzó su ataque a los mensajes de los submarinos alemanes —y también a los enviados por otros tipos de naves alemanas— utilizando lo que se denominaba «chuletas». Una «chuleta» es un fragmento de alemán en claro que según el criptoanalista podría formar parte del mensaje. Debido a la naturaleza estereotipada de los mensajes alemanes, algunas frases tenían muchas probabilidades de aparecer. Una chuleta que Turing utilizaba era «Continuación del mensaje anterior» (*Fortsetzung*, abreviado como FORT). Como los mensajes a menudo se enviaban en diferentes partes, FORT era una chuleta muy útil. Otra era WEWA, el término que utilizaba Enigma para «estación metereológica» (que era una abreviación de la expresión alemana *Wetter Warte*). El grupo de letras EINS, de aparición común, era una chuleta en la que siempre se podía confiar: había más o menos un noventa por ciento de probabilidades de que en cualquier mensaje aparecería EINS en algún lugar^[1].

Algunas chuletas más largas y más exóticas se derivaban de la pura ingenuidad de muchos usuarios de Enigma. Denniston dijo con indiferencia: «Los operadores alemanes eran almas cándidas con costumbres infantiles»^[2]. Desde las estaciones metereológicas se enviaban regularmente mensajes que contenían frases rutinarias como «tiempo para la noche» (WETTER FUER DIE NACHT) y «situación en el Canal del Este» (ZUSTAND OST WAERTIGER KANAL). Una estación naval llegó a transmitir la confirmación «balizas encendidas según órdenes» (FEUER BRANNTEN WIE BEFOHLEN) todas y cada una de las noches. Esta fue «una chuleta excelente» al decir de Patrick Mahon, un plagiador de talento que en 1944 se hizo cargo de la jefatura del Barracón 8.^[3]

Los criptoanalistas podían a menudo precisar la localización de una frase de la chuleta dentro de un mensaje a partir del dato esencial de que la máquina Enigma nunca cifraba una letra con esa misma letra. Esto era resultado del diseño del reflector: la letra que salía de los rotores debía ser diferente de la que había entrado (véase la Figura 7 en el capítulo precedente). El plagiador deslizaba lo que se sospechaba que era un fragmento de texto en claro —por ejemplo: ZUSTANDOSTWAERTIGERKANAL— a lo largo del texto cifrado y buscaba un sitio en el que ninguna de las letras coincidiera. Los lugares en los que una letra de la chuleta coincidía con la misma letra en el texto cifrado eran denominados «colisiones» (véase la Figura 10). Una colisión mostraba que la chuleta estaba en el lugar incorrecto. Si una chuleta tenía, aproximadamente, más de treinta letras, había una posibilidad

razonable de que colisionara en todas partes excepto en su lugar correcto. O en todas partes, si la suposición del criptoanalista era errónea y la chuleta, de hecho, no casaba en ningún lugar del mensaje.

Una vez que se había encontrado una ubicación potencial para la chuleta, el plagiador intentaba extender el desciframiento hacia la derecha o hacia la izquierda. Que esto fuera factible apoyaba la idea de que la chuleta era correcta. En su ataque pionero, Turing hizo uso del hecho de que, siempre que aparecía, a FORT —«continuación del mensaje anterior»— le seguía a la derecha un número que identificaba el mensaje anterior, por ejemplo, 2300. Por lo general, el número de identificación se refería a la hora en que se había enviado el mensaje precedente. Gracias al interrogatorio a que fue sometido un operario de Enigma que había sido capturado, Funkmaat (es decir, el hombre de la radio) Meyer, Turing supo que los números se mecanografiaban como si fueran palabras^[4]. Un «prisionero nos dijo —contaba Turing sin inmutarse— que los dígitos de los números se deletreaban por completo». Por ejemplo: ZWEIDREINULNUL (2300)^[5]. Puede que el propio Turing desempeñase un papel en aquel interrogatorio. Una vez que se estableció que a FORT solo le seguían palabras referidas a números, el criptoanalista podía, trabajosamente, probar todas las posibilidades, una tras otra, buscando la opción que no colisionase. Turing llamaba a esto el método «Forty Weepy» (los cuarenta llorosos), derivado de FORT y un grupo de letras fácil de recordar, YWEEPY, que había aparecido detrás de FORT en un mensaje de 1937^[6].

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

El diagrama muestra una línea superior de caracteres de la alfabetización de la máquina Enigma: V X Z B B K E T K C J T R A T G V H D X Z M Q T L C N Y M X S V J Q X Q T Y S B D V K. Debajo de esta línea, un recuadro contiene el texto descifrado: Z U S T A N D O S T W A E R T I G E R K A N A L. Dos óvalos azules están superpuestos sobre los caracteres 'A' y 'T' en la línea superior, marcando las «colisiones» donde el mismo carácter encriptado puede corresponder a diferentes caracteres de la alfabetización.

Figura 10. Los óvalos marcan dos «colisiones».

Crédito: Jack Copeland y Dustin Barret.

Cuanto más largo fuera el fragmento de alemán en claro que el criptoanalista lograra desvelar, más posibilidades había de que pudiera deducir algo sobre los parámetros de configuración del clavijero y de los rotores. Armado de una buena «chuleta» e infinita paciencia, era posible hacer chapucillas con una máquina Enigma hasta que el mensaje quedaba descifrado: un procedimiento muy sencillo conocido como «jugueteo»^[7]. Conforme la guerra avanzaba, hacer chuletas se convirtió en un arte. Expertos «chuleteadores», que vivían en su propia «habitación de las chuletas», andaban constantemente a la búsqueda de nuevos fragmentos, repasando inmensas pilas de textos en claro y llevando registros minuciosos^[8]. El premio era una frase, o un nombre, con probabilidades de repetirse en un mensaje posterior. Una broma común era que la chuleta «Heil Hitler» descifraba muchos mensajes.

En los primeros días del Barracón 8, sin embargo, el ataque de Turing basado en el uso de chuletas apenas si llevaba a algún lado. A medida que el invierno de 1939

dio paso a la primavera de 1940, se hacían muy pocos progresos concretos. En aquel entonces, el Barracón 8 cifraba todas sus esperanzas en un pellizco, hasta que, de modo repentino y sorprendente, la marina real logró algo. El 26 de abril, durante la campaña noruega, un arrastrero alemán fue interceptado mientras navegaba hacia el puerto noruego de Narvik^[9]. Unos pocos días antes, a las órdenes del *Oberleutnant* Heinz Engelien, el arrastrero *Schiff 26* se había alejado a todo vapor de la ciudad portuaria alemana de Wilhelmshaven. Iba cargado con un flete pesado de municiones para las fuerzas alemanas de Narvik. De hecho, el buque era un arsenal flotante, lleno hasta las regatas de municiones, potentes explosivos, minas y cargas de profundidad. En la pequeña sala de radiotelegrafía, situada junto al camarote de Engelien, había una máquina Enigma. Engelien tenía una tripulación de treinta y ocho personas, así que la nave iba abarrotada, aunque seguía resultando cómoda. Había montones de comida: huevos frescos, incluso cerveza, aunque el agua fresca escaseaba y la tripulación no lavaba. Como si fueran piratas, se vestían con ropa de civil descuidada en vez de con sus uniformes de la marina. Los marineros pasaron los primeros dos días del viaje camuflando el barco. Un nombre falso, *Polares*, iba pintado en los dos costados, y se había izado la bandera holandesa. Por si acaso, en los costados también pintaron unas toscas banderas holandesas. Según en qué aguas estuviera, el capitán navegaba tranquilamente bajo bandera sueca o danesa: solo izaba la bandera alemana tricolor cuando estaba a punto de llegar a casa. Empleando redes y nasas de pesca, la tripulación camufló cuidadosamente las municiones apiladas en la cubierta. Con tapas de madera ocultaron las bocas de los dos tubos de torpedo montados en el castillo de proa. También envolvieron la pesada arma de popa con una funda para botes hecha de cañamo y con ello consiguieron que pareciera un bote salvavidas.

El *Schiff 26* era un microcosmos de las fuerzas armadas alemanas. Muchos de los marinos simpatizaban con los ideales nazis y consideraban que estaban luchando por una buena causa. Engelien creía que Alemania tenía que luchar porque las masas no tenían espacio vital suficiente en la tierra natal alemana^[10]. Los alemanes necesitaban *Lebensraum*, espacio para vivir y prosperar. Estaba seguro de que Alemania terminaría triunfando y dijo que deseaba «la guerra total contra hombres, mujeres y niños». El diario de Karl Reitz, el contramaestre al mando del *Schiff 26*, es una lectura sobria pero fascinante. «9 de abril. Niebla densa. Sin viento. Sobre las 11. a. m., noticias [...], ocupación de Dinamarca y Noruega por Alemania. Gran euforia a bordo: guerra total. Magnífico. 11:30, memorándum de Goebbels a Dinamarca y Noruega. Hurra. La música marcial por la radio hace crecer la excitación. Los soldados alemanes demostrarán su valor. A uno le agrada ser soldado, y esperamos que esto también implique un cambio para nosotros». Más adelante, el mismo día: «Bergen ocupado. Un día delicioso»^[11].

A las 10:30 de una mañana ventosa, el barco destructor británico de su majestad *Griffin* apareció a la vista, navegando hacia el *Schiff 26* a la vibrante velocidad de veinticinco nudos. Hasta ahí el camuflaje. Los alemanes estaban sobrepasados sin

remedio en potencia de fuego y, en cualquier caso, sabían que su nave saltaría como una caja de fuegos artificiales si se producían disparos. Engelien tenía instrucciones de barrenar el barco si la captura era inminente. Las cargas de explosivo ya estaban colocadas y listas para este propósito en la sala de municiones de popa, pero el capitán nunca dio la orden de barrenar. Sabía que, si el barco se hundía, con aquella mar gruesa habría muertos. Solo unos pocos días atrás, en el puerto, había oído de boca de unos marinos alemanes el relato estremecedor de un hundimiento reciente. Reitz había anotado algunos detalles en su diario: «Dicen que fue horrible: gritos de gente que llamaba a sus madres, esposas y niños, gritos de socorro “me ahogo” [...]. Las cubiertas [del barco de rescate] llenas de cadáveres. Un espectáculo horrible. Los miembros de la tripulación no pudieron comer durante un tiempo, de tanto como les afectó»^[12]. Engelien se preparó para ser abordado, se aseguró de que Enigma cayese por la borda y, con los papeles y libros de códigos, llenó dos bolsas de lona que arrojó al agua. Había metido rápidamente una concha para añadir peso en una de las bolsas, pero dejó que la otra tentase su suerte entre las olas y el fuerte viento.

El *Griffin* se acercó de costado y echó al mar una partida de abordaje en un batel. El mar los azotaba intensamente y las olas sobrepasaban la borda. Se disponían a lanzar un segundo batel, cuando alguien divisó una bolsa de lona semisumergida entre las inmensas olas. Los marineros intentaron alcanzarla con una gafa, pero el batel se bamboleaba con demasiada violencia. Entonces uno de los artilleros, el señor Foord, se ató una cuerda y se tiró al agua como un valiente. Foord consiguió atrapar la bolsa, pero la cuerda se rompió y él se hundió. Aferrado con denuedo a la bolsa, se hundió por segunda vez. Salió a flote farfullando y afortunadamente se las apañó para agarrar una cuerda que le habían lanzado. Se la ató en torno al cuerpo, y Foord y la bolsa con los papeles secretos fueron izados a bordo sanos y salvos.

Cuando la partida de abordaje pasó la borda del *Schiff 26*, encontró a Engelien y a otros quince hombres apiñados en el pozo de la cubierta de proa, con los demás debajo. Los hombres, que daban por sentado que los británicos les dispararían, se vieron arremolinados en pequeños botes y llevados a la amenazadora mole del *Griffin*. Pero no había balas y los hombres se relajaron. «Un tratamiento perfecto — escribió Reitz en su diario—. Uno se inclina a decir que fue una recepción de lo más cordial. Un tratamiento que, casi con toda seguridad, nosotros no esperábamos»^[13]. Continuaba: «En cuanto subimos a bordo, nos ofrecieron té. Poco después, sopa de guisantes para cenar, dos salchichas y dos huevos fritos». En su diario, se preguntaba: «¿Habría ocurrido lo mismo de haber estado vueltas las tornas?».

Resultó que los documentos del *Schiff 26* ofrecían una descripción precisa de cómo el indicador de un mensaje encubría las posiciones de la ventanilla de los rotores del emisor. Esta información confirmó las deducciones que Turing había hecho el año anterior y también aclaró algunos detalles^[14]. Lamentablemente, las tablas de bigramas en sí debían de ir en la otra bolsa de lona. Sin embargo, el alijo incluía el cuaderno de bitácora del operador, que contenía los textos básicos de

algunos mensajes transmitidos: chuletas impecables, de las que se podían deducir muchas cosas. También había un fragmento de papel suelto que nadie en Bletchley se preocupó de mirar durante varios días, pero que, en un golpe de suerte sorprendente, resultó tener garabateadas la configuración del clavijero y las posiciones base de los rotores para los días 23 y 24 de abril^[15].

El pellizco de Narvik, como llegó a conocerse, inflamó las esperanzas e iluminó el ánimo, pero al final el valor del desciframiento solo se extendió a seis días (del 22 al 27 de abril). Tres de ellos fueron descifrados por una nueva recluta, la matemática Joan Clarke^[16], una mujer de aguda inteligencia que, de hecho, se comprometió con Turing al año siguiente, aunque por poco tiempo. El gusanillo del criptoanálisis le hizo mucha mella, y acabó por dedicarse a ello hasta que se retiró en la década de 1970. Clarke recordaba que cuando ella entró en el pequeño santuario del Barracón 8, donde los criptoanalistas tenían sus pupitres, uno de ellos le dijo: «Bienvenida al lugar de los *sahibs*» —una referencia, de seguro no irónica, a los enclaves estrictamente masculinos que había por todo el imperio británico^[17]—. Como criptoanalista de sexo femenino, su sueldo base era menor incluso que el de las Wrens, apenas algo más de dos libras esterlinas a la semana^[18].

Después del entusiasmo que despertó el pellizco de Narvik, las cosas se volvieron a calmar en el Barracón 8. Según Mahon: «Los seis meses siguientes, por desgracia, generaron pocos resultados»^[19]. Con la llegada del verano, Turing tuvo que haber sentido que el Barracón 8 estaba empantanado. Además, su alergia le estaba dando problemas. El recorrido de cinco kilómetros en bicicleta para ir y venir de sus alojamientos a través de la campiña del condado de Buckingham, saturada de polen, comenzó a resultar agotador. Como era típico en él, la solución que adoptó fue del todo inusitada: para hacer el viaje, Turing se ponía la máscara antigás que le había proporcionado el gobierno^[20]. «Para él, el curso de la lógica tenía más peso que la convención», comentó su madre con cierta frialdad. Turing debía de haber estado muy decidido a evitar los efectos de la fiebre del heno, porque las máscaras antigás de la época bélica eran notablemente incómodas. El que la llevaba se sentía sofocado, la parte baja de la máscara enseguida se llenaba de saliva y dentro hacía un calor insoportable —aunque en Londres y en las otras grandes ciudades, miles de personas se ponían gustosamente las máscaras sobre la cabeza en cuanto las alarmas antiaéreas dejaban oír una alerta—. Generalmente, las máscaras se empañaban, lo que hacía que fuera casi imposible ver algo, pero, por fortuna, en los caminos rurales de Bletchley había poco tráfico. Es posible que Turing introdujera en su máscara alguna modificación ingeniosa propia de él y eliminara los peores inconvenientes.

Sin indicios de un desciframiento, el ánimo se venía abajo. En agosto, el jefe de la sección de inteligencia naval del Barracón 4, Frank Birch, escribió a sus superiores para quejarse amargamente de Turing. Birch, como Knox, era otro miembro del King's que había estado en el juego del criptoanálisis prácticamente desde el inicio de los tiempos: aunque, a diferencia de Knox, Birch también era actor de teatro y cine:

antes de la guerra, había protagonizado *Cast up by the sea* [Arrojado por el mar] y otras cintas. Es probable que, durante el periodo prebélico, hubiera participado en el reclutamiento de Turing para luchar contra Enigma, aunque, como él tenía formación académica en historia, no hay duda de que compartía el prejuicio de que los matemáticos no tenían mucha «comprensión sobre el mundo real». Birch rezongaba en su carta de agosto que Turing y su asistente Peter Twinn se comportaban «como personas que están esperando un milagro sin creer en los milagros»^[21]. Se lamentaba: «Turing y Twinn son brillantes, pero, como muchas otras personas brillantes, no son prácticos. Son desordenados, pierden cosas, no saben copiar correctamente y titubean entre la teoría y la fabricación de chuletas. Tampoco tienen la determinación de los hombres prácticos». Se trataba de unas palabras muy duras sobre las personas que muy pronto dejarían totalmente expuestas las comunicaciones de los submarinos. Por otra parte, Mahon pensaba que las dificultades de Turing con los que lo rodeaban surgían, principalmente, porque «se explicaba de pena»^[22]. Según Mahon, los errores de interpretación en la carta de Birch demostraban claramente la «incapacidad casi absoluta de Turing para hacerse entender». Las sugerencias del propio Birch para hacer progresos con el código eran, gruñía Mahon, «imposibles» y «se debían, sencillamente, a que no entendía el problema». Añadía con malicia que los defectos de las propuestas de Birch resultaban «obvios enseguida para cualquiera que tuviera un conocimiento real del trabajo del Barracón 8».

Dejando de lado el mal ambiente de la oficina, todo el mundo sabía que lo que se necesitaba desesperadamente era otro pellizco. El de Narvik había sido mera suerte, pero los estrategas de la inteligencia naval habían comenzado a considerar una posible operación especial para hacerse con los materiales de Enigma que Turing quería. En septiembre, un oficial de la marina excesivamente optimista, el capitán de corbeta Ian Fleming —que más adelante se convirtió en el mundialmente conocido creador del agente especial 007, James Bond— le propuso un plan audaz, del estilo de los de Bond, al director de la inteligencia naval^[23]. Poco antes del alba, tras un bombardeo nocturno sobre Londres, una de las reservas de la RAF (la fuerza aérea británica), conformada por bombarderos alemanes capturados y pilotada por tripulación británica vestida con uniformes alemanes, despegaría en dirección al centro del canal de la Mancha; «añádanse sangre y vendas para que quede bien», escribió Fleming en sus acotaciones escénicas. Entonces el piloto estrellaría deliberadamente el avión contra el mar cerca de un barco alemán adecuado. Para acallar cualquier posibilidad de sospecha, el avión volaría con un motor apagado y con humo falso saliendo a borbotones del fuselaje. La caracterización que Fleming proponía para el piloto era: «fuerte, soltero, que sepa nadar». El propio Fleming sería el miembro del grupo que hablase alemán. Una vez a bordo del barco de rescate, «dispararían a la tripulación alemana y la tirarían por la borda», y conducirían la nave y su «botín» a un puerto inglés. Al plan de Fleming se lo denominó, con gran acierto, «operación Ruthless» (es decir, «despiadada»).

Turing esperaba ansiosamente los resultados de la operación Ruthless. A mediados de octubre, Fleming y su tripulación pirata se instalaron en Dover, a la espera de que hubiera noticias de algún barco alemán pequeño, solitario y con la máquina Enigma a bordo. Con todo, la suerte no estaba del lado de Fleming. Los vuelos de reconocimiento de la RAF no consiguieron localizar ningún objetivo adecuado y, finalmente, la operación se pospuso indefinidamente^[24]. Birch describió así el efecto de esta noticia decepcionante en Turing: «Hace dos días, Turing y Twinn vinieron a mí como dos enterradores a los que les hubieran privado de un bonito cadáver, totalmente alterados por que se hubiera cancelado la operación Ruthless»^[25].

No todo eran malas noticias para el Barracón 8, sin embargo. Ese mismo año, pero antes, un penetrante rayo de sol se había abierto paso entre la pesadumbre, bajo la forma de un prototipo de la «bomba» de Turing. En 1938, Rejewski y sus colegas del Biuro Szyfrów habían construido una pequeña máquina a la que ellos llamaban «bomba». Sus razones para elegir este nombre distintivo no se conservan, aunque abundan las teorías al respecto. Una es que Rejewski estaba comiendo una «bomba» —una especie de postre helado, que en francés se llama *bombe*— cuando se dio de bruces con la idea de la máquina^[26]. La bomba de Rejewski consistía en la réplica de seis máquinas Enigma. Su idea funcionó, y enseguida los polacos tuvieron media docena de bombas trabajando a tope en el tráfico de Enigma. Knox y Denniston vieron las máquinas polacas con sus propios ojos: «Nos llevaron abajo, a una habitación subterránea llena de dispositivos eléctricos, y nos presentaron a las “bombas”», recordaba Denniston^[27].

Como los otros métodos de Rejewski, empero, la bomba dependía de un punto débil crucial en los procedimientos operativos empleados por los ejércitos y la fuerza aérea alemana (el mismo punto débil que se menciona en el capítulo precedente). A diferencia de sus homólogos de la marina, los operadores de Enigma del ejército de tierra y de la fuerza aérea generaban el indicador de mensaje colocando los rotores de Enigma en las posiciones base del día y pulsando, seguidamente, tres letras de su elección en el teclado. Estas tres letras señalaban las posiciones de ventanilla que ellos pretendían emplear al comienzo del mensaje. De hecho, tecleaban las tres letras dos veces. Así que, si el emisor estaba planeando emplear las posiciones de ventanilla MBO, pulsaba MBOMBO en el teclado de Enigma. Las seis letras que se iluminaban en el panel de luces se transmitían al receptor (junto con el mensaje) y este revertía el procedimiento y descifraba el mensaje. Se suponía que teclear las tres letras dos veces era una precaución contra la mala recepción por radio, y a los alemanes les llevó un buen tiempo darse cuenta de que esta repetición era un error garrafal. Cuando esta fisura fue subsanada, en mayo de 1940 —con el mero ajuste de teclear las tres letras una sola vez en vez de dos—, el método empleado por la bomba quedó inútil^[28]. Afortunadamente, a estas alturas, Turing ya había esbozado una forma mucho más compleja de máquina anti-Enigma, que funcionaba de acuerdo con

principios muy diferentes.

Los ingenieros comenzaron a construir la bomba de Turing en octubre de 1939 y la primera, llamada sencillamente «Victoria», se instaló en la primavera de 1940^[29]. Como el espacio escaseaba, la gigantesca nueva máquina de Turing se alojó en la enfermería, en el Barracón 1.^[30] Costó unas seis mil quinientas libras esterlinas: aproximadamente, una décima parte del precio de un bombardero Lancaster, y más o menos cien mil libras esterlinas en dinero actual^[31]. A la luz de lo que estas máquinas iban a conseguir, fueron una de las piezas más efectivas de la guerra. Las bombas eran ordenadores electromecánicos para uso especial. A una velocidad sobrehumana, una bomba rastreaba las diferentes posibles configuraciones de los rotores de Enigma en busca de un patrón de conexiones entre el teclado y el panel de luces que convirtiese las letras cifradas en alemán corriente. En el fondo, no obstante, la maquinaria dependía totalmente del instinto humano: para poner en marcha el proceso, se requería una chuleta escogida con mucho cuidado. Mahon bromeaba: «La bomba es más bien como el soldado alemán tradicional: altamente eficiente, pero absolutamente estólida»^[32]. El potente procedimiento de Turing basado en la chuleta no se vio afectado por el cambio que en mayo de 1940 se introdujo en el sistema alemán —a diferencia de lo que ocurrió con el método de Rejewski, que no implicaba el uso de chuletas— y enseguida conformó la espina dorsal de todo el ataque de Bletchley contra las máquinas Enigma de la *Wehrmacht*^[33].

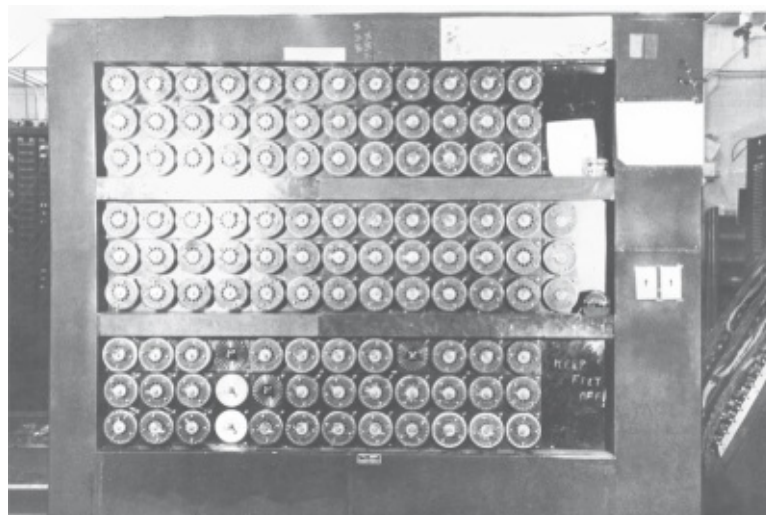


Figura 11. Una bomba.

Crédito: National Archives and Records Administration, Washington, D. C.

La bomba de Turing consistía en treinta (más tarde treinta y seis) réplicas de la máquina Enigma. Los criptoanalistas conectaban estas réplicas unas a otras en la configuración que se antojara más adecuada para atacar un mensaje determinado. A medida que se instalaban cada vez más bombas en Bletchley Park, el lugar se convirtió en una factoría de criptoanálisis. Era la ciberguerra en una escala hasta entonces desconocida. Para manejar las nuevas máquinas, se hizo venir a trabajadores

en cantidades industriales. Todas eran Wrens; al final de la guerra, al menos dos mil mujeres manejaban las máquinas^[34]. El atractivo juvenil de Turing no pasaba inadvertido ante las mujeres de Bletchley, pero él era muy tímido con ellas. «Una vez le ofrecí una taza de té, pero retrocedió asustado», recordaba Sarah Norton, una atractiva debutante de Knightsbridge que trabajaba en la sala de catalogación del Barracón 4.^[35] «Parecía que las chicas lo aterrorizaban», añadió con pesar. Norton recordaba que para hacer frente a la multitud de mujeres jóvenes que había por los pasillos Turing «arrastraba los pies hasta la cantina dando unos curiosos pasos de lado, con los ojos fijos en el suelo».

Cuando se terminaba lo que llamaban «las vueltas de la bomba» para el mensaje en curso, las Wrens reconfiguraban la máquina dejándola lista para el siguiente mensaje. Reenchufaban las complejas interconexiones entre las máquinas Enigma de acuerdo con un «menú» redactado por el criptoanalista responsable. Las máquinas de Turing trabajaban veinticuatro horas al día, siete días a la semana; las mujeres lo hacían en tres turnos. Dormían —a menudo en literas— en dormitorios periféricos que tenían la pintura descascarillada, una calefacción inadecuada y una comida horrible. Turing las llamaba «esclavas»^[36]. En aquellos tiempos de dominio masculino, muy pocas de las mujeres de Bletchley Park se unieron a las filas de los criptógrafos, aunque un porcentaje significativo tenía estudios universitarios^[37]. Un documento oficial hacía notar que «el alegre sentido común de las Wrens es un gran activo»; otros activos más destacados, no obstante, solían pasarles inadvertidos a los hombres dominantes^[38]. Fue un triste desperdicio de talento. Sin embargo, algunas de las Wrens ascendieron, finalmente, hasta convertirse en «controladoras»: supervisaban las operaciones con las bombas, distribuían menús entre los equipos y trabajaban en una sala de control especial, conectada por línea telefónica con los Barracones 6 y 8; en una de sus paredes había un enorme dispositivo donde se mostraban todas las bombas disponibles^[39].

La bomba, albergada en un enorme armario de metal, era más alta que una persona: medía unos dos metros y diez centímetros de alto y noventa centímetros de ancho^[40]. Contenía unos quince kilómetros de cable con más de un millón de conexiones soldadas^[41]. Cada uno de los «tambores» que se pueden ver en la Figura 11 imitaba un único rotor de Enigma. Nótese las esvásticas que alguien ha garabateado en la tapa del armario y la advertencia «No pongan los pies» en la parte inferior derecha. Los tres tambores especiales de la derecha, en la sección central, se denominaban «tambores indicadores». La bomba buscaba a toda velocidad, haciendo girar sus tambores, y entonces, de repente, se detenía, y los tambores indicadores mostraban tres letras: MBO, por ejemplo. Esta era la suposición que hacía la máquina sobre las posiciones de los rotores al comienzo del mensaje. En la parte derecha de la máquina, un panel (que no se ve en la fotografía) registraba las suposiciones de la bomba sobre las configuraciones del clavijero. El ingenioso método de Turing para

averiguar la configuración del clavijero fue la clave del poder de la bomba. La bomba polaca, por su parte, simplemente había hecho caso omiso del clavijero^[42]. Una vez que la bomba se paraba, sus suposiciones se ponían a prueba a mano en una máquina Enigma o en una réplica. Si el mensaje se descifraba, todo iba bien; si no, la bomba daba otra «vuelta» y continuaba buscando^[43].

En la primavera de 1940, sin embargo, la recién instalada Victoria era como un coche deportivo con una única gota de gasolina. El pellizco de Narvik de abril le dio a Turing un chorrito de combustible, justo unas pocas semanas después de que la fábrica de Letchworth les entregara la bomba, y él y su equipo conectaron los tambores para «hacer dar una vuelta» a una chuleta del cuaderno de bitácora con que se había hecho la comitiva de abordaje. Después de «una serie de adversidades y quince días de trabajo, la máquina generó de modo triunfal la respuesta», recuerda el campeón de ajedrez británico Hugh Alexander^[44]. En su debido momento, Alexander reemplazaría a Turing como jefe del Barracón 8. Tenía un sentido del humor llano y sus colegas disfrutaban citando su desalentado comentario: «Tendremos que esperar mano sobre mano»^[45]. Vaya si esperaron. El Barracón 8 se hallaba en un círculo vicioso. No se podía emplear la máquina Victoria para leer mensajes de submarinos alemanes ni otro tráfico naval sin un buen surtido de chuletas, y el único modo de conseguir las chuletas era leer mensajes. Para salir adelante en el proceso, se necesitaban las tablas de bigramas. En realidad, lo que necesitaba el Barracón 8 para ponerse en funcionamiento era un pellizco con el papeleo proporcionado a los operadores alemanes, que fuera válido durante al menos un mes^[46]. Si la marina era capaz de entregárselo, los criptoanalistas podrían abrirse paso a porrazos hasta el tráfico de los submarinos alemanes, y Victoria podría arrancar.

Fue un periodo muy frustrante para el Barracón 8. A unos pocos metros, el Barracón 6 había conseguido leer una buena cantidad de mensajes de la Enigma empleada por la fuerza aérea alemana (que era mucho más fácil de descifrar) y estaba generando información que ayudaba al mando de caza en su lucha a muerte con la *Luftwaffe*^[47]. El propio Turing había hecho algún progreso inicial en el ataque a la Enigma de la fuerza aérea y en enero había penetrado en el tráfico de la *Luftwaffe*, conocido como «Azul»^[48]. Azul resultó ser una red especial utilizada con propósitos de entrenamiento, pero penetrar en ella fue un comienzo. Algunos miembros del ministerio del Aire dijeron de los desciframientos del Barracón 6 que «cayeron del cielo»^[49]. Un mensaje de la *Luftwaffe* desentrañado en julio de 1940 daba a los bombarderos la orden de que dejaran de atacar las instalaciones portuarias en el canal de Inglaterra, una advertencia inequívoca de la inminencia de una invasión alemana^[50]. «Lucharemos en las playas —anunció Winston Churchill con firmeza—, lucharemos en los aeródromos, lucharemos en los campos y en las calles, lucharemos en las montañas, nunca nos rendiremos»^[51]. Enigma reveló el nombre en clave de la invasión: Seelöwe o León Marino, y los desciframientos del Barracón 6

suministraron una gran cantidad de información sobre los planes de Hitler para lanzar un ataque masivo por aire y mar^[52]. Una vez que los invasores se hubieran asegurado la posición en suelo británico, se procedería al implacable sometimiento militar del resto del país. Por todo el canal de la Mancha se infiltrarían transportes de tropas, gabarras de suministros, tanques, artillería pesada, ametralladoras, bombarderos en picado, regimientos de paracaidistas y miles de planeadores llenos de soldados armados hasta los dientes. Gran Bretaña caería como el resto de Europa bajo la tiranía nazi.

En agosto, se le concedió al Barracón 6 acceso a la segunda bomba que se iba a entregar, Agnus, acortamiento de Agnus Dei, cordero de Dios. De acuerdo con el evangelio de san Juan, el cordero de Dios quitaría todos los pecados del mundo; aunque aquellos que no captaban la alusión bíblica tendían a oír más bien Agnes y, al final de la guerra, esta longeva máquina se conocía en todo el mundo como Aggie^[53]. Ahora Turing tenía dos bombas que mimar. Agnus, además, llevaba un equipamiento que incorporaba una idea suya novedosa e importante: la «lectura simultánea». Se había combinado la bomba remodelada con el «panel diagonal», de un ingenio deslumbrante, una mejora que el matemático Welchman le había sugerido con gran excitación a un Turing en principio incrédulo^[54].



Figura 12. Barracón 6.

Crédito: Bletchley Park Trust / Science & Society Picture Library. —Todos los derechos reservados.

Sin embargo, Agnus dejaba mucho que desear, al menos por lo que a la facilidad de su manejo se refiere. En aquellos tempranos días, los operadores tenían que meter una mano dentro de la máquina y palpar para descubrir la suposición de la bomba sobre la configuración del clavijero de Enigma^[55].

Con septiembre llegó el comienzo del *Blitz*. Los bombarderos alemanes atacaron las ciudades británicas en masa, primero durante el día y luego noche tras noche. Fueron los peores momentos. Tan solo en septiembre, las bombas mataron a siete mil

personas; otras diez mil resultaron heridas^[56]. Grandes zonas de Londres, Birmingham, Coventry y Liverpool quedaron reducidas a polvo. Desaparecieron los monumentos, y los hogares y lugares de trabajo de la gente pasaron a ser tan solo recuerdos. Lo mismo sucedió con amigos, parientes, padres, hijos, esposas. La London's Joe Loss Orchestra tocaba «I'll never smile again» [Nunca volveré a sonreír]. El gran éxito de Vera Lynn, «There'll always be an England» [Siempre habrá una Inglaterra] daba ánimos a la gente para lidiar con la incertidumbre. Arthur Askey, el artista nacido en Liverpool, cantaba «Get in your shelter» [Entra en el refugio]. «Get yourself right underground, when those Nazis fly around» [Métete bajo tierra cuando los nazis sobrevuelan], entonaba alegremente. Cientos de miles de personas se refugiaban cada noche en los abarrotados andenes del metro londinense. Al relativo abrigo de los túneles, nacían los niños, aunque, en ciertas estaciones, los ataques directos implicaron muchas muertes. Se instaló la famosa «mentalidad *Blitz*»: un sentido de comunidad reforzado que se vinculaba con la idea del orgullo por no sucumbir, por no venirse abajo. Muchos miembros de aquella generación recuerdan los años de la guerra como el periodo más gratificante de sus vidas. En otra canción popular, Noel Coward insistía, con su engolado acento elegante: «Nothing ever could override the pride of London town» [Nada podrá nunca superar el amor propio de la ciudad de Londres].

Ni siquiera en la tranquila campiña de Bletchley se estaba completamente a salvo de las bombas. Un día, Turing regresó de Cambridge a su «emplazamiento militar» en el *pub* Crown, en la pequeña localidad de Shenley Brook End. «Cuando llegué, me encontré con una gran agitación porque las bombas habían caído apenas a dos metros», dijo^[57]. Las explosiones derribaron el techo de la casa de su vecino. Pocas vidas británicas se libraron por completo del terrorífico bombardeo: pero, llegado el final del otoño, la marea de la guerra, si bien no estaba bajando, al menos aflojaba algo. Entre bambalinas, y lejos de los principales centros de devastación, el Barracón 6 venía haciendo una aportación significativa a la batalla aérea desde el inicio del bombardeo^[58]. Los mensajes de Enigma daban aviso por adelantado sobre los objetivos de los bombardeos^[59]. Guiada por los desciframientos de Enigma, la RAF derribaba aviones enemigos. La operación Seelöwe en sí misma comenzaba a resultar cada vez más arriesgada a la luz de la fortaleza continua e inesperada de la RAF. Hitler decidió posponer la invasión y dirigió su atención hacia Rusia. La batalla de Gran Bretaña parecía haber terminado. «Nunca en el ámbito del conflicto humano tantos debieron tanto a tan pocos», dijo Churchill en una famosa declaración^[60]. Hablaba sobre los pilotos que preservaron los cielos frente a la *Luftwaffe* durante el verano de 1940; pero, si se mira con perspectiva, sus palabras eran también un acertado resumen de las contribuciones de los criptoanalistas a la guerra.

Aunque se había evitado la operación Seelöwe, la batalla del Atlántico todavía estaba en pleno apogeo. Si no se podía invadir Gran Bretaña, entonces habría que

hacer que se rindiera por inanición. Durante el invierno de 1940-1941, el Barracón 8 observaba desesperadamente cómo los submarinos alemanes hundían cantidades atroces de buques mercantes en las heladas aguas del Atlántico. El Barracón 8, con toda su maquinaria de alta tecnología, no conseguía datos relevantes, pues ni siquiera Knox, con sus métodos anticuados de papel y lápiz, era capaz de leer los mensajes cifrados por la máquina Enigma de la marina italiana, que carecía de clavijero. A esas alturas, Knox había apodado a Turing amistosamente «el chico *abombado*»^[61]. Quizá este erudito de la poesía griega clásica encontrara que el propio Turing tenía, en ocasiones, una ligera similitud con una máquina. Finalmente, Knox se sintió marginado por las bombas, aunque marzo de 1941 trajo consigo uno de sus mayores éxitos^[62]. Su «chica», como denominaba a Mavis Lever, de tan solo diecinueve años, penetró los mensajes navales italianos; estos le dieron al almirante *sir* Andrew Cunningham, jefe del estado mayor británico en el Mediterráneo, una victoria decisiva ese mismo mes sobre una flota de unas veinte naves italianas en la batalla de Matapán, cerca de Creta^[63]. «Dadme una palanca —reía Knox— y moveré el mundo»^[64]. Churchill alabó Matapán como «la batalla más grande desde Trafalgar» (la victoria de Nelson sobre los barcos de Napoleón en 1805)^[65]. La moral de la nación subió algunos puntos, mientras, a lo largo y ancho del país, el público de los boletines informativos que se proyectaban en los cines veía al galante Cunningham dirigiendo la acción desde el puente del acorazado de su majestad *Warspite*. Una canción satírica «No lika da war» [Nada como la guerra] enseguida se hizo conocida. Cantada por el comediante y propagandista Stanley Holloway, era el lamento de un soldado italiano desilusionado que echaba de menos sus macarrones y los conos de helado, y que vivía atemorizado por «los grandes muchachos de Australia». En conjunto, marzo fue un buen mes para los criptoanalistas. Casi a la vez que Mavis Lever andaba poniendo en apuros a los italianos, la suerte del Barracón 8 cambió de forma radical. La marina real arrancó un pellizco que acabaría considerándose el hito principal en la historia del Barracón 8.^[66]

Ocurrió durante la operación Claymore, el asalto de un comando por mar a varios puertos en las islas Lofoten^[67]. Las Lofoten, junto con el resto de Noruega, habían estado en manos alemanas desde mediados de 1940, y el objetivo de la operación era inutilizar la extensa área de la industria de aceite de pescado destruyendo fábricas y depósitos de almacenamiento. El almirante de la operación Claymore, el capitán Clifford Caslon, a bordo del destructor de su majestad *Somali*, iba a la caza de un pellizco^[68]. Cerca del amanecer del día del asalto, el *Somali* avistó un arrastrero alemán armado, el *Krebs*. El *Somali* abrió fuego y enseguida hizo blanco en el *Krebs* por tres veces. La cámara del timón recibió un impacto directo; otro proyectil golpeó el cuarto de calderas, y el tercero hizo estallar uno de los almacenes de munición de la nave. Finalmente, se izó una bandera blanca de rendición, y una comitiva del *Somali* abordó el arrastrero hecho pedazos. Encontraron al capitán alemán muerto al

lado del timón. Bajo la cubierta, el barco estaba en llamas, pero el camarote del capitán se hallaba intacto y la comitiva de abordaje lo registró. Naturalmente, la tripulación había tirado la máquina Enigma del *Krebs* al agua, pero había rotores de Enigma dentro de una caja cerrada con llave que descubrieron en el camarote. La marina se apresuró en enviarlas a Bletchley Park junto con los documentos técnicos que también pudieron rescatar del camarote del capitán.

No había tablas de bigramas, por desgracia, pero sí unas hojas en las que se daba la configuración del clavijero y detalles de los rotores para todo el mes de febrero. De hecho, estas fueron incluso más valiosas que las tablas de bigramas en sí mismas^[69]. Empleando los documentos «pellizcados» del *Krebs*, Turing y su equipo consiguieron reconstruir las tablas de bigramas entrada por entrada^[70]. De pronto, el Barracón 8 podía contar con ponerse de nuevo manos a la obra. El peligro, con todo, era que otras nuevas tablas de bigramas podían entrar en vigor en cualquier momento (aunque, en realidad, esto no ocurrió hasta junio)^[71]. Deseoso de proseguir con el éxito del *Krebs* en cuanto fuera posible, Harry Hinsley, del Barracón 4, tuvo una idea brillante. Hinsley, que usaba lentes y parecía siempre muy serio, era hijo de un artesano del Black Country —como se denomina a una zona de los Midlands occidentales entre el noroeste de Birmingham y el sureste de Wolverhampton. Cuando se unió a la sección de inteligencia naval de Birch, todavía no se había graduado. Más tarde, acabaría siendo director del St John's College de Cambridge. Admitió que era «joven, desaliñado y civil», pero en su opinión el almirantazgo iba a tener que acostumbrarse a todo eso^[72]. Hinsley razonó que, como los barcos meteorológicos alemanes operaban a solas en entornos aislados e iban escasamente armados, eran los objetivos ideales para un pellizco. Por los desciframientos, sabía la localización aproximada del navío meteorológico *München*, que operaba en las desiertas aguas del Ártico, al noreste de Islandia^[73]. Propuso un pellizco al almirantazgo, y enseguida el *Somali* se vio navegando en dirección norte con una patrulla de destructores. Avistaron al solitario *München* hacia la tarde del 7 de mayo y el *Somali* disparó unas cuantas salvas de proyectiles^[74]. Ninguno dio en el blanco, sino que todos estallaron en el agua. La última cosa que el capitán Caslon quería era correr el riesgo de hundir el barco meteorológico: su objetivo era persuadir a la atemorizada tripulación alemana de que abandonara la nave. Como era de esperar, dos botes salvavidas se izaron inmediatamente. Caslon condujo su nave junto al *München* y dio la orden de abordarlo. Fue una reposición de la historia del *Krebs*: los alemanes habían lanzado la máquina Enigma y las tablas de bigramas por la borda, pero la comitiva de abordaje se hizo con unas hojas en las que se daban las configuraciones del clavijero y detalles de los rotores para el mes de junio^[75]. Para el Barracón 8, esto era como oro molido. Otro de los asaltos de Hinsley, esta vez al navío meteorológico *Lauenburg*, situado aún más al norte en el mar de Noruega, generó la misma información para el mes de julio.

El pellizco más decisivo de todos tuvo lugar tan solo dos días después de que el *Somali* abordarse al *München*. Los submarinos alemanes del Atlántico norte habían estado siguiendo al convoy OB 318 (Ocean Outward Route B, es decir, ruta oceánica exterior B) durante al menos treinta y seis horas, viendo cómo nueve columnas de buques mercantes se abrían camino a través del mar embravecido al sur de Islandia: treinta y ocho buques mercantes en total, escoltados por una docena de barcos de la marina real^[76]. La noche y la mañana del 9 de mayo habían transcurrido pacíficamente, pero, un minuto o dos después de mediodía, el *U-100* del *Kapitän* Julius Lemp torpedeó repentinamente los buques de vapor *Bengore Head* y *Esmond*, uno escasos segundos después del otro. La corbeta de la marina *Aubetria* consiguió hacerse una idea de la posición del submarino mediante un sónar (que en aquellos días se llamaba «Asdic») y dejó caer diez cargas de profundidad justo encima. «Fue un ataque de libro —dijo el subteniente David Balme, del destructor *Bulldog*, que enseguida se encontró dirigiendo la comitiva de abordaje—. Las cargas de profundidad bajo el submarino lo sacaron a la superficie. El sueño de cualquier nave escolta era ver un submarino reventado en la superficie. Normalmente se hundían»^[77]. El agua se cubrió de aceite. La aterrorizada tripulación saltó del submarino «espoleada por el fuego de armas pequeñas», según un informe oficial^[78]. Por fin, los supervivientes fueron llevados a bordo de la *Aubetria*^[79]. Algunos marineros alemanes del submarino vieron que Lemp estaba con ellos en el agua, pero desapareció sin dejar rastro: quizá prefirió el suicidio a la captura.

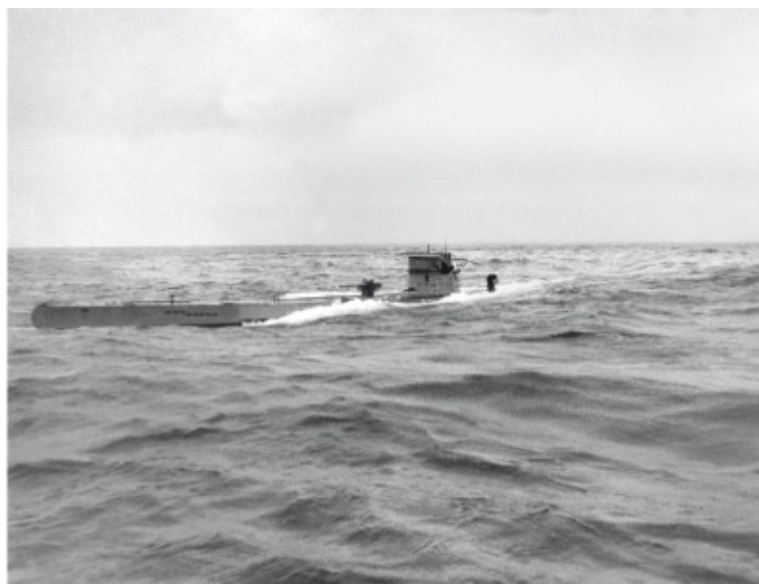


Figura 13. El *U-110* sale a la superficie tras el ataque con cargas de profundidad.

Crédito: Imperial War Museum (Hu 63112).

Desde el *Bulldog*, Balme soltó un bote en el pesado oleaje y se llevó consigo una partida de ocho hombres^[80]. Las olas rompían sobre la gigantesca mole del submarino y el diminuto ballenero de Balme fue arrastrado hacia su cubierta, haciéndose pedazos contra la torre de mando del submarino. Revólver en mano,

Balme miró en el interior a través de la escotilla inferior de la torre de mando. No se podía imaginar que los alemanes hubieran abandonado el submarino sin dejar a nadie a bordo para que lo hundiese. Con precaución, descendió entre vaivenes hasta la sala de control: «La iluminación secundaria, azul tenue, estaba encendida y yo no podía ver a nadie, solo sentía un repugnante siseo que no me gustaba en absoluto», dijo^[81]. Balme les dijo a sus hombres que formaran una cadena humana e hicieran subir todos los libros y gráficos a la cubierta mientras él registraba el barco. La mecanografía descolorida de su informe oficial da un atisbo de cómo era la vida para los hombres de los submarinos. Se dio cuenta de que, bajo la cubierta, el *U-110* era un espectáculo fascinante: «una embarcación delicada», dijo, nueva, bien guarnecida, absolutamente insólita. El ataque de la *Aubetria* había interrumpido el almuerzo. Una inmensa fuente de puré de patatas estaba dispuesta en la sala de máquinas; otra, a rebosar de gambas, estaba en la cámara de oficiales (que usaban de comedor y sala de estar). La galera —la cocina— era «magnífica», dijo Balme. En la cámara de oficiales también encontró novelas, cartas, dados, pornografía, botellas de cerveza, cigarrillos de marca British Player y cigarros de lujo. Por todas partes había armas embutidas en los cajones de la ropa, sacos de patatas apilados al lado de los instrumentos del submarino y enormes pilas de jamón enlatado y carne curada.

Sorprendentemente, en la sala de radio la Enigma del *U-110* estaba «conectada y como si hubiera estado en funcionamiento cuando la abandonaron», dijo Balme. También aparecieron, entre los papeles que los hombres de Balme se llevaron del submarino, las tablas de bigramas vigentes^[82]. Lemp, un héroe nacional que había sido condecorado por Hitler el año anterior, debía de haber estado muy seguro de que su embarcación se hundía. Sin embargo, irónicamente, el botín de Balme no fue de gran interés para el Barracón 8. Turing ya había reconstruido laboriosamente las tablas de bigramas con información del pellizco de Lofoten^[83]. El pellizco del *U-110* no merece ni siquiera una mención en las dos exhaustivas historias del Barracón 8 escritas por Alexander y Mahon al final de la guerra.

Gracias a las tablas de bigramas reconstruidas, a las bombas y a otro de los inventos de Turing, el «banburismo» (las tres B), el Barracón 8 empezó a estar verdaderamente operativo. Turing concibió el banburismo la misma noche productiva de 1939 en que averiguó el sistema de indicadores de Delfín^[84]. «La terminología se introdujo en honor de la famosa localidad de Banbury» explicó Turing con ironía^[85]. Banbury es una diminuta localidad del condado de Oxford en la que un pequeño taller producía las tiras de papel perforado que Turing necesitaba para poner su método en práctica. El banburismo explotaba el hecho de que, si dos fragmentos de texto llano de Delfín se superponían, había una probabilidad de uno contra diecisiete de que dos letras coincidieran; en cambio, si se superponían dos fragmentos de letras seleccionadas *al azar*, la probabilidad de que dos coincidieran era solo de uno contra veintiséis^[86]. Un usuario del método de Turing, Jack Good, dijo sarcásticamente: «El juego del banburismo era divertido; no era tan fácil como para resultar anodino, pero

tampoco tan difícil como para causar un colapso nervioso»^[87]. «Yo era bastante bueno en este juego —dijo, y añadió con modestia—: pero Alexander era el campeón». A Good le gustaba utilizar la palabra «bueno», que es la traducción literal de su apellido. Uno de sus últimos libros lo tituló *Good Thinking* [Buen pensamiento o El pensamiento de Good]. Cuando conocía a alguien, extendía la mano y anunciaba, con su forma tan precisa de hablar: *I am Good* [Yo soy Good o Estoy bien].^[88] «Pensábamos que Good era muy divertido una vez que te acostumbrabas a él», dijo Turing^[89]. Good se enorgullecía de su talento para hallar la palabra exacta; a Hitler lo llamaba sencillamente «el megaasesino».

El Barracón 8 no podía emplear el banburismo a no ser que se conocieran las tablas de bigramas, así que el ingenioso método de Turing estuvo descansando en la estantería durante más de un año, hasta que el pellizo de marzo en las Lofoten suministró la información que se necesitaba. Poco después de lo de las Lofoten, los «banburistas» del Barracón 8 ya estaban empleando el método para reducir la ingente cantidad de búsquedas que las bombas tenían que llevar a cabo. Lofoten «cambió todo el panorama —dijo Alexander—. En abril todos nos pusimos a trabajar en serio en un intento de romper el tráfico más actual posible»^[90]. Durante junio y julio los criptoanalistas leían mensajes de Delfín con tan solo unas horas de intervalo tras la interceptación; «casi tan rápido como los alemanes», dijo Rolf Noskwith, un estudiante universitario de matemáticas nacido en Alemania a quien habían reclutado aquel verano en Cambridge para el Barracón 8.^[91]

Llegados a este punto «la batalla estaba ganada», declaró Mahon^[92]. De hecho, Turing había irrumpido en las comunicaciones submarinas diarias justo a tiempo. A comienzos de junio, los estrategas de Churchill predijeron que pronto un ataque submarino arrastraría a Gran Bretaña a la inanición^[93]. «La única cosa que me asustó de verdad durante la guerra fue el peligro que representaban los submarinos alemanes», dijo Churchill más adelante^[94]. En el mismísimo mes en que sus estrategas hicieron esta terrible predicción, los desciframientos del Barracón 8 permitieron que se tomaran medidas evasivas con tanto éxito que los submarinos del Atlántico norte no pudieron avistar ni un solo convoy durante veintitrés días seguidos^[95]. En julio, Turing fue llamado a Whitehall, junto con Alexander y Welchman, para recibir el agradecimiento oficial por su labor^[96]. Cada uno de los tres hombres recibió una bonificación de doscientas libras, una suma bastante cuantiosa en aquellos días: la beca de Turing en el King's le suponía menos del doble de esta cantidad al año. Durante los siguientes meses, se continuaron planificando rutas evasivas y los submarinos alemanes emplearon cada vez más tiempo en buscar convoyes infructuosamente^[97]. Se ponía un cuidado enorme para ocultar el hecho de que en Bletchley se estaba leyendo la máquina Enigma de los submarinos alemanes. El servicio de inteligencia británico se dedicaba a filtrar información inventada sobre un nuevo tipo revolucionario de radar de largo alcance que detectaba a los

submarinos a cientos de kilómetros de distancia, incluso cuando estaban sumergidos^[98].

Para Turing, agosto trajo consigo una crisis personal. Joan Clarke y él decidieron tomarse unos días para pasarlos dando paseos por las colinas en Porthmadog, en Gales del norte^[99]. La cosa empezó mal. A su llegada, el hotel Queens negó tener noticia alguna de una reserva, a pesar que Turing blandía furiosamente el telegrama que había recibido, en el que decía: ALOJAMIENTO A PARTIR DEL 26 – QUEENS^[100]. «Una mentira tan descarada es casi increíble», explotó^[101]. Después de una búsqueda fatigosa, consiguieron encontrar una habitación en la High Street. Algo ocurrió durante las vacaciones, algo lo bastante delicado como para hacer que la madre de Turing, Sara, tachara varias líneas de la carta que su hijo le envió desde Porthmadog. No mucho después, Turing rompió repentinamente el compromiso. «El cobarde lo hace con un beso —le dijo a Joan, citando a Oscar Wilde—; con la espada, el valiente»^[102]. Era una forma ligeramente teatral de dar las desgarradoras noticias. Turing se apartaba así de un camino muy trillado. No era infrecuente que los hombres homosexuales optaran por casarse con alguien del sexo opuesto y tener hijos y una feliz vida familiar. Con ello se hacía frente a las circunstancias de la vida, y se encontraba una fórmula para que todo encajara. Al final, sin embargo, este no fue el camino que Turing eligió para sí mismo.

Mientras tanto, las operaciones internas de Bletchley Park no marchaban con tanta fluidez como debieran. El administrador al mando, Denniston, un hombrecillo aseado que había jugado al hockey por Escocia antes de la Primera Guerra Mundial, no chillaba lo suficiente en Whitehall en nombre de sus criptoanalistas. Desde 1919, como jefe de la recién formada Government Code and Cypher School, no había tenido más de veinticuatro miembros permanentes en plantilla: un número manejable^[103]. Sin embargo, el trabajo de liderar la vasta organización en la que se había convertido la escuela le superaba. Uno de sus criptoanalistas comentó con bastante rudeza que tenía el talento propio del director de «un tenderete de golosinas»^[104]. Lo que mejor hacía Denniston era trabajar con un presupuesto limitado, y su mayor logro había sido crear Bletchley Park prácticamente de la nada entre 1939 y 1940.

En 1941, su pujante organización estaba plagada de cuellos de botella. Denniston tendría que haber dado la lata en Whitehall para conseguir más personal. De hecho, se estaban dejando de descifrar mensajes importantísimos de la red «Celeste» enviados por la *Luftwaffe* desde el norte de África porque hacían falta unos veinte mecanógrafos. El trabajo naval en sí mismo se estaba viendo retrasado porque eran precisos unos veinte empleados no cualificados en la Freebornery (una unidad dirigida por Frederic Freeborn y con un nombre encantador). La lista seguía. Turing y otros tres criptoanalistas experimentados decidieron tomar cartas en el asunto. Puenteando a Denniston por completo, le escribieron directamente a Winston

Churchill. Su carta, fechada el 21 de octubre de 1941, comenzaba: «Querido primer ministro: Hace algunas semanas, usted nos hizo el honor de visitarnos, y creemos que considera que nuestro trabajo es muy importante». A continuación, iban directos al grano: «Sin embargo, pensamos que debería usted saber que nuestro trabajo se está viendo demorado y en algunos casos ni siquiera se está realizando en absoluto, principalmente porque no podemos conseguir personal suficiente para sacarlo adelante»^[105].

Uno de los que firmaban con Turing, el corresponsal de ajedrez de *The Times*, Stuart Milner-Barry, del Barracón 6, consintió en entregar la carta en mano. «De mí se podía prescindir fácilmente», bromeaba^[106]. Recordaba un sentimiento «de total incredulidad (¿esto está pasando de veras?)» conforme su taxi lo acercaba a la residencia del primer ministro en el número 10 de Downing Street. Al entrar allí, se vio a sí mismo conducido por el secretario de Churchill, el brigada George Harvie-Watt. El desconcertado brigada aceptó entregar la carta, a pesar de la incapacidad de Milner-Barry para identificarse a sí mismo o explicar de qué trataba la misiva.

Unos pocos días después, Milner-Barry se dio de bruces con Denniston en el pasillo. Denniston «hizo algún comentario tirando a sarcástico sobre nuestro comportamiento poco ortodoxo —dijo Milner-Barry—, pero era un hombre demasiado bueno como para tenernos mala voluntad». Inmediatamente después de leer la carta, Churchill envió una circular a su Jefe de Personal, el general «Pug» Ismay: «REACCIONE HOY MISMO. Asegúrese de que se les facilita todo lo que quieren con extrema prioridad e infórmeme cuando se haya llevado a cabo»^[107].

El año 1942 fue un punto de inflexión en la guerra, tanto para Turing como para su país. Desde la rendición de Francia, Gran Bretaña había estado luchando a solas. Los años 1940 y 1941 fueron un periodo de aislamiento y de terrible peligro: la «mejor hora» de Gran Bretaña, en palabras de Churchill. En Estados Unidos, los ánimos continuaban en contra de ver al país involucrado en una guerra ajena. Europa parecía lejana y no había ninguna buena razón para derramar sangre estadounidense en una lucha entre forasteros. Pero Churchill tenía la esperanza de que la retórica empujase a Estados Unidos a socorrer a Gran Bretaña. Si Gran Bretaña tenía que caer, avisó, «entonces, todo el mundo, incluido Estados Unidos, incluidos todos aquellos a quienes hemos conocido y que nos importan, se hundirán en el abismo de una nueva era oscura, que una ciencia pervertida ha tornado más siniestra y quizá más duradera»^[1]. Entonces, en diciembre de 1941, la fuerza aérea japonesa atacó inesperadamente a la flota estadounidense en Pearl Harbor y, de súbito, Gran Bretaña y Estados Unidos se vieron luchando hombro con hombro en el conflicto.

Durante 1942, cientos de miles de aviadores estadounidenses, y más adelante de tropas de infantería, llegaron a suelo británico. El estado de ánimo de Gran Bretaña mejoraba. «Los americanos no tienen nada de malo —disfrutaban quejándose los ingleses— aparte de que están sobrepagados, sobreerotizados y sobrenuestrosuelo». Los salones de baile estaban llenos, y aun cuando el regocijo se veía matizado por la ansiedad y la tristeza, la risa seguía siendo risa. Una cálida inundación de música estadounidense penetró en el país. «I'm trav'lin' light» [Viajo ligero], cantaba Billie Holiday. El rey del jazz, Paul «Pops» Whiteman, cantaba a voz en cuello: «I've found a new baby» [He encontrado a otra nena], y muchos de los recién llegados hacían exactamente eso. Glenn Miller encandiló a toda la nación con su fresco «Chatanooga Choo Choo», que animaba a menear las caderas. Los estadounidenses que llegaban a Gran Bretaña enseguida se daban cuenta de que durante la guerra la lista de opciones de ocio estaba limitada principalmente a los bailes, las películas o los paseos en bicicleta por el campo. Ahora que *Blitz* era ya un recuerdo, el público no se iba en masa de los cines en mitad de una sesión, aunque las películas británicas bélicas que pretendían levantar los ánimos seguían siendo el plato principal. Hollywood, que al principio no adoptó del todo un papel propio de los tiempos de guerra, produjo *Bambi* y *Un yanqui en Eton*, con Mickey Rooney. Entonces, cuando los nazis conocieron su primera gran derrota, en el norte de África, el clásico romance bélico *Casablanca* comenzó a hacer que se llenaran los cines.

La película está ambientada a comienzos de diciembre de 1941, menos de cinco días antes de Pearl Harbor y de que Estados Unidos se precipitara de cabeza a la guerra. Se nos cuenta que Rick, interpretado por Humphrey Bogart, es un estadounidense solitario que había huido de París el año anterior para escapar de las tropas invasoras de Hitler. «En América están todos dormidos», declara enfáticamente. En el territorio neutral del café americano de Bogart en Casablanca se codean personajes de los diversos países europeos que están implicados en la guerra. Cuando el jefe nazi Heinrich Strasser entra en el café, el jefe francés de la policía metropolitana, Louis Renault, chincha al camarero: «Carl, procure que el mayor Strasser consiga una buena mesa, cerca de las damas». El camarero judío —que ahora es un refugiado, aunque antes era profesor— replica: «Ya le he dado la mejor, a sabiendas de que es alemán y la cogería de todos modos». La retórica de Hollywood es más tramposa que la de Churchill, pero el mensaje subyacente es similar: es hora de oponer resistencia. Bogart, cuyo lema es: «Yo no me juego el cuello por nadie», finalmente deja su pose neutral y se une a los franceses en su lucha contra Alemania. «Louis, creo que este es el principio de una gran amistad», le anuncia a Renault cuando la película termina. Misteriosamente, no se menciona Gran Bretaña, aunque Renault —que a duras penas consigue parecer francés— está encarnado por un actor muy inglés. Quizá esto se deba sencillamente a una selección miope de los protagonistas, o puede que no, pero la realidad es que Estados Unidos y Gran Bretaña se habían unido contra Hitler. Por primera vez desde 1939, la victoria parecía al alcance de la mano.

Las bombas de Turing —a finales de 1942 había más de cincuenta—^[2] cumplieron con su papel en la aniquilación del norte de África. Respaldo por los datos de Enigma, el octavo ejército de Bernard Montgomery barrió al Afrika Korps de Erwin Rommel de los desiertos de Egipto y Libia. La victoria de Montgomery en El Alamein, en otoño de 1942, puso fin al intento de los nazis de hacerse con el canal de Suez y abrir una ruta a los vitales campos de petróleo de Oriente próximo. La escasez de combustible acosó a los nazis como una plaga durante el resto de la guerra. Antes y durante la batalla de quince días de duración de El Alamein, los desciframientos de Bletchley revelaron las rutas y los buques de carga que llevaban suministros a Rommel por el Mediterráneo^[3]. La RAF pudo seleccionar los mejores objetivos. Los tanques de Rommel, su munición, la gasolina y las provisiones se desvanecían envueltos en llamas en el Mediterráneo. Incluso el pan y la pasta escaseaban en El Alamein, por no hablar de los tanques y la gasolina. Un solo hundimiento echaba a perder muchas toneladas de munición y no menos de diez tanques —más de una cuarta parte de los que le quedaban al Afrika Korps en servicio al final de la batalla—. Otros hundimientos terminaron con toneladas de combustible.

Muchos de estos mensajes descifrados se enviaban mediante la máquina de cifrado Hagelin C38, la «Hag», empleada por los italianos e ideada por el ingeniero sueco Boris Hagelin^[4]. Bletchley descubrió que, debido a la irresponsabilidad de sus

operadores italianos, la Hag era mucho menos segura que Enigma, y la sección naval italiana, parte del imperio de Frank Birch, escupía desciframientos de la Hagelin en cantidades ingentes^[5]. En su debido momento, los ingenieros habían diseñado una máquina de tres metros de alto para penetrar la Hag y la instalaron en las dependencias londinenses de la GC & CS, una oficina situada encima de una tienda de ropa femenina en Mayfair, cerca de Berkeley Square^[6]. El éxito de Vera Lynn «A Nightingale Sang in Berkeley Square» [Un ruiseñor cantó en Berkeley Square] sonaba por todas partes en aquel entonces, y la máquina adquirió el nombre de «Ruiseñor». Una segunda máquina Ruiseñor enseguida se puso a cantar en la sección de Vinca Vincent en Bletchley. La compañía suiza fundada por Boris Hagelin Crypto AG aún existe hoy y continúa produciendo máquinas de cifrado. Según los informes, entre los usuarios recientes de Hagelin se cuentan el coronel Muammar al Gadafi y Sadam Husein^[7].

Dos o tres días antes de que Montgomery lanzara su ataque en El Alamein, un mensaje descifrado enviado desde el cuartel general del ejército Panzer reveló que debido a la escasez de fuel los tanques de Rommel no tenían la autonomía suficiente para luchar con efectividad^[8]. Los mensajes de Enigma revelaron detalles esenciales sobre los planes defensivos de Rommel^[9]. Llegados al décimo día de batalla, el Afrika Korps estaba en muy mal estado. Un mensaje descifrado de Rommel al alto mando alemán confesaba: «La aniquilación gradual del ejército es un hecho que debe afrontarse». La respuesta de Hitler, leída ávidamente en Bletchley, le decía a Rommel que no cediese «ni un paso» y que debía «tomar el camino que conduzca a la muerte o a la victoria»^[10]. Rommel sabía que el camino que llevaba a Túnez por el oeste parecía más conveniente, pero órdenes son órdenes; Hitler nunca había sido un hombre que pensase en salvar vidas. En 1944, cuando los aliados liberaron Francia, el *führer* ordenó: «París no debe caer nunca en manos del enemigo, o lo hará solo como un montón de escombros»^[11]. Otro desciframiento escalofriante, de finales de 1944, le daba instrucciones al general Heinz Guderian —que mientras ocupaba la capital húngara de Budapest se vio rodeado por el ejército ruso— diciéndole que evacuar sin luchar era algo que estaba «fuera de cuestión». «Hay que luchar por cada casa —abroncaba Hitler—. Tómense medidas impacables para evitar que las tropas se vean amenazadas por la turbamulta de la ciudad»^[12]. En El Alamein, Rommel resistió obedientemente durante un día o dos; entonces, con toda sensatez, decidió intentar huir y se dirigió a Túnez con los restos de su devastado ejército Panzer.

Algo antes, en 1942, el Barracón 8 había perdido la Enigma de los submarinos del Atlántico, aunque no todas las Enigma de la marina. Esto ocurrió cuando el astuto mandamás de los submarinos, Karl Dönitz, introdujo el 1 de febrero la versión de cuatro rotores de la máquina Enigma^[13]. Salvo por unos pocos golpes de suerte, no fue posible leer más mensajes procedentes de los submarinos alemanes hasta finales de 1942; uno de los pocos desciframientos fue un mensaje «a todo el personal» del

propio Dönitz, que anunciaba que lo habían promocionado a almirante^[14]. El Barracón 8 tuvo que esperar pacientemente por un pellizco. Este no llegó hasta octubre, cuando el *U-559* fue atacado con cargas de profundidad y abordado por el barco de su majestad *Petard* en el este del Mediterráneo, en un incidente que se asemejó al abordaje del *U-110* ocurrido unos dieciocho meses antes^[15]. Esta vez, no obstante, la comitiva de abordaje no tuvo tanta suerte y los dos marineros británicos, Anthony Fasson y Colin Grazier, se ahogaron repentinamente al hundirse el submarino dañado. Los documentos que consiguieron pasar al *Petard* en sus últimos minutos de vida contenían una buena provisión de chuletas, y durante unas pocas semanas el Barracón 8 pudo volver a leer los mensajes submarinos. En el almirantazgo de Londres, un día de diciembre, de nuevo empezaron a brotar de los teletipos mensajes descifrados con las posiciones de los submarinos alemanes en el Atlántico. Una vez que el flujo comenzó, la información estuvo manando «en un caudal sin fin hasta las primeras horas de la mañana siguiente», según Patrick Beesly, un oficial de inteligencia del almirantazgo^[16].

Mientras el Barracón 8 esperaba para volver al tráfico submarino, Turing se hallaba buscando nuevos horizontes. El trabajo rutinario lo fastidiaba, y como mejor se encontraba él era abriendo nuevos caminos. Ahora que había resuelto los principales problemas planteados por la Enigma de la marina y que había sido pionero en concebir los métodos necesarios para penetrar en el tráfico diario, se quedó con una bandeja de entrada más o menos vacía por lo que se refiere al Barracón 8. Turing aborrecía la burocracia y, de esta, siempre le dejaba la mayor parte a Alexander^[17]. Un día, llegó a la conserjería muy tarde y rellenó el libro de incidencias, como era debido. Entonces, según explica Donald Michie, se topó con un espacio en el que se requería el nombre de su jefe de sección e inesperadamente escribió: «Señor Alexander». «No se dijo nada. Pero en algún sitio las ruedas se pusieron a girar silenciosamente. Se actualizaron los registros. Alexander continuó con sus milagros, en los que empleaba de forma inspirada y a menudo poco ortodoxa recursos humanos y materiales, pero ahora lo hacía como jefe oficial»^[18]. Michie, un escolar petulante que tenía dieciocho años de edad cuando se unió a Bletchley Park, llevó a la práctica años más tarde algunas de las ideas de Turing sobre la inteligencia de los ordenadores. También se convirtió en un miembro del reducido círculo de amistades de Turing. «Cuando conocí a Alan —dijo—, sus excéntricas maneras me llevaron erróneamente a creer que era todo cabeza y nada de corazón. Cuando lo conocí mejor, me di cuenta de que sus emociones eran tan infantiles y en esencia tan buenas que, en un mundo tan ampliamente poblado por personas interesadas y egoístas, hacían de él una persona muy vulnerable»^[19].

En noviembre de 1942, Turing dejó Bletchley y se fue a Estados Unidos para colaborar con los criptoanalistas de allí^[20]. Nunca volvió a trabajar en el Barracón 8, y a su regreso a Bletchley en marzo asumió competencias más amplias como

consejero de la política científica^[21]. Zarpó para Nueva York en un trasatlántico de pasajeros durante lo que estaba siendo uno de los periodos más peligrosos para la navegación por el Atlántico. Tuvo que haber sido un viaje angustioso. En aquel mes, los submarinos alemanes hundieron más de cien naves aliadas^[22]. Turing era el único civil a bordo de aquel barracón flotante atestado de personal militar. A veces, había hasta seiscientos hombres apiñados en el salón de oficiales, contaba Turing desolado. Cuando su barco llegó a Nueva York, se determinó que sus papeles no eran correctos, lo que puso en peligro su entrada en Estados Unidos. Los oficiales de inmigración del país debatieron la posibilidad de internarlo en Ellis Island. «Esto enseñará a mis empleadores a proporcionarme mejores credenciales», fue el lacónico comentario de Turing^[23]. Era un chiste privado a costa del gobierno británico: desde que en 1939 se había convertido en criptoanalista, no había trabajado más que para el Foreign Office de su majestad. El principal motivo de su viaje era que quería pasar algún tiempo en los laboratorios Bell de Manhattan, pero Estados Unidos no recibió a Turing precisamente con los brazos abiertos^[24]. Las autoridades rehusaron darle una acreditación para visitar aquel hervidero de proyectos del más alto secreto. El general George Marshall, jefe de personal de la armada estadounidense, declaró que los laboratorios Bell albergaban «trabajo de naturaleza tan secreta que no era posible concederle acceso al doctor Turing»^[25]. En enero, después de un extenso intercambio de cartas entre el general Marshall y el representante personal de Churchill en Washington, *sir* John Dill, los laboratorios Bell abrieron por fin sus puertas de tamaño imperial al desaliñado viajero británico^[26].

Durante los dos meses siguientes, Turing estuvo instalado en los laboratorios Bell^[27]. El imponente edificio de trece plantas de los laboratorios estaba en el Lower West Side de Manhattan, cerca de la zona del Hudson y a un pequeño paseo de los bares, clubes y cafeterías gays de Greenwich Village^[28]. A Turing le tuvo que haber parecido que la comunidad gay de Nueva York, relativamente abierta, estaba a millones de kilómetros de distancia de Bletchley Park, donde él se guardaba su orientación sexual para sí. Durante su estancia en los laboratorios Bell, viajó ocasionalmente a Washington D. C. para continuar su trabajo como enlace con la Op. 20 G, la unidad de criptoanálisis de la marina estadounidense. La primera vez que lo hizo, Joe Eachus, miembro de la Op. 20 G, le mostró la ciudad^[29]. Turing se había quedado fascinado por el sistema de letras y números que se empleaba en Washington para denominar las calles: calle M, calle K, calle 9, calle 24, y así sucesivamente. Le recordaba a Enigma. Las calles numeradas discurrían de norte a sur y las calles con letras corrían de este a oeste, pero, como veintiséis letras no eran suficientes, los urbanistas reiniciaron el sistema de letras en el Capitolio, desde donde la calle C SW (suroeste) corre paralela a la calle C NW (noroeste), pero unas manzanas más al sur. La primera reacción de Turing fue hacer la pregunta clave: «¿Qué hacen en las calles numeradas cuando llegan a veintiséis?». Bromeó diciendo que la numeración debería

seguir aumentando hasta llegar a 26×26 —en correspondencia con veintiséis potenciales alfabetos diferentes de veintiséis letras cada uno— y sonrió al oír que, de hecho, había dos calles 1, dos calles 2, dos de todo.

Los laboratorios Bell estaban explorando la nueva frontera de la criptología, la codificación del habla, y el nuevo jefe de Bletchley Park, Edward «Jumbo» Travis, quería que Turing se involucrara. Travis había sustituido a Denniston menos de tres meses después de la devastadora carta que Turing envió a Churchill^[30]. Si el habla se podía codificar de forma segura, entonces los negocios de más alto secreto podían gestionarse personalmente, por radio e incluso por teléfono. Para los jefes militares, este era un modo más natural de comunicación que el texto escrito y, además, la comunicación interactiva por voz quedaba menos expuesta a una malinterpretación y al riesgo de no estar completa. En los laboratorios Bell, Turing vio un sistema de codificación de voz basado en lo que se denominaba un *vocoder*. Incluso es posible que él hubiera contribuido a darle los toques finales. Estados Unidos y sus aliados emplearon este sistema —cuyo nombre en clave era SIGSALY— entre 1943 y 1946. Actualmente, el codificador de voz de los laboratorios Bell pervive como instrumento musical que transforma la voz humana, y si el lector ha escuchado alguna vez a artistas como T-Pain, Herbie Hancock, Kraftwerk o la Electric Light Orchestra, habrá oído su extraño y fantasmal sonido. Los codificadores de voz de hoy no son mucho mayores que un ordenador portátil, mientras que el modelo militar original estaba constituido por un montón de armarios de gran altura que ocupaban tres lados de una habitación^[31]. Una vez que Turing regresó a Inglaterra, diseñó un sistema portátil de codificación de voz que constaba de tres pequeños cofres, cada uno aproximadamente del tamaño de una caja de zapatos. Denominó a su sistema «Dalila»..., pero no nos adelantemos a la historia.

Cuando dio con sus huesos en Nueva York, Turing ya llevaba involucrado en la relación con Estados Unidos por lo menos un año; en 1941 había redactado una guía muy útil para Op. 20 G, cuyos intentos de dejar al descubierto la máquina Enigma empleada por los submarinos alemanes no llevaban a ningún lado^[32]. Educadamente, Turing dejó claro que aquellos métodos eran absolutamente inútiles. Estados Unidos, a menudo, queda retratado como el responsable de haber descifrado la Enigma de la marina —por ejemplo en la película de Hollywood *U-571*, protagonizada por Harvey Keitel y Jon Bon Jovi—, pero la verdad no podría ser más diferente. Otro informe de las impresiones de Turing sobre los esfuerzos de desciframiento estadounidenses que pervive de su viaje de 1942 lleva el prosaico título de «Visit to National Cash Register Corporation of Dayton, Ohio»^[33]. En Dayton, el ingeniero de la NCR Joseph Desch lideraba un programa de construcción de «bombas» a gran escala para la marina estadounidense. Turing tomó el tren a Ohio para ofrecer su consejo. Jack Good decía de Desch que era «casi un genio», pero Turing aún encontró mucho que criticar en el diseño estadounidense^[34]. «Sospecho que hay algún tipo de

malentendido», dice ásperamente en un momento de su informe. También se quejaba: «Encuentro que, en comparación, al margen de la producción de bombas, aquí se están tomando muy poco interés en Enigma». Turing explicaba cómo se habrían de utilizar las bombas de Estados Unidos: «El principio de hacer funcionar las bombas estadounidenses con las chuletas hechas por los británicos se da ahora por hecho», dijo. En 1995, la mano derecha de Desch en el proyecto, el experto en electrónica Robert Mumma, explicó que en la NCR, Turing les «había dicho qué queríamos hacer nosotros y cómo hacerlo»^[35]. «Decía: “Tienen que hacer esto; tienen que hacer aquello”», relataba Mumma. Turing «controlaba el diseño más que nadie».

Hasta seis meses más tarde, en junio de 1943, una bomba estadounidense no descifró un mensaje de Enigma^[36]. Mahon describió lo que él denominaba el «entusiasmo inexperto» de los criptoanalistas de Washington en aquel momento^[37]. Se quejaba de que «estaban encantados de tirar el tiempo de uso de la bomba por el desagüe»; «su debilidad», afirmó con dureza, era «una completa falta de juicio». Pero añadía —con gracia, hay que decirlo—: «Sin duda, algunos de los errores que ellos cometían eran los mismos que nosotros habíamos cometido dos años antes». A finales de 1943, el Barracón 8 consintió en dar a los criptoanalistas todavía inexpertos de Washington la responsabilidad de penetrar el tráfico de la red submarina mediterránea cuyo nombre en clave era Tortuga, para que pudieran hacer algo «por su cuenta», al decir de Mahon. El tráfico de Tortuga, señala mordazmente, era siempre aburrido. Mahon recordaba que ya se había llegado a mediados de 1944 cuando Bletchley consideró que los criptoanalistas de Washington estaban «lo bastante formados» como para que les fuera confiada en exclusiva la responsabilidad de la principal red submarina, llamada Tiburón. Al final de la guerra, había unas doscientas bombas británicas en Bletchley Park y en sus dependencias aledañas, mientras que en la Op. 20 G, en Washington, tan solo había algo más de la mitad de bombas estadounidenses^[38]. Gracias a las excelentes comunicaciones trasatlánticas por cable, el trabajo de las bombas de Washington quedó subsumido prácticamente sin errores dentro de las operaciones de Bletchley. El Barracón 8 era, según Alexander, «capaz de utilizar las bombas de la Op. 20 G casi con la misma facilidad con que lo habría hecho si hubieran estado en una de nuestras estaciones aledañas, a unos treinta o cincuenta kilómetros»^[39].

El informe de Turing sobre Dayton revela que él había tenido algo que ver en el trabajo de Bletchley contra la máquina de cifrado Hagelin y, mientras estuvo en Dayton, dio una clase informal sobre cómo descifrar los mensajes de Hag. Lo que es todavía más fascinante: el informe indica que él también había tenido algo que ver en el ataque contra el principal código de la marina imperial japonesa, JN-25 (en realidad, una serie de códigos que fueron evolucionado a lo largo del tiempo, a medida que se introdujeron mejoras y modificaciones). Durante 1942, se empleó información obtenida de las descodificaciones del JN-25 en la batalla del mar de Coral

y, en junio, en la fiera batalla de Midway, que vio a Estados Unidos conseguir una decisiva victoria sobre la marina japonesa. En Midway, los desciframientos permitieron a los estadounidenses tender una emboscada y hundir cuatro portaaviones japoneses. Turing describe una máquina que, según él, construyó la fábrica de bombas de Letchworth en 1940. No menciona específicamente códigos japoneses en su informe, pero de su descripción se desprende con claridad que la función de la máquina de Letchworth era ayudar a interceptar los mensajes de JN-25^[40]. Como Bletchley se adhirió con firmeza al principio de saber solo lo imprescindible —no le digas a nadie nada que no necesite saber—, el conocimiento de Turing sobre esta máquina implica que él desempeñó algún papel en el desarrollo de los primeros métodos para atacar el JN-25. El puesto de avanzada de la GC & CS en Singapur puso el método en práctica. Los matemáticos australianos Peter Donovan y John Mack tienen previsto publicar todos los aspectos de la historia de la implicación de Turing con el JN-25 que se han reconstruido hasta ahora.

No obstante, fue justo antes de su viaje de 1942 a Estados Unidos cuando Turing hizo una de sus aportaciones más espectaculares a la guerra. En el verano de 1942, lo habían trasladado desde el Barracón 8 de nuevo a la sección de investigación: el movimiento contrario al que había hecho a comienzos de 1940. Se precisaba nuevamente su talento para un trabajo pionero. La sección de investigación estaba dando los primeros pasos para desentrañar una nueva máquina de cifrado alemana, apodada «Tunny» [Atún]. La máquina Tunny era una bestia muy diferente de Enigma, de tecnología más sofisticada y, en teoría, más segura. Cuando la guerra estalló, la máquina Enigma era tecnología obsoleta, de uso lento y requería un pasmoso total de seis personas para cifrar y descifrar un solo mensaje, tres en cada extremo del enlace de radio (mecnógrafo, asistente y operador de radio). Obviamente, había margen para la mejora, y en 1940 la compañía Lorenz, radicada en Berlín, creó Tunny, el último grito. Los alemanes la conocían como el Complemento de Cifrado (*Schlüsselzusatz*) sz-40. Tunny era alta tecnología —la BlackBerry de Hitler—, y los científicos del Tercer Reich la crearon específicamente para que la utilizara la *Wehrmacht*; a diferencia de Enigma, solo se empleaba para transmitir el más alto grado de inteligencia. La historia de Tunny y las contribuciones de Turing para desentrañarla se mantuvieron en secreto durante casi sesenta años.

Solo se requería un operador en cada extremo del enlace de radio de Tunny: el emisor introducía el texto en alemán en el teclado de un teletipo anexo al sz-40 y el resto era completamente automático. No se empleaba morse: el resultado cifrado de la máquina Tunny se radiaba directamente. En comparación con Enigma, llama la atención hasta qué punto los ingenieros de la Lorenz pudieron automatizar el proceso de cifrado y descifrado. En condiciones de funcionamiento normales, ni el operador emisor ni el receptor llegaban siquiera a ver la forma cifrada del mensaje. Por lo que a ellos respectaba, se insertaba alemán y alemán era lo que salía.

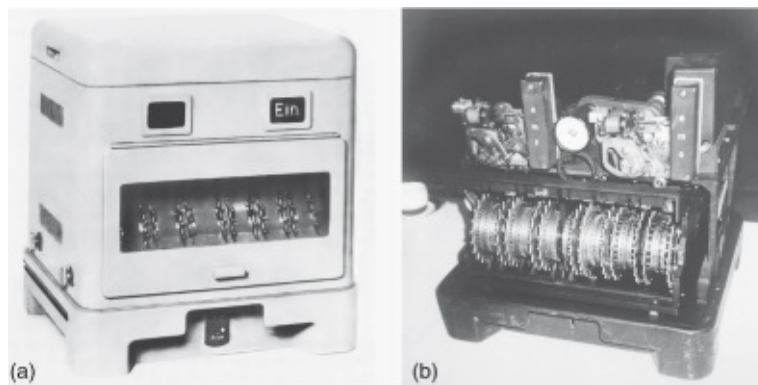


Figura 14. La máquina Tunny: a) en su armazón; b) con el mecanismo a la vista.

Crédito: a) Turing Archive for the History of Computing. —Todos los derechos reservados. b) Imperial War Museum (Hu 56940B).

El primer enlace de radio experimental de Tunny se puso en funcionamiento entre Berlín y Grecia en junio de 1941^[41]. Los alemanes consideraron que el experimento había sido un éxito, y enseguida docenas de enlaces Tunny brotaron por toda Europa: era una nueva fase de la tecnología de la comunicación y un antecesor distante de las actuales redes de telefonía móvil. En Bletchley estaban profundamente preocupados: justo cuando las cosas comenzaban a marchar adecuadamente con Enigma, surgía repentinamente de la nada un nuevo código de naturaleza desconocida. Los criptoanalistas le dieron a cada enlace de Tunny un nombre de piscifactoría: Berlín-París era Medusa, Berlín-Roma era Besugo, Berlín-Copenhague era Rodaballo (véase la Figura 15). Los alemanes construyeron una inmensa centralita en Berlín y otra en Königsberg, para manejar las conexiones con el frente ruso en el este^[42]. También había centralitas fijas en otros centros importantes, como París, pero, al margen de eso, los enlaces se podían mover y se trasladaban con los generales y sus tropas^[43]. «Al final, casi cada día leíamos extensos mensajes de los jefes del estado mayor, enviados desde sus cuarteles generales en los principales frentes de batalla», recordaba Jerry Roberts, un joven y esbelto capitán del ejército que se unió a la batalla contra Tunny en julio de 1942. «Von Weichs en el frente ruso, Kesselring en Italia, Von Runstedt en el frente oeste. Nos abrían su pensamiento: planes de batalla, evaluaciones estratégicas, detalles de las fuerzas de sus tropas, tanques y aprovisionamiento. En el otro sentido —continuaba Roberts— fluían mensajes que contenían órdenes y consideraciones estratégicas de los capitanes militares, como Wilhelm Keitel, comandante supremo de las fuerzas armadas, y el jefe de personal de operaciones, Alfred Jodl. Y, por supuesto, había mensajes firmados por el propio Hitler. Todavía recuerdo el escalofrío de agitación cuando recibíamos uno. Una vez que se descifraba, su firma aparecía como ADOLPH9HITLER9FUEHRER (el nueve era el signo del teletipo para el espacio). Siempre he pensado que era de una brevedad elegante, en comparación con los pretenciosos títulos que normalmente preferían los militares alemanes».

Cada unidad móvil de Tunny constaba de dos camiones: uno llevaba el

dispositivo de radio —había que mantenerlo alejado de los teletipos para evitar interferencias— y el otro los teletipos y un par de máquinas de Tunny: una para enviar mensajes y otra para recibirlos^[44]. Jack Good formaba parte del equipo que examinó un camión de Tunny que fue apresado intacto durante los últimos días de guerra: contenía dos Tunny a las que acompañaban dos operadores, entonces prisioneros que parecían bastante contentos con su situación, según recordaba Good^[45]. En el camión había corteza de árbol seca, que los dos hombres fumaban en vez de tabaco: sirvió para dejarle claro a Good lo malas que habían llegado a ser las condiciones económicas en Alemania. Esta fue, en realidad, la primera vez que Good vio una máquina Tunny, aunque había estado interceptando mensajes suyos desde la primavera de 1943. No se había apresado con anterioridad ninguna Tunny; al principio por falta de ocasión y luego, una vez que los criptoanalistas ya estaban leyendo las órdenes de Hitler a sus generales, porque se temía que un pellizco pudiera llevar a que los alemanes modificasen la máquina.

Tan pronto como el enlace experimental entre Berlín y Grecia empezó a emitir, los atentos operadores de radio británicos comenzaron a interceptar mensajes de una máquina desconocida. Al principio no se podía leer nada en absoluto, pero luego el coronel John Tiltman se anotó un éxito fulgurante, al conseguir romper un mensaje de unos cuatro mil caracteres. En 1920, el ejército había prestado a Tiltman durante una quincena a la Government Code and Cypher School. El coronel no abandonó la escuela de cifrado hasta su jubilación, más de treinta años después. Se supone que tenía que ayudar con la traducción de un montón de mensajes rusos pendientes, pero había probado suerte descifrando nuevos códigos y se convirtió de inmediato en una estrella^[46]. Tiltman, una de las leyendas del criptoanálisis, hizo una serie de incursiones importantes en los códigos militares japoneses, entre ellos el JN-25, antes de enfrentarse a Tunny. Era soldado de los pies a la cabeza: podía trabajar en uniforme mientras permanecía en pie frente a su escritorio de madera hecho a medida; una herida infligida en la batalla del Somme hacía que sentarse le resultara incómodo. Como una reliquia sagrada, el escritorio de Tiltman ocupa ahora un lugar de honor en los cuarteles de criptoanálisis modernos de Gran Bretaña, en Cheltenham, un enlace tangible con los días de oro del criptoanálisis.

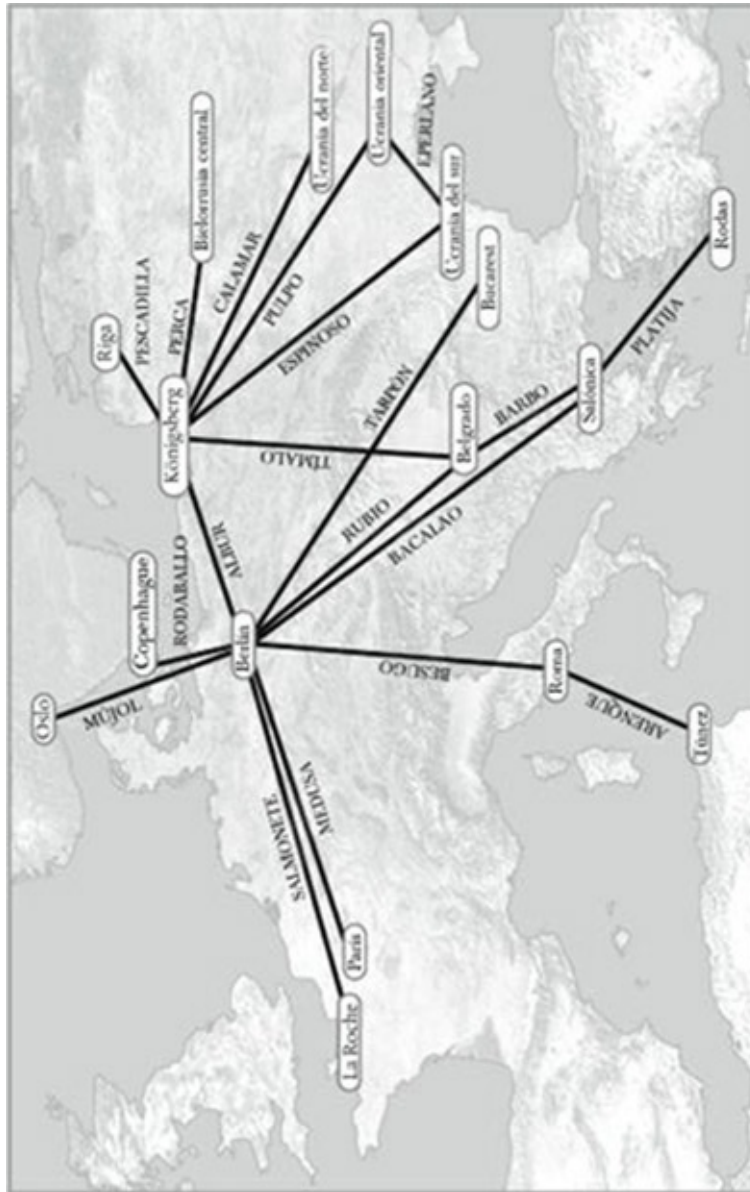


Figura 15. Red de radio de Tunny, ejército alemán (marzo de 1943-abril de 1944).
 Crédito: Dustin Barret y Jack Copeland. —Todos los derechos reservados.

Tiltman tenía muy poco con que avanzar. Estaba razonablemente claro, sin embargo, que los textos cifrados por Tunny se expresaban en el código binario internacional del teletipo, un código que tenía un uso comercial ampliamente extendido, sin ningún secreto. Cada carácter del teclado de un teletipo se convertía automáticamente en una ristra de cinco ceros y unos: A es 11000, B es 10011, y así. Tiltman también sabía que los mensajes de Tunny se transmitían con un indicador, exactamente igual que los mensajes de Delfín —salvo que los indicadores de Tunny eran una lista de doce nombres: A de Anton, B de Berta, C de Caspar, D de Dora y así sucesivamente (véase la Figura 16)—. No era demasiado difícil averiguar que la máquina Tunny debía de tener doce rotores y que las letras iniciales de los doce nombres indicaban las posiciones de los rotores al comienzo del mensaje. Además de todo esto, Tiltman tenía la corazonada —que, como todas las suyas, resultó perfectamente correcta— de que Tunny era lo que se denominaba una máquina de cifrado aditiva, es decir, que tenía un mecanismo para generar una cadena de letras aparentemente aleatoria —llamada «clave» en Bletchley— y añadirlas de manera automática al texto llano para ofuscarlo (véase la Figura 17). El trabajo de los doce rotores de Tunny era generar esta cadena de letras aparentemente aleatoria o clave. El fundamento era totalmente diferente del de Enigma.

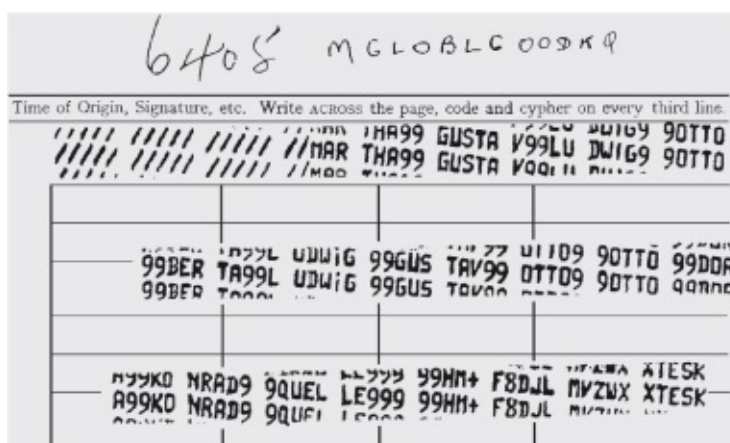


Figura 16. El comienzo de un mensaje de Tunny.
Crédito: Bletchley Park Trust (con un agradecimiento a F. Bauer).

Algunas veces, tontamente, el operador emisor de Tunny utilizaba las mismas posiciones de los rotores para dos mensajes. En Bletchley a esto se lo llamaba una penetración; a menudo, las penetraciones ocurrían porque algo no iba bien durante la transmisión. El receptor podía decir por ejemplo: «Te he perdido, por favor, repite», y entonces el emisor repetía el mensaje desde el principio y mantenía —por pereza o por estupidez— la misma configuración de rotores en vez de elegir una nueva. Si el mensaje repetido era idéntico al original, el criptoanalista no ganaba nada: en vez de una copia de algo ininteligible, tenía dos. Pero si el emisor cometía algún error tipográfico la segunda vez, o si utilizaba una puntuación diferente, la penetración constaba de dos textos llanos no del todo idénticos, pero sí cifrados con la misma

cadena de letras para emborronarlos: el sueño de todo criptoanalista.

Las penetraciones eran fáciles de detectar porque las dos transmisiones tenían el mismo indicador (Gustav Ludwig Otto Martha, etc.). Tiltman descifró una inmensa penetración de cuatro mil caracteres a finales de verano de 1941, lo cual supuso la primera incursión de los criptoanalistas en Tunny. Su éxito tuvo cierto aroma a misterio. A partir de su conocimiento previo de otras máquinas de cifrado aditivas, supuso que, si combinaba los dos mensajes, la clave quedaría cancelada y aparecería una secuencia larga y aparentemente azarosa de caracteres de teclado en la que los dos textos llanos estarían mezclados como la mantequilla y el azúcar en un bizcocho. En contra de todas las posibilidades, Tiltman eligió hacer esta suma de un modo que resultó ser exacto al que la máquina Tunny empleaba para añadir las letras al teletipo: 0 y 0 daban 1 y 0 y 1 daban 1, pero 1 y 1 daban 0. Dos números iguales daban 0 y dos diferentes daban 1. Por ejemplo, añadir una A o 11000 a B o 10011 producía 01011, que es el código de teletipo para G. Peter Hilton, el rey de los palíndromos, tenía una imaginación visual muy poderosa y podía ejecutar estas sumas de cabeza, viendo interiormente cómo dos largas cadenas de letras se fundían en una sola de acuerdo con las reglas de suma de Tunny.

Tiltman se las ingenió para hacer saltar los dos textos llanos. Le llevó diez días. Tenía que suponer algunas palabras de cada mensaje, pero se le daba bien hacer suposiciones. Cada vez que adivinaba una palabra de uno de los mensajes, la añadía —en el lugar al que él creía que pertenecía— a las letras de la secuencia que había obtenido mezclando los dos textos cifrados. Si su suposición era correcta, como por arte de magia aparecía un fragmento inteligible del segundo mensaje. Por ejemplo, añadir la palabra *geheim* (secreto) en un lugar determinado, hacía que saltara el fragmento plausible *eratta*^[47]. Esta pequeña ruptura podía extenderse a izquierda y derecha si se suponía que *eratta* era parte de *militarerattache* (agregado militar); entonces, si estas nuevas letras se añadían a sus equivalentes de la secuencia mezclada, aparecían más letras nuevas del primer mensaje. Finalmente, Tiltman consiguió hacer suficientes rupturas locales de este tipo para darse cuenta de que, en cada mensaje, había largos fragmentos idénticos, y así es como pudo descifrarlo entero. Para colmo, añadió uno de los textos llanos resultantes a su texto cifrado, lo que reveló los cuatro mil caracteres aproximados de la clave que se había empleado para cifrar el mensaje.

Desentrañar un mensaje no tenía nada que ver con saber cómo funcionaba la máquina Tunny. En el caso de Enigma, los criptoanalistas, al menos, tenían la forma comercial de la máquina como punto de partida, y los manuales de funcionamiento que Schmidt había fotografiado les habían dado mucha información sobre la versión militar^[48]. No había nada semejante para el caso de Tunny: la mera cavilación tendría que bastar. Aunque parezca increíble, sí que bastó. Los cuatro mil caracteres de la clave de Tiltman llegaron a manos de un hombre muy humilde: Bill Tutte. «Vea lo que puede usted hacer con esto», le dijo a Tutte su jefe de sección^[49]. Roberts

compartía despacho con Tutte y lo consideraba muy semejante a Turing en algunos aspectos. «Ambos eran taciturnos y distraídos —dice Roberts—. Tutte se sentaba con la mirada perdida durante largos periodos, sumido en sus pensamientos y mirando a la lejanía». Tutte era una persona tímida y modesta, y su conversación —en las ocasiones relativamente escasas en las que de hecho hablaba— estaba especiada con el acento de su Suffolk natal. Era hijo de un jardinero y una cocinera, había crecido en los famosos establos de carreras de Newmarket, pero una beca para el Trinity College de Cambridge lo introdujo en un mundo diferente, y ahí comenzó a batir sus jóvenes alas de matemático^[50]. Unos pocos años más tarde, en enero de 1942, Tutte consiguió deducir el funcionamiento de la máquina Tunny a partir de la clave de Tiltman. Fue uno de los momentos más sorprendentes del criptoanálisis durante la guerra. «Durante todas aquellas semanas, mientras estaba sentado observándole desde el otro lado del despacho, a menudo me preguntaba si estaba haciendo algo que de veras fuera útil», me contó Robert sonriendo.

Tutte averiguó que la máquina creaba la clave combinando dos cadenas separadas de letras, cada una generada por los rotores a medida que giraban. Un grupo de cinco rotores —Tutte los denominó «rotors chi», por la letra griega χ — generaba una de las cadenas de letras (cada rotor producía uno solo de los cinco dígitos binarios que conformaban la letra). Otro grupo de cinco rotores —los llamados «rotors psi» (ψ)— generaban la otra cadena de letras (véase la Figura 17). Los dos restantes, llamados «rotors motores», regulaban el movimiento de los demás. Era mucho más complicada que Enigma, pero gracias a Tutte la nueva máquina quedó al desnudo. Sus deducciones secretas salvaron un número indecible de vidas. Sin embargo, a Tutte —que murió en 2002— nunca se le reconocieron sus logros. Debido al principio de saber solo lo imprescindible, ni siquiera las personas que en Bletchley continuaban descifrando diariamente mensajes de Tunny eran conscientes del papel trascendental de Tutte. «Nadie nos lo contó —dijo Roberts—. El fantástico logro de Tutte ha caído en el olvido. Debería haber una estatua suya en el monumento conmemorativo que hay en el dique de Londres, el Embankment, junto con la de los otros grandes héroes de Gran Bretaña. También debería haber una estatua de Turing».

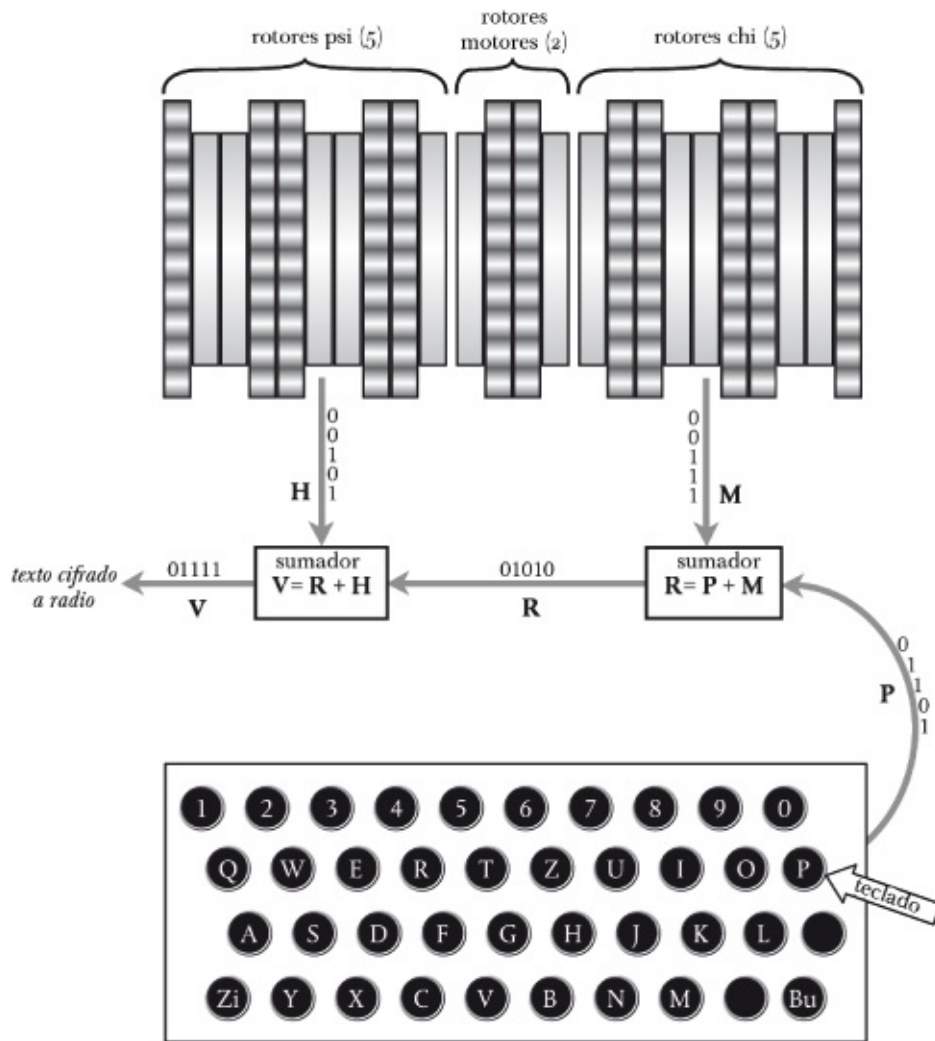


Figura 17. Cómo cifra una letra la máquina Tunny.

Crédito: Dustin Barret y Jack Copeland. —Todos los derechos reservados.

Turing entró en el escenario de Tunny después de que Tutte hubiera dejado la máquina al descubierto. Saber cómo funcionaba la máquina era una cosa: ser capaz de leer los mensajes día a día era otra. Turing relevó al Barracón 8 en la lucha con el problema y al cabo de pocas semanas había alcanzado un método con papel, lápiz y goma de borrar que le permitía descifrar los mensajes diarios. En la concisa jerga de Bletchley Park, su inventó se dio a conocer sencillamente como «turingería». Como los métodos que Turing había empleado contra Enigma, la turingería daba los detalles de los rotores que los criptoanalistas necesitaban conocer para penetrar los mensajes. La turingería fue el camino para penetrar en Tunny. «Turing no parecía una superestrella —decía Roberts—, aunque ya tenía fama de hacer un trabajo brillante»: se vestía con bastante desaliño dados los tiempos que corrían y no tenía ningún reparo en aparecer sin afeitarse y con el cabello desastrado. «Llevaba unas chaquetas deportivas bastante descuidadas y unos pantalones grises indescriptibles —recuerda Roberts—. Lo puedo ver claramente caminando con los ojos siempre vueltos hacia el lado opuesto a la gente, mirando hacia abajo y pasando rápidamente los dedos por la pared».

Tutte describió la turingería de un modo algo desdeñoso como un método «más

artístico que matemático»^[51]. Dependía de la intuición, de lo que «te daba en la nariz», al decir de Tutte. El propio Tutte acabaría creando un método que una máquina estúpida —Coloso— podía llevar a cabo a una velocidad increíble, pero para hacerlo tomó prestado el truco esencial de la turingería: un procedimiento inventado por Turing denominado «deltear» (de nuevo, debido a otra letra griega). Deltear era un proceso de suma «lateral». Para deltear los cuatro caracteres ABCD sumabas A a B, B a C y C a D (lo cual generaba tres caracteres). Podría perdonársenos por pensar que sumar así las letras de un mensaje cifrado solo haría que resultara aún más enmarañado, pero Turing demostró que, en realidad, deltear revelaba una información que, de otro modo, quedaba oculta^[52].

Enseguida, Roberts y sus colegas criptoanalistas pusieron la turingería a trabajar de firme, y entre julio y octubre leyeron casi todos los mensajes que interceptaron del enlace experimental de Tunny. Empleando la turingería, podían averiguar las posiciones de muchas horquillas ajustables que estaban situadas en torno a la circunferencia de cada uno de los rotores de Tunny (cada horquilla generaba un dígito binario individual: 0 o 1). La única información que necesitaban entonces eran las posiciones de los doce rotores al comienzo del mensaje. Amablemente, los propios operadores alemanes habían revelado esto mediante el indicador de doce nombres. A diferencia de los indicadores de Delfín, los de Tunny se transmitían sin cifrar: una metedura de pata imperdonable por parte de los alemanes.

Cuando esta práctica estúpida se interrumpió, en octubre de 1942, el daño ya estaba hecho. Roberts y compañía habían estado leyendo mensajes de Tunny durante el tiempo suficiente como para poder seguir adelante, armados con la turingería. Los ingenieros de la oficina de correos británica construyeron réplicas de las máquinas Tunny, siguiendo los esquemas de Tutte, y las letras del texto llano alemán manaban por millones. «En aquellos primeros días (de mediados de 1942 a mediados de 1943), la turingería era nuestra única arma —dijo Roberts—. La empleábamos para penetrar miles de mensajes ultrasecretos. Nada semejante a esto había ocurrido nunca antes, ni siquiera con Enigma. Gracias a Turing, Tutte y Tiltman, sabíamos día a día lo que Hitler y los capitostes estaban pensando, lo que se decían unos a otros en el desayuno, por así decir. Cambió la naturaleza de la guerra de un modo fundamental».

Uno de los grandes éxitos de los criptoanalistas de Tunny, en el verano de 1943, fue la batalla del Kursk, a la que a menudo se hace referencia como la batalla de tanques más intensa de todos los tiempos. Hitler estaba dolido por su abrumadora derrota en Stalingrado, donde habían fallecido trescientos mil soldados alemanes —o más—, así que decidió intentar recuperar la iniciativa en el frente oriental lanzando un movimiento en pinza cerca de la ciudad rusa de Kursk. Los preparativos llevaron meses, durante los cuales los alemanes desplazaron inmensas cantidades de tanques y hombres a la zona. A lo largo de este tiempo, los mensajes del mariscal de campo Von Weichs al alto mando alemán en Berlín perdían información, y los británicos pasaron a los rusos un informe detallado del movimiento en pinza que Von Weichs

planeaba^[53]. «Lo averiguamos todo —dijo Roberts—, incluso las divisiones individuales y las unidades de tanque que iban a ir a la batalla». Los alemanes llevaron a la batalla casi todas las divisiones de tanque del frente ruso, pero fue en vano^[54]. Hitler canceló el ataque pasados tan solo diez días. Kursk fue el comienzo del final. El poderoso contraataque ruso se transformó en una avanzadilla que se movió de forma continuada hacia el oeste hasta alcanzar Berlín en 1945.

A medida que los rusos avanzaban hacia Berlín, fueron acumulando un buen alijo de máquinas Tunny apresadas. Al parecer, después de la guerra las reacondicionaron y las utilizaron para proteger sus propias comunicaciones militares. No fue un buen movimiento. Aunque las pruebas documentales continúan siendo material clasificado, parece muy probable que durante la guerra fría el sucesor de Bletchley Park, el GCHQ [cuartel general de comunicaciones del gobierno], continuara leyendo los mensajes de Tunny, escritos ahora en ruso en vez de en alemán. También los británicos pusieron a funcionar máquinas Tunny reacondicionadas. Al dictador ugandés Idi Amin, que gobernó entre 1971 y 1979, la inteligencia británica le suministró un sistema Tunny. Naturalmente, los británicos no le dijeron a Amin que iban a leer sus mensajes secretos.

A finales de 1942, el ejército alemán había dejado de hacer la vida tan fácil a los criptoanalistas de Tunny. La turingería requería de penetraciones, pero a medida que la red de Tunny se expandía, la seguridad se tornó más férrea y las penetraciones comenzaron a escasear. Afortunadamente, Tutte tuvo otra idea brillante antes de que el año tocara a su fin. Combinando la idea de Turing de deltear con algunas consideraciones fundamentales de su propia cosecha, elaboró un método que no empleaba penetraciones^[55]. Ahora, la turingería y las penetraciones ocasionales mantendrían a los criptoanalistas al corriente de los patrones de las horquillas de los rotores (que solo se cambiaban de vez en cuando), y el método de Tutte expondría las posiciones de los rotores al comienzo de cada mensaje individual. Solo había una dificultad: su método implicaba una cantidad tan vasta de cálculos que a un ser humano podía llevarle cientos de años interceptar un solo mensaje^[56]. Tutte explicó este método tímidamente a Max Newman, quien a mediados de 1942 había abandonado su puesto como profesor en Cambridge en favor de los retos de Bletchley Park y estaba concentrando su considerable energía en Tunny. Newman sugirió que se emplearan contadores electrónicos de alta velocidad para mecanizar los cálculos necesarios.



Figura 18. La batalla de Kursk.
Crédito: Itar-Tass Photo Agency/Alamy.

Fue una idea brillante. En un relámpago de inspiración, Newman se había dado cuenta de que cierta tecnología electrónica pionera que él había visto en funcionamiento antes de la guerra en Cambridge —donde los científicos del laboratorio Cavendish estaban empleando circuitos electrónicos para medir emisiones radiactivas— podían aplicarse al problema, bien distinto, de desvelar los mensajes de Tunny. Los criptoanalistas estaban a punto de ser testigos del nacimiento de la computadora eléctrica.

VII

COLOSO, DALILA, VICTORIA

Callado y con aire de niño, actitud vacilante y el pelo siempre brillante de gomina, Tommy Flowers no parecía en absoluto el hombre que estaba a punto de transformar la guerra. Flowers, un ingeniero con un talento excepcional, siempre había sido una especie de intruso en Bletchley Park, donde *NQOC* (*not quite our class*) quería decir «no muy de nuestro estilo». En aquella Inglaterra muy consciente de las diferencias de clase, Flowers venía de un ambiente obrero y, a diferencia de Tutte, carecía del pasaporte de haberse educado en Oxbridge. Su formación como ingeniero no la consiguió en la universidad, sino de aprendiz en el arsenal Woolwich, en los muelles de Londres este.

La abuela Flowers había sido limpiadora y el abuelo Flowers cazador furtivo. Huyendo a Londres desde la campiña del condado de Cambridge, el abuelo evitó por un pelo acabar en la cárcel por su modo ilegal de adquirir carne. El padre de Flowers, también llamado Tom, nació en Whitechapel, en la zona de Bow Bells, cumpliendo con el tradicional requisito del obrero londinense (el *cockney*), y Flowers creció en un mundo en el que se hablaba su dialecto. «No está aquí» se pronunciaba «No tá quí», decía Flowers con un brillo en sus ojos ultrainteligentes. Aún le quedaba algún residuo del acento *cockney*, no muy nítido, pero *cockney* al fin y al cabo. «Seguro que fue una desventaja para mí», les dijo a sus nietos.

Whitechapel, contaba él, era «la parte más pobre de la ciudad de Londres». Cuando era joven, su padre a veces tenía que «dormir sobre una pila de coque mientras las ratas corrían en torno a él y también por encima», dijo Flowers. Él nació en 1905, en unas habitaciones alquiladas en el distrito de Poplar, en Londres este, a escasa distancia de Whitechapel. Durante su juventud, su familia vivía no muy por encima del umbral de la pobreza, aunque las cosas mejoraron más adelante. «Nos enseñaron a que fuéramos frugales con todo». Flowers recordaba a los niños andando descalzos por las calles. Las casas rara vez tenían cuarto de baño, y normalmente había una letrina escondida al final de un diminuto patio trasero. Abundaba la tuberculosis, empeorada por la superpoblación de las viviendas. Sin embargo, también había aldabas pulidas y umbrales blanqueados con esmero.

Ya desde pequeño, Flowers se tomaba muy en serio el asunto de la ingeniería. Cuando, a sus nueve años, le dijeron que iba a tener una hermanita, respondió que habría preferido un juego de mecano. Una vez que terminó su aprendizaje en el arsenal Woolwich, consiguió un trabajo en el departamento de ingeniería de la central de correos. Aprendió electrónica por su cuenta, se sacó un título de ingeniería en la

escuela nocturna y rápidamente se convirtió en un experto en el nuevo arte de utilizar componentes electrónicos a modo de interruptores digitales de alta velocidad. Encendido o apagado, 1 o 0. Era el camino hacia el futuro, pero, en aquellos días, Flowers era uno de los pocos ingenieros que apreciaban su potencial. A finales de la década de 1930, estaba construyendo una memoria digital electrónica del tamaño de un avión para emplearla con equipamiento telefónico. La oficina de correos era responsable de todo el sistema telefónico de Gran Bretaña, y Flowers soñaba con reemplazar el equipamiento de aquel entonces, que era lento, propenso al desgaste y estaba basado en relevadores, con estanterías de electrónica digital. Estaba años por delante de su época. Las centralitas telefónicas electrónicas se hicieron finalmente realidad, gracias a Flowers y a otros, en la década de 1960. En 1939, Flowers ya llevaba casi una década trabajando en la vanguardia de la ingeniería digital; me dijo, que cuando llegó la guerra, posiblemente él fuera la única persona en Gran Bretaña que se daba cuenta de que las válvulas electrónicas podían utilizarse para procesamientos digitales a gran escala y alta velocidad («válvulas» es el término que utilizan los ingenieros británicos para lo que en Estados Unidos se denomina «tubo de vacío»).

La primera tarea de envergadura que se le exigió a Flowers durante la guerra tenía que ver con los sistemas de radar del mando de caza. Durante la batalla de Gran Bretaña, en el verano de 1940, él había perfeccionado los circuitos de comunicaciones para mostrar las posiciones de la fuerza aérea alemana a los capitanes del cuartel general del mando de caza^[1]. «Yo estaba allí, en el mando de caza, el 15 de septiembre —contaba Flowers—, en medio de toda la acción»^[2]. Observaba con fascinación cómo los innumerables luchadores de la RAF frustraban los ataques de la fuerza aérea alemana. Poco después de su trabajo para el mando de caza, fue llamado a Bletchley Park, donde, de nuevo, resultó ser el hombre adecuado en el lugar adecuado en el momento adecuado. Su gigantesco ordenador digital electrónico, Coloso, enseguida empezó a descifrar mensajes de Tunny a unas velocidades que nadie habría creído posibles.



Figura 19. Tommy Flowers.

Crédito: © Con el amable permiso de Kenneth Flowers. Restauración de la fotografía por Dustin Barret y Jack Copeland.

Flowers fue enviado a Bletchley Park para ayudar a Turing y al principio analizó las máquinas para emplearlas no contra Tunny, sino contra Enigma. Entre estas había una versión temprana de bomba electrónica —Flowers sabía que la electrónica ofrecía la velocidad necesaria para descifrar la versión de cuatro rotores de la máquina Enigma— y también un aparato basado en un relevador para intentar descodificar tramos de un mensaje de Enigma una vez que la bomba había generado unas configuraciones que merecía la pena probar. La máquina de Flowers imitaba a Enigma: se le proporcionaba texto cifrado y ella devolvía texto en alemán llano (o simplemente basura, si la suposición que había hecho la bomba sobre las configuraciones era errónea). Aunque el propio Turing había requerido esta máquina, nunca llegó a emplearse de modo habitual, porque, cuando se fabricó, las necesidades de los criptoanalistas ya habían cambiado.

El encontronazo de Turing con la máquina de Flowers, Coloso, cambió su vida. En cuanto terminó la guerra, Turing se lanzó a la creación de su propia computadora electrónica, al principio con la asistencia de Flowers. En Bletchley, Flowers y Turing se habían causado gran impresión mutua. Flowers era uno de los pocos afortunados que consideró que Turing era una persona con la que resultaba fácil trabajar. De acuerdo con su brusco juicio, «Turing era un tío muy majo». «Un solitario», añadió. Probablemente gracias a que Turing le brindó su apoyo, Flowers fue galardonado con la MBE (miembro de la orden del imperio británico) en 1943 por su trabajo con Enigma^[3]. Gracias a otra ayuda de Turing, entró en el ataque a Tunny en 1942. Cuando Newman empezaba a tener problemas con algún equipo experimental, Turing decía: «Flowers».

Con la asistencia experta de Turing, Newman había conseguido vender su idea de

una máquina electrónica que venciera a Tunny a Jumbo Travis, jefe de las operaciones de criptoanálisis^[4]. Sin embargo, el proyecto se había topado con dificultades en el diseño de la unidad lógica de la máquina. Flowers hizo un rediseño y puso la unidad lógica a trabajar, pero no le gustaba ni un pelo el aspecto de la máquina de Newman. Este tenía pensado emplear no más de un par de docenas de válvulas electrónicas; el resto del aparato consistía en los mismos dispositivos mecánicos lentos y sujetos a desgaste que Flowers estaba deseando ver desaparecer de las centralitas telefónicas. Se daba cuenta de que la máquina de Newman nunca les daría a los criptoanalistas la velocidad y la fiabilidad necesarias, así que hizo una contrapropuesta osada: una máquina totalmente electrónica, que tuviera entre mil y dos mil válvulas.

Newman tomó nota de la propuesta de Flowers, pero le dijeron que un acoplamiento de semejante cantidad de válvulas nunca podría funcionar con fiabilidad. Según la sabiduría popular, las válvulas eran demasiado laminadas para usarlas en grandes cantidades. Cada una tenía un filamento incandescente, tan frágil que hacía las válvulas propensas a una muerte repentina. Cuantas más hubiera en el equipo, mayor era la posibilidad de que una o dos comenzasen a fallar en medio de un trabajo. Plagada de válvulas que se fundían constantemente, una gran instalación sería totalmente afuncional, o eso creía la mayoría de los ingenieros. Esta creencia se basaba en la experiencia con los receptores de radio y otros aparatos semejantes, que se encendían y apagaban a menudo. Pero Flowers había descubierto que, siempre y cuando las válvulas se dejaran permanentemente encendidas, eran de hecho muy seguras. También descubrió formas de mejorar aún más la fiabilidad, como por ejemplo emplear corrientes eléctricas con una intensidad inferior a la normal. Ya en 1934, había conseguido conectar con cables una instalación experimental que tenía tres o cuatro mil válvulas (se trataba de un dispositivo para controlar las conexiones entre centralitas telefónicas mediante tonos, como la marcación actual). Fuera del pequeño grupo de Flowers, no obstante, muy pocos sabían que las válvulas electrónicas podían emplearse con fiabilidad en tan grandes cantidades. Bletchley Park rehusó apoyar la propuesta de Flowers. Según él, la recibieron con «incredulidad»^[5].

Pero Flowers sabía que estaba en lo cierto, así que regresó a su laboratorio de Londres y continuó discretamente con el trabajo de construir una máquina computadora totalmente electrónica. Mantuvo el contacto con Newman, quien, personalmente, creía que la máquina de Flowers podía funcionar, a pesar de lo que denominaba su naturaleza «ambiciosa»^[6]. «Si cree que puede conseguirlo, siga adelante» le dijo Newman a Flowers^[7]. El propio Newman presionó para acabar la otra máquina, que no estaba en muy buenas condiciones, lo antes posible. Enseguida se la apodó «Heath Robinson», por el ilustrador de cómics William Heath Robinson, que dibujaba dispositivos absurdos. Instalada en junio de 1943, Heath Robinson iba de avería en avería^[8]. A modo de augurio, la primera vez en que se encendió, salió

humo de color rosa de su interior^[9]. A finales de septiembre, Heath Robinson había contribuido a aclarar poco más de veinte interceptaciones (aunque más adelante Jack Good y Donald Michie sí que consiguieron mejorar su trabajo)^[10]. Mientras tanto, en el secreto más absoluto, Flowers y su equipo de ingenieros trabajaron día y noche durante diez meses para construir Coloso —trabajaban hasta que «se les caían los ojos», al decir de Flowers—. Hicieron «en diez meses lo que en las condiciones habituales en tiempo de paz habrían tardado en llevar a cabo entre tres y cinco años», subrayó. Todo esto tenía lugar «sin la participación de Bletchley Park y se hacía “contra todo escepticismo”». «En Bletchley Park no estaban muy interesados hasta que lo vieron [a Coloso] en funcionamiento», recordaba con irónica diversión. Afortunadamente, el jefe de Flowers en los laboratorios de investigación en ingeniería de la oficina de correos, Gordon Radley, tenía más fe en Flowers y sus ideas y le proporcionó todo lo que necesitaba^[11].

En enero de 1944, los chicos de Flowers llevaron el Coloso —el primer ordenador electrónico digital a gran escala— a Bletchley Park en la parte trasera de un camión. Causó un buen revuelo. «No creo que entendieran muy bien lo que yo proponía hasta que tuvieron la máquina —decía Flowers—. ¡No se lo podían creer!»^[12]. Los criptoanalistas se quedaron pasmados por la velocidad de Coloso; y también por el hecho de que, a diferencia de Heath Robinson, siempre generaba el mismo resultado si se le planteaba el mismo problema nuevamente. Quince días después de que se hubiera entregado, Coloso comenzó a hacer trabajo real con mensajes alemanes, y se anotó su primer éxito el sábado 5 de febrero. Flowers escribió lacónicamente en su diario: «Coloso ha hecho su primer trabajo. Mi coche se averió de camino a casa».

La propia existencia de Coloso estaba tan en contra de las probabilidades que casi se podría decir que existía por pura chiripa. Si Radley no hubiese decidido respaldar a Flowers, la idea nunca se habría convertido en realidad. Si Turing no hubiera mencionado a Flowers ante Newman, Flowers podría haberse pasado el resto de su vida sin ni siquiera haber oído hablar de Tunny. Si la oficina de correos hubiera enviado a alguien diferente para ayudar a Turing, puede que ni siquiera hubiera llegado a oír hablar de Bletchley Park. De hecho, Flowers estuvo a punto de caer prisionero en Alemania al comienzo de la guerra y si esto no ocurrió fue por otro fino hilo afortunado en la delicada tela de apuestas arriesgadas sobre la que se balanceaba Coloso. A finales de agosto de 1939, tan solo unos pocos días antes de que se declarara la guerra, algún iluminado envió a Flowers a Berlín para tratar unos asuntos de ingeniería. «Tu gente debe de estar enojada para enviarte aquí», le dijeron cuando llegó, pero las autoridades, educadamente, le proporcionaron un chófer y un enorme Mercedes negro que llevaba una esvástica ondeando en un pequeño mástil. A la mañana siguiente, una llamada telefónica urgente de la embajada británica le dijo que abandonara Alemania lo antes posible. Metió como pudo sus pertenencias en la maleta y cogió un tren con conexión a la costa, tras lo cual escapó a Holanda solo

unas horas antes de que se cerrara la frontera. Las cosas podrían haber discurrido de manera muy diferente si Flowers no hubiera atendido la llamada. Nadie más en todo el panorama podría haber construido su ordenador: no había nadie con «el conocimiento suficiente de la nueva tecnología», dijo él, así que la guerra podría haber avanzado con mucho esfuerzo. «Todos esos acontecimientos casuales cambiaron el curso de la Segunda Guerra Mundial —creía Flowers—. Si no hubieran ocurrido, la historia recordaría ahora la devastación de gran parte de Europa y una tasa de mortalidad mucho mayor de la que realmente se produjo»^[13].

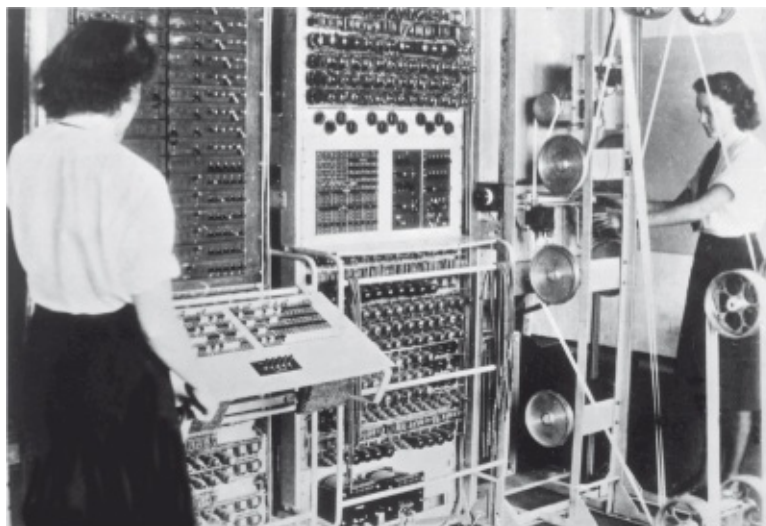


Figura 20. Coloso con dos operadoras: Dorothy du Boisson (a la izquierda) y Elsie Booker.

Crédito: © Bletchley Park Trust / Science & Society Picture Library. —Todos los derechos reservados.

El nombre de Coloso era muy acertado. El ordenador de Flowers tenía el tamaño de una habitación y pesaba más o menos una tonelada. Se le proporcionaban datos mediante una cinta de papel perforado, que acababa formando una vuelta gigante y apoyándose en numerosas ruedas de aluminio (véase la Figura 20). Las ruedas estaban montadas dentro de un marco metálico que parecía una cama de hierro antigua apoyada en un extremo, una cama lo bastante grande para Goliat. Como es natural, a este marco lo llamaban el «soporte de la cama». Flowers recordaba que las cintas se rompían y se desintegraban a gran velocidad, festoneando todo y a todos con pedazos colgantes.

Los resultados salían a través del abuelo de las impresoras, una máquina de escribir manual que los ingenieros habían modificado encajando unas varillas cortas, que se movían eléctricamente, en las teclas^[14]. Las varillas presionaban las teclas de manera automática. Jack Good, cuyas iniciales eran «I. J.», estaba mirando fascinado durante una vuelta de desciframiento, mientras el mecanógrafo escribía, como si estuviera poseído, I J G O O. Good rio diciendo que, si la siguiente letra hubiera sido una D, habría creído —a no ser que alguien estuviera haciéndole una inocentada, lo que no era el caso— que estaba ocurriendo un milagro^[15]. Las versiones posteriores de Coloso procesaban cinco cadenas diferentes de información entrante de modo

simultáneo, en paralelo, a la impresionante velocidad de veinticinco mil letras por segundo. El funcionamiento de Coloso era encomiable, incluso si se lo compara con el primer chip microprocesador de Intel, que fue dado a conocer tres décadas más tarde. «La velocidad de Coloso, de hecho, se puede comparar bien con los primeros ordenadores domésticos que llevaban el chip Intel 4004 CPU de 108 KHz», dice el historiador de la informática Pete Wells^[16]. «Coloso guardaba la misma semejanza con un ordenador moderno que la locomotora de Stephenson Rocket con la Royal Scot —explicaba Flowers—, pero incorporaba todas las características básicas de un ordenador moderno». Cada uno de los inventos que Coloso incorporaba en cascada y en los que era pionero es ahora el pan y la sal de los científicos de la informática moderna: pulsos de reloj, generadores de corrientes de bits, circuitos de control, bucles, contadores, registros electrónicos, interruptores, procesamiento paralelo^[17]. La lista no termina ahí.

Los paneles de válvulas de Coloso, con sus propios filamentos incandescentes, producían más calor que cien fuegos eléctricos. Cuando las Wrens que manejaban el ordenador se acaloraban demasiado, salían un momento del edificio y se rociaban con agua del depósito de emergencia antiincendios^[18]. El calor era una bendición en invierno, así y todo, cuando la escasez crónica de combustible obligaba a los ingenieros de Flowers a taparse con hojas de papel de periódico para conservar el calor en la cama: en ocasiones, incluso cortaban algún trozo de un mueble para alimentar una débil hoguera^[19]. Catherine Caughey, una de las primeras Wrens que manejó a Coloso, recordaba que el ordenador servía para curarle los dolorosos sabañones que le cubrían manos y pies^[20]. Caughey era cáustica sobre las condiciones de vida de las mujeres que cuidaban de Coloso con tanta fidelidad: «Sufríamos de agotamiento y malnutrición. Las Wrens de los cuarteles nos daban comida muy poco nutritiva. Yo compartía con tres mujeres más una de las diminutas habitaciones de servicio que estaban bajo el tejado. Hacía un frío del demonio, el papel de la pared era de un color marrón deprimente y el suelo estaba sin pintar. El inusitado número de residentes era demasiado para las tuberías y toda el agua estaba contaminada»^[21].

Apenas Coloso entró en acción, el número de desciframientos de Tunny se duplicó, y luego se triplicó, cuadruplicó y quintuplicó^[22]. Los criptoanalistas eran testigos de la manifestación primigenia del poder masivo de la computación electrónica: un atisbo del futuro. Aun así, Coloso no incorporaba la importantísima idea de Turing: el programa almacenado. Mientras Flowers estaba diseñando Coloso, Newman le mostró el trabajo de 1936 de Turing sobre la máquina universal, con su idea clave de almacenar programas en la memoria, pero Flowers, como no era un lógico matemático, dijo que «en realidad, no entendía mucho de aquello». Coloso estaba programado a mano, mediante enormes paneles de clavijas e interruptores que Flowers había incorporado con tal propósito. Las Wrens los utilizaban para recablear,

de manera bastante literal, partes del ordenador cada vez que era preciso para que la máquina siguiera un nuevo conjunto de instrucciones. Este laborioso proceso parece insufriblemente primitivo desde la perspectiva actual, cuando ya damos el mundo del programa almacenado de Turing por sentado. Coloso no era ni siquiera un ordenador multifuncional. Good me dijo que las largas multiplicaciones del tipo de las que se hacen en la escuela —y que no eran necesarias para descifrar los mensajes de Tunny— estaban fuera de las capacidades de Coloso. Con todo, Flowers había conseguido poner al alcance de los criptoanalistas todo lo que estos necesitaban para trabajar.

A menudo se dice que Coloso era la criatura de Turing, pero no es así. Un destacado historiador de la informática describió Coloso, de forma bastante inexacta, como «la máquina criptoanalítica diseñada por Alan Turing y otros»^[23]. La revista *Time* confundió a todo el mundo afirmando: «Alan Turing construyó una serie de máquinas de tubos de vacío llamadas Coloso, que hacían carne picada de los códigos Enigma de Hitler»^[24]. Coloso no tenía nada que ver con Enigma y, en todo caso, Turing estaba en Estados Unidos cuando Flowers elaboró el diseño de su máquina totalmente electrónica. Coloso era por completo idea de Flowers^[25]. Él me dijo que Turing «no había hecho ninguna aportación» al diseño de Coloso. «Yo inventé el Coloso —dijo—. Nadie más era capaz de hacerlo».

Turing hizo una aportación clave, pero no al ordenador en sí mismo, sino a lo que este hacía. El ingrediente central de su método de turingería —deltear— era la base de todo algoritmo básico empleado en Coloso. El ataque a Tunny totalmente basado en el ordenador se derivó del descubrimiento fundamental hecho por Turing —que Tutte desarrolló— de que deltear revelaba información oculta. La turingería en sí misma, con todo, era esencialmente un método manual y ninguna máquina electrónica la empleaba^[26]. Otro de los inventos de Turing también era indispensable para los matemáticos que utilizaban Coloso, aunque, a diferencia de la técnica de delteado, nunca apareció en los algoritmos reales del ordenador^[27]. Se trataba de la técnica de Turing para consignar pruebas, que, en origen, era parte integral de su método anti-Enigma llamado banburismo. La técnica permitía a los criptoanalistas sumar el peso de varias pruebas a favor de una hipótesis. Michie, haciéndose eco de Newman, describió esta técnica como «la mayor contribución intelectual de Turing durante la guerra»^[28]. El énfasis aquí hay que ponerlo en la palabra «intelectual»: la turingería, la bomba y la interceptación de la Enigma de la marina, aunque eran aportaciones destacadas a la guerra, no lo eran a la disciplina de las matemáticas en sí. Michie hizo hincapié en que la técnica de ponderación de pruebas de Turing es, en esencia, la herramienta estadística que ahora se conoce como análisis secuencial. El matemático húngaro Abraham Wald redescubrió el método, acuñó el término “análisis secuencial” y, en 1947, publicó en Estados Unidos un libro influyente con ese título. Según Michie, con todo, la aproximación de Turing a la revisión de las creencias racionales mediante la ponderación de pruebas era más general y de más

alcance que la de Wald^[29]. Hay una fuerte conexión entre el banburismo y lo que los estadísticos llaman «el teorema de Bayes». Bayes era un pastor presbiteriano del siglo XVIII que, durante su tiempo libre, hizo un trabajo pionero en matemáticas. Turing reconoció esta conexión, pero escribió como si él hubiera concebido su «principio del factor», según lo denominaba, con independencia del trabajo de Bayes. Dijo: «Casi todas las aplicaciones de la probabilidad a la criptografía dependen del “principio del factor” (o teorema de Bayes)»^[30].

Jerry Roberts y los otros criptoanalistas que habían estado descifrando a Tunny a mano desde 1942 rápidamente integraron el Coloso en sus operaciones. «Entre nosotros, solíamos esbozar una sonrisa silenciosa ante los extraños artilugios de Newman —me dijo Roberts—, pero cuando vimos a Coloso, supimos que Flowers lo había cambiado todo». Desde aquel momento, el cerebro humano y el ordenador compartían el trabajo. La sección de Newman, llamada sencillamente el «*newmanario*», utilizaba Coloso para quitar la capa de cifrado que habían añadido al mensaje los cinco rotores chi de la máquina Tunny. El resultado «deschizado» —que contenía solo la capa de cifrado facilitada por los cinco rotores psi— se le pasaba a Roberts y a los otros integrantes de la sección de Ralph Tester, conocida universalmente como «*testería*». A Tester, un mayor de la marina de cuarenta y tantos años que se estaba quedando calvo, su joven equipo lo adoraba. Michie recordaba el «impacto hipnótico que Tester causaba en las espectadoras femeninas a la hora del almuerzo, a medida que pasaba dando brincos, demoniaco y radiante, por la pista de tenis, con una animalidad que yo solo habría imaginado emanando del gran dios Pan»^[31]. Los chicos de Tester descifraban el «deschizado» a mano, empleando chuletas que ellos añadían a las letras cifradas, de manera semejante a como lo hacía Tiltman. El proceso quedó tan arraigado en el cerebro de Roberts que incluso hoy se descubre a sí mismo añadiendo chuletas estándar de la *testería* como EINS (uno) y FEIND (enemigo) a placas de matrículas de coches. Algunas veces, se descifraba la charla cifrada del operador antes que el propio mensaje. Hilton nunca olvidó los evocadores desciframientos *Ich bin so einsam* (me siento tan solo), de un operador en el frente de Leningrado, y *Mörderische Hitze* (calor infernal), del frente italiano^[32].

Mientras tanto, Turing configuró su propio proyecto de electrónica. Estableció un pequeño laboratorio en un barracón Nissen —de forma semicilíndrica y construido con chapas de acero— en Hanslope Park, otro pilar de la campaña del condado de Buckingham a pocos kilómetros de Bletchley Park^[33]. Ahora que el problema de Tunny estaba en esencia resuelto, Jumbo Travis quería que Turing siguiera ampliando las fronteras de la criptografía y le pidió que continuara con el trabajo de codificación del habla que había comenzado en Nueva York^[34]. Fue semejante a su movimiento de Enigma a Tunny en 1942: ahora que el trabajo pionero en Tunny ya estaba hecho, se precisaba la mente de ariete de Turing en otro sitio para abrir nuevos caminos. Flowers también tuvo algo que ver en este nuevo proyecto de alto secreto de

Hanslope^[35]. Turing y él hablaban cada uno el lenguaje del otro. «Turing tenía fama de ser casi totalmente incoherente en sus explicaciones», decía Flowers riéndose, puesto que él nunca había tenido el más mínimo problema para comprender a Turing^[36]. «La verdad es que nuestro parecido era bastante llamativo», dijo Flowers. Turing se dispuso a diseñar un sistema portátil de habla que tenía aproximadamente el mismo tamaño que la máquina Tunny (el SIGSALY de los laboratorios Bell, el sistema de habla seguro en el que había estado involucrado tiempo atrás ese mismo año, era tan grande como Coloso). El talento de Turing para el diseño de circuitos electrónicos floreció en su laboratorio de Hanslope. Las copias cianográficas que sobreviven, cada una del tamaño de un escritorio y aún, después de todos estos años, de un color azul cielo brillante, describen el complejo sistema de habla llamado «Dalila»^[37].

El método de Dalila para codificar el habla era análogo al modo en que la máquina Tunny cifraba el texto tecleado. Tunny añadía claves de ofuscación a las palabras escritas; Dalila añadía claves de ofuscación a las palabras habladas. En el caso de Dalila, la clave era una cadena de números aparentemente aleatorios. El primer paso en el proceso de codificación era «discretizar» el habla y convertirla en una serie de números individuales (cada uno correspondía con el voltaje de la señal de habla en ese momento en concreto)^[38]. Entonces, Dalila añadía claves a estos números y creaba la forma codificada del mensaje hablado. A continuación, este se transmitía de modo automático a otra Dalila, en el extremo receptor del enlace.

Igual que con Tunny, el receptor de Dalila tenía que estar sincronizado con el emisor, para que tanto la máquina transmisora como la receptora generaran una clave idéntica. La máquina receptora extraía la clave del mensaje cifrado, y los números descifrados resultantes (que especificaban voltajes) se empleaban para reproducir el discurso original. El resultado era un poco distorsionado, pero en general bastante inteligible: aunque si la máquina había cometido un error, entonces se producía «un chasquido repentino como el disparo de un fusil» decía Turing^[39]. Eso tenía que ser duro para los esforzados oídos del operador receptor. Al diseñar Dalila, Turing adaptó con ingenio la tecnología criptográfica que ya existía. En la esencia del mecanismo de Dalila, para generar la clave había una máquina de cifrado de texto de cinco rotores basada en Enigma (véase la Figura 22, página 146).

En Hanslope, Turing vivía en una vieja casa de campo y almorzaba en el comedor del cuartel^[40]. «A pesar de que tenía que vivir en una leonera y con soldados — recordaba el comandante— Turing enseguida se asentó y se convirtió en “uno de nosotros” en todos los sentidos: aunque no era muy hablador, siempre estaba dispuesto a explicar su trabajo incluso a un absoluto ignorante como yo»^[41]. Al cabo de unos pocos meses, el ejército envió graduados universitarios frescos a Hanslope, y Turing hizo dos grandes amigos. Robin Gandy compartía el barracón Nissen de Turing y trabajaba en la introducción de mejoras en el equipamiento que se empleaba

en la interceptación de mensajes alemanes^[42]. Al principio, Gandy pensó que Turing era un poco estricto, pero más tarde le «encantó descubrir lo humano que podía ser: hablaba sobre amigos comunes, organizaba cenas, era un poco presumido en cuanto a su ropa y su apariencia»^[43]. La segunda nueva amistad brotó cuando Don Bayley llegó a Hanslope, en marzo de 1944, para ayudar con Dalila^[44]. A menudo, los tres daban juntos largos paseos por la campiña del condado de Buckingham. Un día, Turing se inscribió para una carrera de un kilómetro y medio en los deportes del regimiento. Algunos de los soldados pensaron que se trataba de una tomadura de pelo, pero, cuando se lanzó la carrera, Turing «llegó el primero con mucha facilidad», recuerda el comandante^[45]. Fue el comienzo de la trayectoria de Turing como corredor de nivel olímpico. Poco después de que la guerra terminase, comenzó a entrenarse en serio y se lo podía ver «con el pelo al viento», según decía su amigo de Cambridge Arthur Pigou, volviendo a casa «al final de un “carrerón” en solitario de 15, 25 o 30 kilómetros»^[46].

En Bletchley Park, el escepticismo oficial sobre Coloso había desaparecido rápidamente. En marzo de 1944, las autoridades ya andaban solicitando cuatro ordenadores más, y en abril ya querían doce^[47]. Para poder responder a todo, Flowers se vio a sí mismo bajo una inmensa presión. Las instrucciones que él debía seguir venían de lo más alto, de Churchill y del gabinete de guerra. El jefe de personal de Churchill, Pug Ismay, no medía sus palabras cuando le indicaba por escrito al jefe de ingenieros de la central de correos, *sir* Stanley Angwin, de manera educada pero firme, que la producción de más Colosos era de «importancia crucial» y que había que darle «la prioridad más alta, tanto por lo que concierne al trabajo como al material»^[48]. Flowers, que nunca fue un hombre a quien se pudiera avasallar, causó consternación cuando dijo rotundamente que en junio solo podría estar conectado un nuevo Coloso^[49]. Sabía que había conseguido construir el primero únicamente porque sus hombres «no habían hecho otra cosa que trabajar, comer y dormir durante semanas y meses sin parar», y ahora estaban haciéndolo de nuevo^[50]. Flowers recordaba que, un día, algunas personas de Bletchley vinieron a inspeccionar el trabajo, pensando que él podría estar «holgazaneando». Me dijo que regresaron «estupefactos por la dimensión del esfuerzo».

En mayo, Coloso II, que estaba terminado parcialmente, fue enviado por barco desde el laboratorio de Flowers en Londres al *newmanario*. Flowers había acordado que pondría el nuevo ordenador en marcha el 1 de junio, pero este tenía un defecto misterioso y cuando las últimas horas de mayo estaban a punto de consumirse seguía sin funcionar^[51]. Agotados, Flowers y su equipo tiraron la toalla a la una de la madrugada del primer día de junio y se marcharon a casa para arañar unas horas de sueño^[52]. Flowers dejó a Bill Chandler, que era su mano derecha, encargado de seguir buscando el defecto, puesto que al parecer el problema estaba en una parte del ordenador que Chandler había diseñado. Fue una noche dura: en torno a las tres de la

madrugada, Chandler se dio cuenta de que se le estaban mojando los pies y vio que de una tubería del radiador ubicada a lo largo de la pared brotaba una fuga, la cual enviaba una peligrosa corriente de agua hacia el equipamiento de alto voltaje del ordenador^[53]. Finalmente, consiguió localizar el defecto en Coloso e hizo unos ajustes rápidos con su soldadora. Cuando Flowers regresó, se encontró con que el ordenador funcionaba a la perfección. El charco seguía allí, con todo, y las Wrens que manejaban la máquina tuvieron que ponerse botas de goma^[54]. Bill Tutte y Gerry Morgan miraron dentro. Con una sofocada risita entre dientes, Tutte recordaba haber visto que Morgan miraba el suelo mojado y bromeaba diciendo que a la nueva máquina todavía no la habían educado^[55].

Flowers y su «panda^[56]» habían cumplido con el plazo, y menos de una semana después empezó la invasión aliada de Francia. Fue el comienzo del acto final de la guerra europea. Una flota masiva de unas seis mil naves atestadas de hombres y equipos se dirigió desde la costa sur de Inglaterra hacia las playas de Normandía, viajando bajo la protección de la oscuridad en convoyes de ocho kilómetros de longitud^[57]. El desembarco, cuyo nombre en clave era operación Overlord, comenzó en la mañana del 6 de junio, el Día D. Durante meses, las bombas de Turing y el primer Coloso habían proporcionado una ventana incomparable desde la que asistir a los preparativos alemanes contra la operación. Las fundamentales incursiones de Turing y Tutte habían permitido un ciberataque masivo que culminó en «una evaluación total, pero absolutamente certera del plan de batalla alemán para el área Overlord el día D», explicó Harry Hinsley^[58]. Un mensaje muy útil, descifrado por los equipos de la *testería* y el *newmanario* en mayo, contenía el itinerario de la gran ronda de inspección que el general Guderian emprendería con sus tropas de Panzer^[59]. Esto resultó de gran ayuda, al revelar la posición de muchas de las divisiones de Panzer en el norte de Francia.



Figura 21. Desembarcos aliados del Día D en las fuertemente defendidas playas de Normandía.

Crédito: © Illustrated London News Ltd / Mary Evans.

Entre las preparaciones para Overlord se contaba la operación Fortitude, un elaborado engaño cuyo objetivo era confundir a los alemanes para que creyeran que la principal invasión iba a tener lugar más en el norte, cerca del francés puerto de Calais, que está a unos treinta kilómetros de Dover, su equivalente británico^[60]. El general estadounidense George Patton encabezaba un ejército enorme aunque totalmente ficticio radicado enfrente de Calais y equipado con baterías de artillería de madera contrachapada y tanques de caucho hinchable. Un telegrama del embajador japonés en Berlín (descifrado el 1 de junio) informaba a Hitler de que los aliados iban a establecer de inmediato una cabeza de puente en Normandía, o quizá en la vecina Bretaña, un poco más al oeste, pero que luego, muy poco después, lanzarían la auténtica invasión en Calais^[61]. La operación Fortitude funcionaba.

La información le vino como un guante a un mensaje Tunny del general Jodl, descifrado un poco antes, en el que se revelaba que una enorme fuerza de tanques alemanes se mantendría en la reserva y que solo se movería a las órdenes de Hitler^[62]. La fuerza de reserva incluía la duodécima división Panzer ss, conocida como *Hitlerjugend* o juventud hitleriana. Gracias al itinerario de Guderian, los criptoanalistas sabían que la *Hitlerjugend* estaba radicada en Evreux, una pequeña ciudad más próxima a París que a las playas de Normandía. Los desciframientos pusieron de manifiesto además que poseía unos ciento cincuenta tanques y cañones blindados y más de veintidós mil hombres: era una fuerza enorme, con más del doble del tamaño de una división de infantería corriente^[63]. En la reserva personal de Hitler también estaba la división de Panzer Lehr; por los desciframientos, se sabía que tenía que hallarse en Chartres, aún más lejos de Normandía que la *Hitlerjugend*^[64]. La división Lehr era una de las mejores del ejército alemán, y se necesitaron no menos de ochenta y cuatro trenes para trasladar sus tropas desde Hungría a su último destino en Francia^[65]. El nombre *Lehr* procede de *Lehrer*, que significa «profesor»: era una división de élite que enseñaba a las otras cómo luchar. Lista para desplegarse en Calais si era necesario, la fuerza de lucha combinada de la *Hitlerjugend* y la *Lehr* estaba a nada más y nada menos que veinticuatro horas de las playas de Normandía^[66]: este era un dato esencial para los comandantes de la operación Overlord, que ahora sabían que disfrutarían de un respiro muy necesario antes de que las defensas alemanas los alcanzaran con toda su fuerza.

Quienes primero llegaron a Normandía lo hicieron por el aire y justo después de la medianoche. Durante algunas horas, el mariscal de campo Gerd von Rundstedt, el jefe de estado mayor alemán en el oeste —a quien generalmente se conocía en los informes de Bletchley con el no muy digno título de Charlie-en-Charlie (dado que, en inglés, la expresión para «jefe de estado mayor» es *commander-in-chief* y suele abreviarse como C-in-C)— continuaba atenazado por la desinformación. «Seguía creyendo que únicamente se enfrentaban a una operación de distracción que precedía a una invasión en el paso de Calais», dice Hinsley^[67], y Rundstedt informó de que

«no consideraba que se tratara de una operación importante»^[68]. Finalmente, se dio cuenta de que la dimensión de lo que estaba ocurriendo era muy superior a la de una mera distracción y en torno a las cuatro de la madrugada solicitó el apoyo de la *Hitlerjugend* y la *Lehr*. Pero el servil Jodl no iba a dar curso a las órdenes sin un «así lo dice Hitler», y aquel día el *führer* durmió hasta la hora de comer^[69]. Quizá estaba soñando cómodamente con hacer que los perros británicos se vieran forzados a regresar al mar en Calais. Ya era por la tarde cuando accedió a enviar a la *Hitlerjugend* y la *Lehr*, un retraso vital que permitió a las tropas aliadas establecerse en las cabezas de playa^[70]. Hitler culpó a sus subordinados. «Desde Normandía en adelante» su actitud dejó ver «un recrudecimiento de su violencia», de acuerdo con el análisis que el Barracón 3 hizo de sus mensajes a los generales: «Da la impresión de una desesperación cada vez mayor (tanto si se la confesaba a sí mismo como si no), de una desconfianza en aumento hacia sus generales, a los que tenía, o bien por unos truhanes, o bien por unos idiotas que lo engañarían en cuanto les diera la oportunidad»^[71].

Los aliados lucharon lenta pero firmemente para avanzar hacia Alemania. «Mantuvimos a todas las tropas aliadas bien informadas, a medida que continuaban hacia Francia y luego hacia Alemania», dice Roberts con orgullo. «Los nuevos Colosos llegan mes a mes, y nosotros descifrábamos torrentes de mensajes», recuerda. Los desciframientos eran mucho más rápidos en aquel entonces, aunque seguían lejos de las velocidades alcanzadas con Enigma. Desde finales de 1943, las bombas de Turing descifraban mensajes de Enigma a la increíble velocidad de casi dos mensajes por minuto, noche y día: ochenta y cuatro mil mensajes al mes^[72]. En cambio, el proceso de descifrar un mensaje de Tunny, desde que se recibía en Bletchley hasta que se imprimía un texto alemán en claro, llevaba de media algo más de un día^[73]. «Los últimos cuatro meses de la guerra fueron nuestro periodo más atareado —dijo Roberts—; generamos casi tantos desciframientos como durante todo el año anterior»^[74].

Más o menos a comienzos de febrero de 1945, Bletchley descifró un mensaje de Dönitz —que entonces era jefe del estado mayor de la marina alemana—, en el que declaraba que «el genio del *führer* sabrá cómo asegurar lo que es mejor»^[75]. Mejor se hubiera callado. Al cabo de pocas semanas, Hitler estaba muerto, y la capitulación de Alemania se produjo el 8 de mayo de 1945. «Yo estaba con Donald Michie en el cine, en Fenny Stratford, cuando el programa se interrumpió para anunciar el fin de las hostilidades con Europa», recordaba Helen Currie^[76]. Su trabajo consistía en manejar las máquinas de la *testería* que convertían el texto cifrado de Tunny en alemán en claro una vez que Roberts o alguno de sus colegas habían revelado algunas palabras del texto «deschizado». Mientras Currie y Michie estaban en el cine, Cathering Caughey se hallaba en el turno de noche en el *newmanario* y allí vio cómo los parlanchines teletipos que escupían los mensajes inteceptados de Tunny cesaban

repentinamente su actividad. Las últimas palabras de Hitler que se descifraron —un grito final desesperado que se transmitió la noche antes de que se disparase a sí mismo— fueron: «¿Dónde está la punta de lanza de Wenck? ¿Cuándo va a avanzar? ¿Dónde está el noveno ejército? ¿Dónde está el *gruppe* Holste? ¿Cuándo va a avanzar?»^[77]. Los últimos remanentes de la élite nazi emplearon pesadas cajas de medallas de hierro todavía por conceder para obstruir con barricadas las ventanas de la cancillería del Reich en Berlín cuando las tropas rusas entraron en la ciudad^[78].

Unas pocas horas después de que los teletipos se sumieran en el silencio, Michie y Currie subieron a un tren abarrotado que se dirigía hacia Londres. Bailaron como locos en Trafalgar Square, abrazando y besando a completos desconocidos entre una muchedumbre eufórica. Turing celebró la victoria de forma más tranquila, paseando con Bayley y Gandy por la campaña^[79]. «Bueno, la guerra ha terminado —dijo Bayley a Turing mientras descansaban en un claro del bosque—: ha llegado la paz, así que ya nos lo puedes contar todo». «No seas tan condenadamente estúpido», respondió Turing. «Ese fue el final de aquella conversación», recordaba Bayley sesenta y siete años después. Los cinco años de guerra habían sido, en cierta medida, tiempo muerto. «Vivíamos por completo en el presente, disfrutábamos de la vida con avidez, y no dedicábamos ni un pensamiento al futuro», recordaba Currie. «Hubo algunos romances apasionados», añadió con énfasis. Pero, con la derrota de Hitler, había llegado el momento de tener en cuenta el futuro.

Llegado el final de la guerra, Newman tenía nueve Colosos trabajando a todas horas en el *newmanario*, y en la fábrica había otro casi listo para su entrega. Los ordenadores se guardaban en dos edificios enormes con estructuras de acero. Fue la primera instalación mundial de informática electrónica, con colas de trabajo, equipos de operadores trabajando por turnos, equipos de perforado de cinta e ingenieros siempre disponibles para mantener la maquinaria en correcto funcionamiento. No se volvió a ver nada semejante hasta la década de 1960, cuando comenzaron a surgir los primeros centros modernos de informática a gran escala. Newman era del todo consciente de que había creado algo absolutamente nuevo. En torno al verano de 1944, cuando los primeros Colosos entraron en acción, decidió que su futuro en tiempos de paz estaría junto a los ordenadores^[80]. Los años de la posguerra verían la continuación de su colaboración con Turing, pues fundó el Royal Society Computing Machine Laboratory [laboratorio de máquinas de computación de la Royal Society] en Manchester y supervisó la construcción de un ordenador electrónico con programa almacenado. Por lo que respecta al *hardware*, fue la primera máquina universal de Turing, y este se pasó el resto de su vida programándola.

De hecho, Newman era la persona idónea para dirigir un laboratorio de informática científica, aun teniendo en cuenta que no siempre era fácil llevarse bien con él. «Siempre estaba totalmente seguro de su juicio, por mucho que supiera que estaba equivocado», observó Michie. «Terco como una mula». Eran duros con Newman. «No le gustaba soportar a idiotas», recordaba Michie con una sonrisa

traviesa^[81]. Igual de guerrero que Wittgenstein, a quien habían endurecido los años de tira y afloja con el argumento lógico, se picó con algo que dijo Newman y murmuró: «Tendrían que haberlo ahogado al nacer»^[82]. Sin embargo, la plantilla del futurista *newmanario* reverenciaba a su jefe, por mucho que orbitara sobre sus cabezas. Newman iba décadas por delante de su tiempo en lo que se refiere a prácticas de gestión y los alentaba a llamarse unos a otros —aunque nunca a él mismo— por su nombre de pila. «Esta fue una idea maravillosa: enseguida fuimos un equipo», recordaba la operadora de Coloso Dorothy du Boisson^[83]. La informalidad tuvo que haber dejado perplejos a los militares patrioterros de Bletchley y a los administradores irascibles del servicio civil; es posible que incluso los irritara. Otra de las innovaciones de Newman fue un foro democrático que tenía lugar con el nombre de «fiesta del té». Estas «fiestas del té —explica Jack Good— eran encuentros informales de todos con todos en los que se tomaban muchas decisiones; pero —añade— no había té»^[84]. En su otra vida, como uno de los matemáticos destacados de Gran Bretaña, Newman había sido pionero en topología, el estudio abstracto de la forma; y al reflexionar sobre los problemas de la gestión observó: «Es increíble la cantidad de formas que puede adoptar el cuello de una botella»^[85]. De hecho, era profesor de los pies a la cabeza, a pesar de su don para la administración visionaria. Catherine Caughey una vez lo vio en la estación de Bletchley: meneaba una liebre muerta que tenía agarrada por las patas traseras (una sabrosa comida que daba para unas cuantas personas en aquellos días del racionamiento de carne) mientras buscaba ansiosamente en el andén algo que se le había caído. Con una mirada consternada, le dijo: «Hasta que no encuentre mi billete no sabré si voy a Oxford o a Cambridge»^[86].

Sin embargo, la increíble fábrica de ordenadores gigantes de Newman no sobrevivió a la guerra. Poco después de la victoria en Europa una reunión de alto nivel decidió el destino de los Colosos. Es posible que el propio Churchill estuviera presente. Naturalmente, la capacidad de desciframiento de Bletchley era excesiva para los tiempos de paz. Durante años se continuaron utilizando los teletipos de cifrado alemanes, puesto que eran algunos de los equipos más avanzados de cifrado existentes: hacia finales de 1945 la propia RAF se planteó adoptar las máquinas alemanas para proteger sus comunicaciones por teletipo^[87]. Era razonable suponer que los rusos y puede que incluso también los franceses comenzarían a emplear las máquinas Tunny que hubieran apresado. Aun así, Gran Bretaña no necesitaba los diez Colosos. Los criptoanalistas ya podían ver el potencial para la construcción de una nueva generación de máquinas que, combinando las mejores características de Coloso y de «Super-Robinson», una máquina multicinta que procedía del prototipo de Newman, Heath Robinson, superara a las Tunny^[88]. En términos generales, se decidió que con dos Colosos bastaría. El equipo sobrante fue destruido. De hecho, a la plantilla saliente de Bletchley se le dijo que se habían destruido los diez Colosos:

según las órdenes de Churchill fueron hechos pedazos de tamaño no superior a un puño.

Los dos Colosos se trasladaron discretamente a Eastcote, los nuevos cuarteles generales de los criptoanalistas en los suburbios de Londres; los demás fueron desmantelados. «De pronto, los Colosos ya no estaban —recordaba Du Boisson—, se habían destruido de acuerdo con las órdenes de Churchill, según se nos dijo entonces. Lo único que quedaba eran los profundos agujeros en el suelo, allí donde las máquinas habían estado colocadas»^[89]. (Por cierto, Du Boisson es la Wrens que está de espaldas a la cámara en la Figura 20). «Nuestras instrucciones establecían que ninguna de las piezas que quedasen debía bastar para dar indicios de su posible uso», recordaba Norman Thurlow, uno de los ingenieros del *newmanario* que entonces se encontró con que le habían dado órdenes de hacer pedazos los Colosos, después de haber dedicado muchos meses de su vida a mantenerlos en activo^[90]. «Una nota final a la plantilla nos recordaba la necesidad permanente de discreción —rememoraba Thurlow—, pero indicaba que, en el futuro, dentro de muchos años, nos sería posible hablarles a nuestros nietos de “las cintas que se extienden sobre ruedas de plata”».

Los ordenadores electrónicos de Bletchley, las máquinas más sofisticadas de Europa, fueron hechos pedazos. El hecho de que este brutal revés al progreso científico no fuera conocido en el mundo exterior apenas atenúa la magnitud del golpe. Los Colosos podrían haber entrado a formar parte de la ciencia pública. Turing, Newman y Flowers los habrían adaptado rápidamente a nuevas aplicaciones, y podrían haberse convertido en el núcleo de un servicio de investigación científica. Con ocho ordenadores electrónicos macizos en el escenario público de mediados de 1945, la historia de la informática moderna habría comenzado de manera muy diferente. ¿Quién puede decir los cambios que este comienzo distinto habría traído consigo? Si hubiera habido clones del centro informático de Bletchley surgiendo por todas partes, internet —e incluso el ordenador personal— podrían haberse desarrollado una década o más antes. Incluso antes de que comenzase el nuevo milenio, el trabajo en redes sociales podría haber cambiado el mapa político del mundo.

Sacar del armario el secreto de Tunny y Coloso tomó mucho tiempo: mucho más que Enigma. Los antiguos miembros de la *testería* y el *newmanario* siguieron estrictamente las órdenes de no decir nada de lo que sabían. Caughey incluso temía ir al dentista por si hablaba mientras estaba anestesiada^[91]. Su gran pesar fue que nunca pudo decirle nada a su marido sobre su extraordinario trabajo como operadora del primer ordenador electrónico a gran escala. Roberts también lamentaba que sus padres hubieran muerto sin saber nada de su trabajo en la *testería* durante la guerra: una tarea de tal importancia que, en circunstancias diferentes, podría haber esperado con razón que se le hiciera caballero de la corona británica. Currie hablaba de la inmensa carga que suponía no poder compartir sus recuerdos con su familia. Durante los «años del silencio», decía, sus experiencias durante la guerra «cobraban un

aspecto como de sueño, casi como si las hubiera imaginado»^[92]. La madre de Turing escribió con pesar sobre el «silencio forzado que tenía que ver con el trabajo [de Turing]»^[93]. «Nunca se dio ni un solo indicio de la naturaleza de su trabajo secreto», decía y se quejaba de que la discreción obligada «había arruinado» su comunicación. El hijo de Newman, William, él mismo una luminaria de la industria de la infografía, dijo que su padre solo le hablaba de soslayo sobre su trabajo durante la guerra y que murió «habiendo contado muy poco»^[94]. En junio de 2000, sin embargo, y gracias principalmente a la campaña incansable de Michie, el gobierno británico por fin desclasificó una historia oficial ultrasecreta de quinientas páginas sobre toda la operación con Tunny, que escribieron Michie, Good y su compañero criptoanalista Geoffrey Timms en 1945^[95]. Por fin terminaba el secretismo. Este informe de 1945 ponía al desnudo la increíble historia de Coloso y el ataque a Tunny.

Inesperadamente, Turing y Flowers tuvieron otro encuentro con Tunny justo después de la guerra, cuando los dos viajaron juntos a Alemania. Turing tenía órdenes de investigar los sistemas criptológicos alemanes, mientras que Flowers debía estudiar el aspecto comunicativo del asunto. Allí estaban ellos cuando las bombas atómicas cayeron sobre Japón. Flowers se quedó sorprendido cuando se enteró de que Turing sabía cómo funcionaba la bomba. Entonces, un día, un ingeniero alemán locuaz les habló de la máquina de cifrado de doce rotores que el ejército utilizaba... y les mostró una máquina Tunny. No soltaron prenda, reía Flowers entre dientes, aunque tuvieron que hacer un esfuerzo supremo para no delatar su familiaridad con Tunny. El ingeniero les contó que se había previsto hacer cambios a fondo en la máquina Tunny, pero que tuvieron que interrumpirse debido a los duros bombardeos aliados que las fábricas alemanas sufrieron a partir de 1944. Por los pelos: las mejoras en la máquina podrían haber puesto a los criptoanalistas de nuevo en la casilla de salida. Pero si los expertos en cifrado alemanes hubieran estado más alerta, habrían aconsejado que se hicieran cambios en la máquina de manera continua.

La Alemania nazi tenía sus propias organizaciones de criptoanálisis, pero ninguna de la increíble magnitud de Bletchley Park. El *B-Dienst* (*Beobachtungsdienst* o servicio de vigilancia) de la marina alemana consiguió leer varios códigos británicos de la marina británica entre 1940 y 1945, y pudo suministrar a los submarinos alemanes la información de las posiciones de los convoyes del Atlántico norte^[96]. Pero esto fue un éxito aislado; en conjunto, el criptoanálisis nazi fue una cosa ineficaz. De hecho, se duda de que algo como el Bletchley Park de Denniston —una organización brillante, por muy excéntrica que fuera— pudiera haber florecido en un mundo rígido y esencialmente antiintelectual como el de los nazis. Además, muchas de las estrellas de Bletchley no eran susceptibles de obtener un empleo debido a los estándares retorcidos de los nazis: homosexuales como Turing, personas con sangre judía como Good, Hilton y Newman. El nombre de nacimiento de Good era Isadore Jacob Gudak, mientras que el padre de Newman, Herman Neumann, había emigrado a Londres desde la ciudad alemana de Bromberg^[97]. La familia Hilton cambió su

nombre, que era Erdberg, después de unos encuentros traumáticos con el antisemitismo británico durante la era de la Politish Union of Fascists de Oswald Mosley.

Esta pérdida inadmisibles de talento no puede ser la única explicación para el débil estado del criptoanálisis nazi; los mismos filtros ideológicos se habían impuesto en la ingeniería alemana, y sin embargo no hay duda alguna de que los ingenieros alemanes cumplían de manera espectacular. Cuando la guerra terminó, ya se estaba produciendo a toda velocidad una nueva generación de armamento avanzado: cazas y bombarderos de reacción, un precursor de reacción del misil de crucero, misiles balísticos de propulsión a cohete y supersubmarinos capaces de permanecer sumergidos durante toda su misión, por no mencionar el incipiente programa de la bomba atómica alemana. La explicación más probable que subyace a la debilidad del criptoanálisis alemán era, al cabo, la fe de los nazis en la impenetrabilidad de sus propios códigos y de los de otras personas. Lo mismo había ocurrido en los primeros días de Bletchley Park con la Enigma de la marina: nadie se preocupaba de trabajar en ella debido a la creencia derrotista de que era impenetrable. «¿Sabes?, los alemanes no quieren que tú leas sus cosas, y no creo que lo consigas jamás», le había dicho Denniston a Frank Birch^[98]. Fue la seguridad inquebrantable de personas como Turing y Flowers —que no conocían el significado de la palabra «derrotismo»— la que hizo que Bletchley Park fuera posible; y fueron sus máquinas —las bombas y los Colosos— las responsables del amplio alcance que adquirió la operación británica de criptoanálisis.

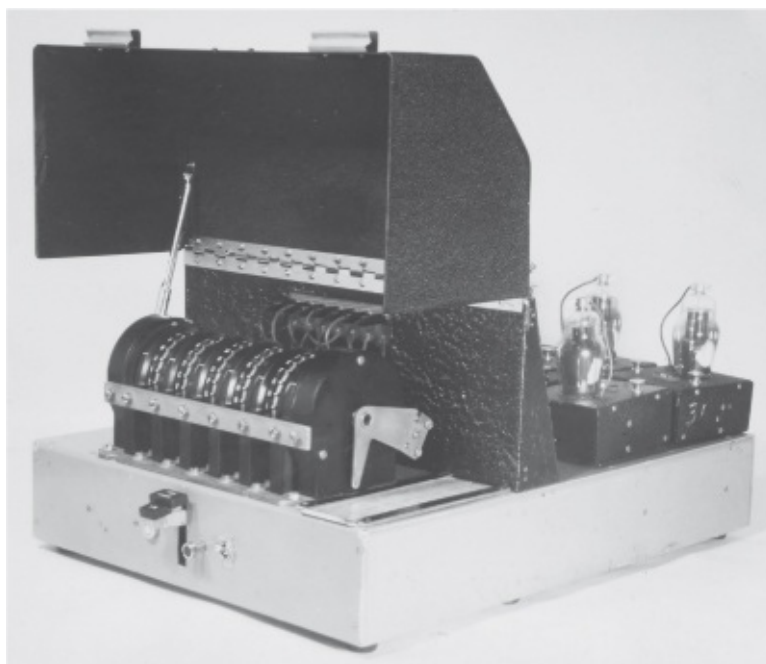


Figura 22. La Dalila de Turing.

Crédito: National Archives Image Library, Kew.

A su manera callada, Flowers influyó tremendamente en Turing. Con Coloso, el primero había establecido de manera decisiva y por primera vez que la computación

electrónica a gran escala era una propuesta práctica. Desde entonces, dijo, tan solo era cuestión de que Turing se sentara a ver qué oportunidades podían derivarse de poner la idea de la máquina computadora universal en práctica. Turing ni siquiera tuvo que esperar a eso. En junio de 1945, un hombre del National Physical Laboratory [laboratorio nacional de física] le hizo una visita sorpresa.

VIII

ACE, EL TRABAJO DE UN MES EN UN MINUTO

John Womersley, un afable nativo del condado de York en pleno ascenso profesional, era un hombre nuevo en un nuevo trabajo. Disfrutaba de su éxito. Su actitud de pensar a lo grande y su entusiasmo bondadoso y refrescante lo convertían en la persona ideal para poner en marcha una organización científica nueva. Cuando la guerra tocó a su fin, él aprovechó hábilmente la oportunidad de dirigir una nueva división de investigación matemática en el frondoso campus del National Physical Laboratory [laboratorio nacional de física].^[1] El NPL, como todo el mundo lo llamaba, era un pilar de la ciencia británica ubicado a unos cuantos kilómetros del centro de Londres ribera arriba, en el refinado barrio residencial de Teddington. Instalado durante la era victoriana, el NPL había estado regido, en sus inicios, por la Royal Society of London, pero ahora parecía una pequeña universidad, aunque sin estudiantes^[2]. El título oficial de Womersley era superintendente de la división de matemáticas. Él se veía a sí mismo como un discípulo de Babbage, e incluso le puso el nombre del gran personaje a uno de sus nuevos edificios. De acuerdo con la visión de futuro de Womersley, la computación científica ya no la llevarían a cabo ejércitos de empleados humanos, sino maquinaria automática. Tal y como él lo veía, las nuevas máquinas «harían gran parte del trabajo de las clases bajas»^[3].

Womersley tenía un truco para entender el potencial de los nuevos descubrimientos^[4]. Se trataba de algo que iba parejo con su poderoso sentido de la aventura. Durante mucho tiempo había sido admirador de las ideas de Turing y había leído «On Computable Numbers» no mucho después de su publicación. El trabajo de Turing le abrió los ojos. Enseguida comenzó a trazar esquemas en bruto de una máquina de Turing hecha a partir de un equipo telefónico automático: el mismo equipo que Flowers estaba deseando reemplazar con la electrónica^[5]. Rápidamente, Womersley decidió que, si la máquina se construía de ese modo, «sería demasiado lenta para resultar efectiva»^[6]. Un año o dos después, la guerra lo arrastró al trabajo en balística y estadística, pero nunca olvidó la idea de construir una máquina de Turing, y un día de 1944 tuvo una conversación trascendente sobre maquinaria de cálculo a gran escala con el físico Douglas Hartree^[7]. Hartree era una persona ambiciosa en los círculos científicos británicos —no tardó mucho en ser miembro del consejo de administración del NPL—, que estaba al tanto de lo que Flowers había creado en Bletchley Park^[8]. La ley de secretos oficiales constreñía lo que podía decir, pero nada podía evitar que transmitiese una idea del fabuloso potencial de la computación electrónica. Womersley enseguida empezó a hablar de aplicar la

electrónica a «todo tipo de computaciones»^[9]. Acuñó la acertada expresión «Turing en *hardware*»^[10], y en su mente se forjó la idea de invitar a Turing a unirse a su nueva división de matemáticas para construir una máquina de Turing totalmente electrónica.

Ya solo encontrar a Turing, que todavía se hallaba comprometido con trabajos secretos, fue un reto en sí. Unas pocas semanas después de que Alemania cayera, Womersley le hizo una visita a Newman. Hartree probablemente le abriera algunas puertas. Womersley le explicó que deseaba conocer a Turing, y Newman los reunió ese mismo día^[11]. Turing llevaba ahondando en la electrónica desde 1943, incluso había dictado una serie de conferencias sobre teoría de la electrónica en Hanslope^[12], y probablemente estaba ansioso por comenzar a trabajar en una máquina de Turing electrónica. Womersley lo invitó a su casa y le ofreció la oportunidad de crear la primera computadora electrónica multifuncional. Fue el golpe de suerte más afortunado de todos, y cayó en brazos de Turing como una predestinación divina. De regreso a Hanslope, le dijo a Don Bayley que iba a «hacer un cerebro»^[13].

Mientras tanto, se estaban filtrando noticias de que en Estados Unidos se estaba construyendo una computadora electrónica. La ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer, es decir, ordenador e integrador numérico electrónico) era materia clasificada, pero Womersley había conseguido ver el ordenador unas pocas semanas antes de encontrarse con Newman y Turing, de nuevo con la ayuda de Hartree^[14]. ENIAC era una idea de John Mauchly y Presper Eckert, dos visionarios de la ingeniería a los que el ejército estadounidense había encargado construir una calculadora de alta velocidad^[15]. El ejército la quería para que ejecutase el descomunal trabajo de preparar las complejas tablas que los especialistas necesitaban para apuntar la artillería. La construcción se puso en marcha en Filadelfia, en la universidad de Pensilvania, y ENIAC por fin comenzó a funcionar a finales de 1945, casi dos años después de que lo hiciera el primer Coloso. Mientras que Coloso permanecía envuelto en secreto, ENIAC fue dada a conocer en 1946 y se la saludó como la primera computadora electrónica. John von Neumann —que desconocía la existencia de Coloso por completo—, en unos discursos públicos carismáticos y en sus importantes escritos científicos, le dijo al mundo que ENIAC era «la primera máquina computadora electrónica»^[16].

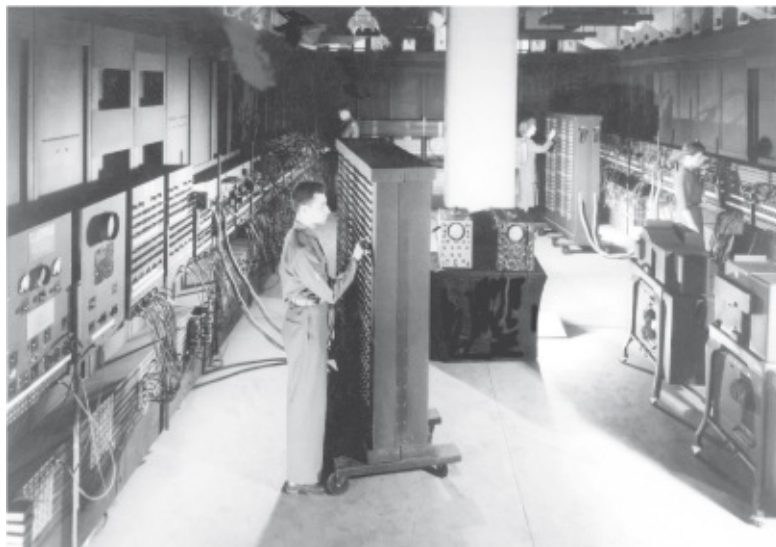


Figura 23. ENIAC.

Crédito: © 2000 Topham Picturepoint / TopFoto.co.uk.

Flowers vio ENIAC justo antes de la guerra. Me dijo que, en su opinión, Coloso «era mucho más computadora que ENIAC». Él había incluido en Coloso unas complejas utilidades que permitían hacer operaciones lógicas, mientras que, según él, ENIAC no era más que un «tritador de números». Sin embargo, ninguna de estas dos máquinas pioneras incorporaba la idea del programa almacenado de Turing. Coloso y ENIAC, que era aún más grande, se programaban redirigiendo cables y configurando interruptores¹⁷ A los operadores de ENIAC les podía llevar hasta tres semanas instalar un programa y eliminar sus fallos.^[18] El proceso era una pesadilla.

Por lo que respectaba a Womersley, la característica más útil de ENIAC era su valor propagandístico. Maestro en el arte de conseguir apoyo, iba introduciendo hábilmente referencias a ENIAC a medida que extendía sus propuestas de desarrollar un ordenador electrónico. «Las posibilidades —le dijo Womersley al director del NPL, *sir* Charles Darwin, el cual se había pasado la vida a la sombra de su abuelo, el auténtico Charles Darwin— son tan inmensas que es difícil exponer un caso práctico sin sonar como un completo lunático para quienes no estén al corriente de los avances estadounidenses»^[19]. Es posible que a Turing, a quien no le agradaba Womersley en absoluto, le hubiera divertido discretamente el hecho de que el propio Womersley no estuviera al corriente de los avances aún más lunáticos de Bletchley.

Durante el resto de 1945, Turing trazó diseños detallados para su ordenador electrónico de programa almacenado. Womersley ya había puesto apodo a la máquina que aún no había nacido: motor de computación automática (*Automatic Computing Engine*), una referencia a la máquina analítica de su héroe, Babbage. Todo el mundo lo llamaba sencillamente «el ACE»^[20]. Turing pergeñó el primer diseño más o menos completo que el mundo haya visto de un ordenador digital electrónico de programa almacenado y, a finales de año, tenía terminadas sus cuarenta y ocho páginas mecanografiadas y sus cincuenta y dos diagramas y tablas^[21]. Se titulaba «Proposed

Electronic Calculator» [propuesta de una calculadora electrónica]. Turing nunca incluyó una estimación detallada del costo de los componentes de la máquina: unas once mil doscientas libras, que vendrían a ser unas cuatrocientas mil en dinero actual^[22]. Especificaba una memoria de alta velocidad con aproximadamente la misma capacidad que uno de los primeros Macintosh de Apple: algo descomunal para los estándares de su tiempo. Turing entendía que la capacidad de memoria y la velocidad eran las claves de la informática. Estaba «obsesionado con la idea de la velocidad», recuerda su asistente Jim Wilkinson^[23]. La frecuencia de reloj de ACE era de 1 MHz, muy respetable; ACE era solo mil seiscientos veces más lento que mi portátil actual.

Mientras Turing resolvía los detalles técnicos, Womersley engrasaba los raíles. A no ser que este último pudiera convencer a Darwin de que a su vez persuadiera al gobierno británico para que apoquinase el dinero, el diseño de Turing solo sería de interés académico. Womersley le hizo entender a Darwin que el ordenador de Turing iba a «alterar por completo el ritmo» de la investigación científica: y lo que es más, que sería «uno de los mejores chollos» en los que el gobierno británico hubiera invertido dinero jamás. Womersley conocía su oficio y le fue dando a Darwin una ristra constante de mensajes sencillos pero potentes para que los emplease en sus encuentros en Whitehall. «Velocidades imposibles de alcanzar hasta ahora» era una de las indigestas pero efectivas frases de Womersley. Darwin se convirtió celosamente y enseguida se puso a explicarles a sus jefes del gobierno que el ordenador de Turing «bastaría para resolver cualquier problema que se le exigiera desde cualquier lugar del país»: el único ordenador de Gran Bretaña, controlado por Darwin^[24]. También estaba la cuestión de quién iba a hacerse cargo de los aspectos de la ingeniería, pero, por lo que a Turing respectaba, la respuesta era obvia: Tommy Flowers. Womersley le explicó a Darwin que Flowers «tenía experiencia de los tiempos de guerra en el campo adecuado»^[25]. Fue un eufemismo estruendoso, pero ni Womersley ni Darwin podían saberlo.

Una vez que Turing hubo terminado su trabajo de diseño, la tarea de Womersley consistía en cuidar de que la propuesta siguiera su camino a través de los órganos de gobierno del NPL, el esforzado comité ejecutivo. Escribió un resumen bien hecho del trabajo de Turing en un lenguaje que los científicos y los capitanes de la industria del comité pudieran seguir, y en marzo de 1946 se los convocó, a él y a Turing, para freírlos a preguntas sobre sus planes. Este encuentro, uno de los momentos significativos de la historia de la informática, tuvo lugar en una habitación muy formal de la mansión del siglo XVIII de Piccadilly en que se albergaban las oficinas de la Royal Society. Darwin, que presidía el encuentro, hizo señas a Womersley para que hablase.

Alto y de complexión fuerte, Womersley se puso en pie de forma imponente para dirigirse al comité y empezar el procedimiento con el pie derecho. Habló de los

ordenadores que había en aquel entonces en Estados Unidos —ENIAC y dos máquinas que funcionaban con relevador, ninguna de las cuales podía operar con un programa almacenado— y entonces señaló teatralmente: «Cuando esté totalmente terminada, la máquina del doctor Turing tendrá un potencial de resultados mayor que las tres [máquinas estadounidenses] juntas»^[26]. Una vez que había hecho entrar en calor al comité, Womersley presentó a Turing, quien se lanzó enseguida a una exposición pormenorizada que inevitablemente sobrepasó a muchos de los presentes. Antes de que pudiera terminar su resumen de lo que ahora denominamos programación informática, Darwin lo interrumpió y exigió que se presentara la propuesta entera. Amablemente, Hartree trajo a colación el hecho de que ACE iba a tener una capacidad de «memoria» de seis mil números, frente a los veinte números de ENIAC, y «sin un coste mayor». Darwin le planteó a Turing como quien no quiere la cosa una serie de preguntas perspicaces. Quería saber qué ocurriría si el ordenador se enfrentaba a un problema matemático que tuviera diferentes soluciones. Turing replicó pacientemente que el programador tendría que tener todas esas posibilidades en consideración, por lo que la elaboración de las tablas de instrucciones podía ser un asunto en cierta manera «complicado».

Según las actas de la reunión, cuando la presentación llegó a su fin, el comité se comprometió a dar su apoyo de forma unánime y entusiasta. Habían salvado el primer escollo. La siguiente parada de Darwin era Whitehall, y de allí consiguió arrancar la promesa de cien mil libras para los tres restantes años del proyecto. El futuro del ACE parecía asegurado. Los planes de Turing enseguida captaron la atención de los periódicos, con titulares como «ACE es superior al modelo estadounidense—: tiene más capacidad de memoria»; «ACE acelerará los vueltos en reactor: resolverá los problemas de aerodinámica»; «Puede que ACE sea el cerebro más veloz»; y «El trabajo de un mes en un minuto». El modelo estadounidense era ENIAC, por supuesto, y aunque el artículo de periódico estaba en lo cierto respecto a que el ACE tenía una memoria mayor, no mencionaba la diferencia más importante, a saber, que ENIAC, en contraposición a ACE, había sido diseñado sin tener en cuenta la posibilidad de que ejecutase programas almacenados.

Ahora que conocemos la magnífica instalación de computación de Newman en Bletchley Park, algunas de las afirmaciones bien intencionadas de Womersley sobre ENIAC parecen ridículas. Por ejemplo, presionó a Darwin y al comité ejecutivo con la siguiente observación: «Ahora estamos en posición de obtener beneficios del trabajo pionero hecho en Estados Unidos»^[27]. Del que iban a cosechar beneficios, no obstante, era del trabajo pionero hecho en Bletchley. Aún hoy, el secretismo sobre los logros de Flowers sigue dañando la historia de la informática. El mito de que ENIAC llegó primero se convirtió en una piedra angular ya después de la guerra, y durante el resto del siglo XX, libro tras libro —por no hablar de revistas y periódicos— se les ha dicho a los lectores que ENIAC fue el primero ordenador electrónico. Un manual

influyente para estudiantes de informática ofrecía este resumen histórico tristemente inexacto: «A menudo se ha contado la historia temprana, comenzando con Babbage, hasta el nacimiento de las máquinas electrónicas con ENIAC»^[28]. Flowers quedaba sencillamente fuera del cuadro. Era tremendamente injusto, aunque inevitable, dado el secreto. Años después, a Flowers lo invadió un dejo de amargura: «Por supuesto que me sentí decepcionado cuando, después de que la guerra terminara, me dijeron que el secreto de Coloso había de mantenerse indefinidamente —dijo^[29]—. Yo no tenía ninguna duda, ya que era un éxito probado, de que Coloso era un hito histórico y de que hacerlo público me habría creado un nombre en los círculos científicos e ingenieriles: una convicción que fue confirmada por la recepción que se le brindó a ENIAC —añadió agriamente. Continuaba—: Tuve que tolerar todo el reconocimiento que se le daba a esa empresa sin poder divulgar que yo me había anticipado». Lo que es peor, sus opiniones sobre ingeniería electrónica tuvieron poco peso entre sus colegas, totalmente ajenos a lo que él había hecho y, según afirma, se ganó reputación de «pretencioso». «Estoy seguro de que las cosas habrían sido diferentes para mí y para la industria británica si Coloso hubiera salido a la luz aunque fuera diez años después del fin de la guerra».

ENIAC cambió la vida de otro miembro del círculo de Turing, el lógico matemático convertido a científico de la bomba atómica: Von Neumann. En Los Álamos, habitaciones llenas de miembros de las «clases bajas» armados con calculadoras de escritorio se debatían para realizar los masivos cálculos que los físicos necesitaban. Cuando oyó hablar de ENIAC durante un encuentro fortuito con un desconocido en una estación de ferrocarril en el verano de 1944, Von Neumann vio el futuro. Herman Goldstine, un oficial de artillería del ejército que había asistido a algunas de sus conferencias y que lo reconoció en el andén, dejó escapar que estaba involucrado en la construcción de una máquina diseñada para hacer cálculos a velocidades electrónicas^[30]. Von Neumann pegó un brinco. Siendo uno de los científicos destacados de Estados Unidos, no tuvo ninguna dificultad en conseguir que se lo nombrara consultor del proyecto ENIAC. Le habría resultado patente, en cuanto hubiera visto los planes, que Eckert y Mauchly habían dejado fuera del diseño el detalle más importante: la idea de Turing del programa almacenado. Entonces ya era demasiado tarde para hacer ningún cambio de relevancia, puesto que el diseño de ENIAC había quedado fijado y la construcción estaba en marcha; pero Von Neumann, Eckert y Mauchly siguieron celebrando una serie de reuniones semanales durante el invierno de 1944 y la primavera de 1945 para averiguar cómo diseñar un ordenador electrónico de programa almacenado^[31]. A su propuesta de ordenador la llamaron EDVAC (*Electronic Discrete Variable Arithmetic Computer*) [computador electrónico automático de variable discreta]. Von Neumann redactó sus ideas en un documento que acabaría convirtiéndose en uno de los más tristemente célebres de la historia de la informática^[32].

El problema era que Goldstine había puesto en circulación una versión en borrador del informe de Von Neumann antes de que se hubieran añadido en la cubierta los nombres de Eckert y Mauchly. Se suponía que este borrador iba dirigido solo a los miembros del grupo EDVAC, pero algunos forasteros, entre ellos Womersley, recibieron copias como favor especial^[33]. La gente se puso a mostrar el fascinante informe a sus amigos y vecinos y enseguida todo el que fuera alguien en el mundo de la computación mecanizada estaba al tanto. Eckert y Mauchly se quedaron horrorizados. Temían que ahora Von Neumann se llevase el reconocimiento por todo el contenido del informe, por unas ideas que eran de ellos tanto como del propio Von Neumann. Este fue testarudo. «Mi opinión personal —dijo de modo desafiante en 1947— fue siempre y lo sigue siendo que aquello [la distribución del informe] fue perfectamente correcto y se hizo en el mejor interés de Estados Unidos»^[34]. Dijo que la distribución había impulsado «el desarrollo del arte de construir ordenadores de alta velocidad»; y, por lo que a él atañía, eso era todo lo que importaba. Es una lástima que alguien, igualmente comprometido con el desarrollo del ordenador e igualmente inflexible, no hubiera publicado una descripción de Coloso —y de la espectacular instalación de computación electrónica de Bletchley— en 1945.

Así que no fue solo Flowers, sino irónicamente también Eckert y Mauchly los que cataron la amargura de ver que sus logros eran atribuidos a otros. Es posible que, si Turing hubiera vivido más tiempo, también hubiera tenido ocasión de sentirla. Los manuales de informática y los libros y artículos que describen la historia del ordenador a menudo atribuyen la idea de Turing sobre el programa almacenado a Von Neumann. Fue Von Neumann, con su perfil alto en el panorama científico estadounidense, quien hizo que el concepto se conociera en todo el mundo, pero ciertamente nunca reclamó que fuera suyo. Al contrario, Von Neumann afirmó que «la gran aportación directa» de Turing fue mostrar que «un mecanismo determinado puede ser universal»^[35]. «La importancia de la investigación de Turing —recalcó— radica en su demostración de que una máquina diseñada como es debido “puede, cuando se le dan las instrucciones adecuadas, hacer cualquier cosa que pueda hacer un autómatas”»^[36]. «Mucha gente ha aplaudido a Von Neumann como el “padre del ordenador” —observa su amigo Stanley Frankel—, pero estoy seguro de que él mismo nunca habría cometido ese error»^[37]. Frankel, uno de los físicos que trabajaban en Los Álamos, prosigue: «Desde mi punto de vista, el papel esencial de Von Neumann fue el de hacer que el mundo fuera consciente de los conceptos fundamentales introducidos por Turing y del trabajo de desarrollo llevado a cabo en la escuela Moore y en otros sitios». Von Neumann «me dejó muy claro —y también a otros, estoy seguro— que la concepción esencial se debía a Turing», dijo Frankel. La gran aportación de Von Neumann fue hablarles a los ingenieros electrónicos de Estados Unidos de la máquina universal de Turing.

El grupo EDVAC se deshizo durante el tumulto que siguió a la circulación del

informe de Von Neumann. Este decidió establecer su propio grupo informático en Princeton. Eckert y Mauchly le dieron la espalda a EDVAC y abrieron su propia compañía informática en Filadelfia, con la esperanza de que esto les daría alguna protección legal a sus ideas. Finalmente, otros convirtieron el diseño de EDVAC en *hardware*, pero este no ejecutó un programa hasta 1952, mucho después de la primera ola de ordenadores de programa almacenado^[38]. Con la desintegración del grupo EDVAC, el número de caballos en la carrera se multiplicaba: Turing en Londres; Newman en Manchester; Eckert y Mauchly en Filadelfia; y ahora, Von Neumann en Princeton. Este último reunió a un grupo de ingenieros en torno a sí en el Institute for Advanced Study y los preparó para su nueva labor dándoles a leer el trabajo «On Computable Numbers» de Turing^[39]. Desde Estados Unidos también fluían ideas hacia Gran Bretaña. Durante su primer encuentro, Womersley le mostró a Turing el informe de Von Neumann sobre EDVAC^[40]. Turing se lo estudió, pero siguió con el diseño de un tipo de ordenador muy diferente. Se centró en conseguir del *hardware* la mayor velocidad posible^[41].

Las propuestas de diseño que Turing llevaba a cabo en su «Proposed Electronic Calculator» eran mucho más concretas que las del informe de Von Neumann, que describía el EDVAC con un nivel de abstracción muy alto. Von Neumann apenas si mencionaba la electrónica. Harry Huskey —el ingeniero cuyo trabajo era esbozar los primeros diseños detallados del *hardware* para EDVAC— dijo que para él el informe de Von Neumann no era «de ninguna ayuda»^[42]. El diseño de Turing, por el contrario, daba especificaciones detalladas del *hardware* y también incluía programas modelo escritos en el código de la máquina. A Turing, sin embargo, no le importó tomar prestados los materiales más elementales del informe de Von Neumann. Por ejemplo, su diagrama de un sumador es básicamente idéntico al de Von Neumann^[43]. Probablemente es a este préstamo a lo que Turing se refería cuando le dijo a un periodista en 1946 que él «les concedía a los estadounidenses el reconocimiento del trabajo pesado con ACE»^[44]. Sin embargo, las similitudes entre el diseño de Turing y la propuesta de Von Neumann, Eckert y Mauchly son relativamente secundarias en comparación con las llamativas diferencias.

La filosofía del diseño del ordenador de Turing era emplear el mínimo *hardware* posible y compensar la debilidad de la máquina física resultante escribiendo programas complejos. Así, en vez de construir *hardware* especializado para multiplicaciones o divisiones largas o para la aritmética de punto flotante, Turing creía que los procesos complejos como estos debían ser ejecutados por el *software*. En su deseo de hacer que la máquina física fuera lo más sencilla posible, anticipó el enfoque moderno del diseño de ordenadores conocido como *RISC* (*Reduced Instruction Set Computer*, un ordenador con un conjunto reducido de instrucciones)^[45]. Era una política sensata, especialmente en un momento en el que construir *hardware* electrónico complicado generaba muchos problemas de ingeniería. Después

de todo, Turing llevaba escribiendo programas informáticos desde 1936: ya sabía, en lo que fueron los accidentados días pioneros de la informática, que programar era la parte fácil de la batalla. Su opinión de los diseñadores que no suscribían su filosofía está registrada en la nota que dirigió a Womersley en 1946 sobre Maurice Wilkes, un hombre que se había ocupado de los radares y que tenía la intención de construir un ordenador del tipo de EDVAC en Cambridge^[46]. Las ideas de diseño de Wilkes, decía Turing con retranca, eran «muy contrarias» a las suyas propias «y estaban mucho más en la línea estadounidense de resolver las dificultades empleando mucho equipamiento en vez de pensamiento»^[47].

A Turing no le caía bien Wilkes y decía que parecía un escarabajo^[48]. Su actitud hacia Womersley —al que llamaba el «vendedor»— era también extremadamente negativa^[49]. Womersley era el superior de Turing, pero este no hacía ningún esfuerzo para llevarse bien con él; normalmente se limitaba a fingir que no existía. Su mala relación pendía sobre el proyecto ACE y envenenaba la atmósfera. La madre de Turing, Sara, señaló con perspicacia que desde el punto de vista de Turing el único fundamento aceptable para que alguien estuviera al cargo es que «comprendiera mejor que nadie el asunto en cuestión»^[50]. Muchos toleran con gentileza a alguien superior que sabe menos que ellos, pero Turing no podía. Él, sencillamente, «no toleraba una autoridad que no viniera justificada por la capacidad», decía Sara^[51]. En realidad, Womersley era un matemático capaz. Con Hartree tenía alguna publicación sobre métodos de resolución de ecuaciones, y también había hecho contribuciones importantes a las matemáticas de los textiles e inventó un sistema de ecuaciones para calcular las tensiones y deformaciones de una pieza textil de cuyos extremos se está tirando^[52]. Con todo, estaba a años luz del nivel de Turing.

La falta de respeto de Turing por Womersley se contagió a otros miembros de la división de matemáticas. Entablaron una competición clandestina —que fue estúpida, sabiendo del trabajo anterior de Womersley— que consistía en dar un premio a la primera persona que lo encontrase empleando una ecuación matemática. «La competición se canceló después de tres meses sin resultados», recordaba Robin Gandy con una sonrisa malvada en el rostro^[53]. Él no conocía bien a Womersley: se trataba más bien de aquello de que los enemigos de mis amigos son mis enemigos. Pronunciaba el nombre «*Wormsley*» haciendo un énfasis mordaz en *worm*, es decir, «gusano». Gandy explicaba que tanto Womersley como Wilkes eran lo que Turing denominaba sarcásticamente «magnates»: «altas instancias con enormes escritorios». Womersley incluso tenía en su despacho un ejemplar de *Cómo ganar amigos e influir sobre las personas*, de Dale Carnegie. Los magnates eran exactamente la clase de personas a las que al irreverente Turing le encantaba despreciar.

Gandy, Donald Michie y yo estábamos bebiendo vino y comiendo pasta. Era difícil seguirle el hilo al viejo y alegre matemático de setenta y siete años, que se desvió bruscamente para relatarnos cómo había volcado recientemente con su

bicicleta en medio del denso tráfico oxoniense. Esto, a su vez, le trajo a la mente aquella ocasión en que empotró su deportivo en el escaparate de una tienda de comida típica inglesa. Radiante, Gandy explicó que, aunque su acompañante salió ileso, una de las lentes de los bifocales que todavía pendían de su nariz se había resquebrajado de arriba abajo. La improbabilidad de que esto sucediera fascinaba a Gandy. Michie vació su vaso y alzó una ceja de forma cómica. «Womersley era básicamente un captador de fondos», apuntó, llevando la conversación de vuelta al tema anterior. Sin embargo, lo único que Womersley había hecho era emplear su experiencia en asuntos de gestión para intentar convertir el sueño de Turing en realidad. En verdad, nunca dio la impresión de querer llevarse el mérito de las ideas de Turing. La resistencia de Turing a entenderse con él era un error, y esto puso en riesgo todo el proyecto de ACE.

De sus amigos de la guerra secreta, Gandy y Michie fueron los dos a los que Turing vio más durante su nueva vida en Londres. Una escapada que compartió con Michie tuvo su origen en los primeros días de la guerra. Turing se había dado cuenta de que, si los nazis iban a invadir Gran Bretaña, se produciría un caos financiero, así que, con toda sensatez, fundió sus ahorros en dos lingotes de plata^[54]. Luego transportó las pesadas barras de metal en un carrito de bebé de estilo antiguo y las enterró en el campo en dos lugares diferentes. Ahora que la guerra había terminado, había llegado el momento de recuperar los lingotes de plata. Turing le pidió ayuda a Michie y le ofreció repartirse con él las ganancias una vez que hubieran recuperado los lingotes. Michie, un escocés sagaz, le ofreció su trabajo a cambio de un precio fijo. Salieron con unas palas y con el detector de metal que Turing había fabricado, así como con su críptico mapa de los escondites. Por desgracia, no fueron capaces de localizar la sepultura de los lingotes y después de dos expediciones infructuosas abandonaron la búsqueda.

Otra reminiscencia de sus días de la guerra era la vieja bicicleta de Turing, objeto de muchas bromas en Bletchley Park. Para aquel entonces, la cadena llevaba más de cinco años defectuosa. «En vez de repararla —relata Henry Norton— [Turing] se había dado cuenta de que contando el número de rotaciones de los pedales podía bajarse y caminar unos pasos y luego volver a montar y seguir pedaleando sin que la cadena se saliera»^[55]. Norton se unió al equipo de Turing en el NPL en otoño de 1947. «Lo que principalmente recuerdo de Turing es su irascibilidad», dijo con una mueca. No hay duda de que la vida en el NPL le puso a Turing los pies en la tierra.

Un *souvenir* menor de su esfuerzo durante la guerra, menos útil que su bicicleta, era la distinción de la orden del imperio británico (OBE), que llegó por correo en 1946. Turing guardaba la reluciente medalla con su lazo rojo en una caja de latón llena de tornillos, clavos y otros cachivaches^[56]. La OBE normalmente se concede por servicios al gobierno, a los negocios o al deporte del país. No se puede decir que fuera un reconocimiento adecuado para el trabajo que Turing hizo durante la guerra:

Newman la describía, con bastante suavidad, como «ridícula»^[57]. Sin embargo, en los demás sitios de la conciencia fragmentada de la maquinaria estatal, no había errores por lo que respectaba al valor de lo que Turing había hecho. Hugh Alexander, que ahora era un pez gordo en el GCHQ, le ofreció la astronómica suma de cinco mil libras esterlinas para descifrar códigos de la posguerra: una cantidad que era seis veces superior a su salario inicial en el NPL^[58].

Turing no era únicamente un ciclista de los que viajan a diario entre su casa y el trabajo. Disfrutaba haciendo giras serias en bicicleta por Francia y Suiza, pedaleando por el macizo central y los Alpes suizos^[59]. Con sus costumbres de montar en bicicleta, hacer caminatas por el monte, jugar al tenis y al hockey, remar, navegar y correr, el musculado Turing no era tan solo un atleta mental. Lo de correr había surgido mientras estaba trabajando en ACE. «Una vez, en Londres, un equipo de campo a través, al ver que les faltaba un hombre, le pidió que cubriera el hueco — recordaba Arthur Pigou—; creo que llegó en cabeza»^[60]. Repentinamente, mediada la década de 1930, Turing se reveló como un corredor con un potencial de primera. Comenzó «a entrenarse seriamente con la perspectiva de correr una maratón», dijo Pigou. Turing se unió al Walton Athletic Club, ubicado a menos de cinco kilómetros de distancia de su alojamiento en el pintoresco Hampton-on-Thames. Más que «verlo, lo oías», recordaba el que entonces era secretario del club^[61]. «Soltaba unos gruñidos terribles cuando iba corriendo, pero antes de que pudiéramos decirle nada, nos había pasado como una bala». Finalmente, Turing fue elegido para el comité del club^[62].

Cuando necesitaba visitar el laboratorio de Tommy Flowers, que estaba en Dollis Hill, en el norte de Londres, Turing se ponía ropa vieja y corría los veinticinco kilómetros que había aproximadamente desde el NPL. Su atuendo de deporte incluía un par de pantalones de franela prehistóricos que se ataba a la cintura con un trozo de cuerda^[63]. Siempre era cuidadoso con el tiempo cuando corría: se lo podía ver yendo de acá para allá con un despertador atado a la cintura^[64]. Un zumo morado cubrió su ropa de correr de abundantes manchas cuando trepó a una morera para recolectar la fruta madura^[65]. Una carrera de veinticinco kilómetros hasta Dollis Hill no era nada para Turing: y le resultaba infinitamente preferible al tedioso viaje en autobús y metro. Incluso corría los veintinueve kilómetros desde Hampton a la casa de su madre en Guildford para ir allí a comer^[66]. Era rápido y tenía una resistencia formidable. Una húmeda tarde, mientras estaba de vacaciones con los Newman en Gales, se cambió de ropa, se puso unos pantalones cortos de color azul y se escapó durante un rato; cuando más tarde le preguntaron adónde había ido, señaló más allá de la bahía de Cardigan, hacia un promontorio tan lejano que casi resultaba invisible^[67].

Las carreras de Turing para el Walton AC enseguida aparecieron en los periódicos. Su madre conservaba algunos recortes. Un artículo del *Evening News* de diciembre de 1946 comenzaba así: «Alan M. Turing, de treinta y cuatro años, alto, modesto y

soltero, es la antítesis de la idea popular que se tiene de un científico». «Turing es la estrella de carreras de larga distancia del club —decía el reportero— aunque esta es la primera temporada en que compite». En ese mismo mes, Turing fue el héroe de una carrera de cinco kilómetros en el Walton. La carrera la ganó un competidor del Surrey AC que «comenzó desde la marca de diez metros» y aun así consiguió vencer a Turing tan solo «por treinta centímetros en la última zancada», escribió un corresponsal deportivo^[68]. «Una carrera de veras muy emocionante», dijo Turing con entusiasmo^[69]. En la carrera de Motspur Park, el reportero se quedó «agradablemente sorprendido al ver a Turing recuperar la posición delantera y terminar con tantas fuerzas que le sobraron veinte metros». «Ese fue el encuentro en el que todas las estrellas estaban intentando batir récords —dijo Turing olvidándose de sí mismo con modestia—, pero en realidad lo que hacían era estirar los músculos»^[70]. Quedó quinto en el campeonato nacional de maratón en 1947 durante el encuentro de la Amateur Athletic Association, un evento que servía para clasificarse para los juegos olímpicos de Londres de 1948, y decidió participar en las pruebas para las olimpiadas^[71]. Pero empezó a tener un problema en la cadera, así que sus esperanzas olímpicas se frustraron, aunque continuó corriendo por placer durante el resto de su vida.

Al comienzo, la asociación Turing-Flowers para construir un ordenador parecía ir muy bien. Flowers planeaba tener «un ACE mínimo» listo para mediados de 1946^[72]. Pero su jefe, Gordon Radley, lo presionó sin piedad para que se dedicara a restaurar el sistema telefónico de Gran Bretaña, asolado por la guerra. A pesar de su deseo de colaborar con Turing, enseguida estuvo «demasiado ocupado para trabajar con nadie más»^[73]. Solo podía reservar a dos ingenieros para el ACE: Allen «Doc» Coombs y Bill Chandler, que habían sido su mano derecha en los días de Coloso. Se sucedieron semanas y meses con poco o nada que mostrar. Mientras Turing esperaba con impaciencia a los ingenieros, pasaba los días dedicado a la programación pionera del ordenador y preparó una amplia biblioteca de *software* para la inexistente máquina. Fue la disponibilidad de su almacén de programas prefabricados lo que justificó el éxito del servicio científico de computación del NPL una vez que el prototipo de ACE estuvo por fin en funcionamiento. El servicio informático, el primero del mundo, aceptaba encargos del gobierno, la industria y las universidades.

Coombs y Chandler habían quedado empantanados en los caóticos detalles de construir la memoria de alta velocidad del ACE. Para los diseñadores de ordenadores de aquella época, la memoria era el problema básico. Tanto en el caso de Coloso como en el de ENIAC se habían empleado válvulas electrónicas para sus memorias de alta velocidad, pero el coste de las válvulas era tan elevado que limitaba el tamaño práctico de la memoria. Para almacenar un número de tan solo diez dígitos, ENIAC acaparaba, de un modo antieconómico, quinientas válvulas^[74]. Para que una memoria de alta capacidad, rápida y relativamente barata pudiera convertirse en realidad, se

precisaba nueva tecnología. Eckert tuvo la idea de emplear un componente denominado «línea de retardo» que originalmente se había creado para el radar. Se trataba de una tubería de un metro y medio de largo por la que viajaban pitidos sonoros. Turing aprovechó la idea de Eckert como medio de almacenar «mil dígitos binarios al coste de unas pocas libras»^[75]. No era precisamente un lápiz de memoria USB. Turing pensó en mejorar el trabajo de la línea de retardo rellenándola con una mezcla de alcohol y agua a la que algunos llamaban ginebra^[76]. Finalmente, eligió mercurio en vez de alcohol. Los ceros y los unos —los bits o dígitos binarios— llegaban a un extremo de la tubería desde cualquier lugar del ordenador en forma de impulsos eléctricos. Los impulsos se convertían en señales sonoras intermitentes que viajaban con relativa lentitud a través del mercurio hasta el otro extremo de la tubería. Allí se convertían de nuevo en impulsos eléctricos, y se amplificaban para compensar cualquier degradación que la señal hubiera podido sufrir mientras viajaba por la tubería. Los impulsos así actualizados se redirigían entonces a la entrada de la tubería, donde el proceso se repetía *ad infinitum*. En teoría, de esta manera se podían almacenar para siempre miles de ceros y unos, que circularían en el mercurio dando vueltas una y otra vez. Turing decidió que la memoria de ACE se construyese a partir de unas quinientas líneas de retardo de mercurio^[77].

En la práctica, sin embargo, se demostró que las líneas de retardo de mercurio resultaban demasiado delicadas como para desarrollarlas de forma sencilla, ya que la tubería y las diversas partes mecánicas se tenían que fabricar con mucha precisión. Es más, a no ser que la memoria se mantuviera a una temperatura constante, se producían errores. Coombs y Chandler, dispuestos a probar cualquier cosa que funcionara, utilizaron una espesa cobertura de heno para proteger su memoria prototipo de los cambios de temperatura^[78]. Proteger la memoria de las interferencias eléctricas era todavía más difícil. Al principio, descubrieron que las motocicletas y los coches que pasaban por el laboratorio llenaban la memoria de bits aleatorios. Los ingenieros fueron progresando hacia una línea de retardo que funcionaba de una forma tan desesperantemente lenta que Turing, frustrado, comenzó sus propios experimentos con un pedazo de cañería^[79]. Le dijo a Don Bayley que quería construir el ACE él mismo^[80]. Hasta la primavera de 1947, Coombs y Chandler no consiguieron generar una «línea de mercurio medianamente satisfactoria»^[81]. Pero, por culpa de los errores de gestión de Darwin, les aguardaban días de trabajo aún peores.

A medida que 1946 tocaba a su fin, el ACE no era la única cosa que había quedado totalmente congelada. El país estaba padeciendo uno de los inviernos más fríos que se recuerdan. La nieve se mantuvo durante lo que parecieron meses, las tuberías de todas las casas se congelaron y en la austeridad posbélica de Gran Bretaña no había carbón suficiente. Con el año nuevo, Harry Huskey llegó al gélido NPL: un soplo de aire fresco desde el otro lado del Atlántico. Con sus gafas sin montura, su pelo peinado hacia atrás y su chaqueta de cuadros, de pies a cabeza daba la impresión de

un joven estadounidense brillante. Anteriormente, había trabajado con Eckert y Mauchly en ENIAC, escribiendo manuales de funcionamiento y mantenimiento^[82]. Cuando Von Neumann, Eckert y Mauchly abandonaron el proyecto EDVAC, la universidad de Pensilvania le ofreció a él la dirección. Desgraciadamente, tenía un contrato de trabajo como mero instructor en el departamento de matemáticas de la universidad y, tal y como explica Huskey con pesar, el encargado de ese departamento tenía intención de hacer que se retirase la oferta. Huskey se indignó tanto que abandonó Filadelfia definitivamente y regresó a Ohio. Afortunadamente, una oferta de trabajo del NPL lo buscó a él. Hartree había movido algunos hilos para conseguirle un contrato de doce meses en Londres. Oliéndose la aventura, Huskey vendió su coche para pagarse los billetes de barco y llegó al puerto de Southampton acompañado de su mujer y con un ejemplar de *How to Like an Englishman* [Cómo hacer que te agrade un inglés] en el equipaje.

A pesar del hielo y la nieve, Womersley lo envió en motocicleta a visitar a Newman en Manchester y a Wilkes en Cambridge. Su robusta mujer viajaba en el sidecar. Huskey y Turing se entendieron bastante bien. En una ocasión, echaron una carrera desde el NPL hasta Dollis Hill: Turing corría y Huskey iba en tren, con la ropa de Turing en una bolsa. Ganó el estadounidense, pero solo por uno o dos minutos. En otra ocasión, Huskey acompañó a Turing a una conferencia que este iba a dictar; viajaron en tren y enseguida se pusieron a discutir sobre informática. La discusión se caldeó. «Turing se disgustó tanto que apenas pudo dar su conferencia», recordaba Huskey^[83]. A Huskey no le llevó mucho tiempo ponderar la situación en el NPL. Tenían el diseño de Turing, pero no había nadie que lo construyera. Esto era algo en lo que el enérgico Huskey, de mente independiente, sentía que podía ayudar.

También para Turing estaba empezando a resultar obvio que su ordenador no iba a existir jamás a no ser que el propio NPL lo construyera. Le dijo a Darwin: «Está claro que, finalmente, tendremos que acabar creando una sección de ingeniería en el área de ACE, cuanto antes mejor, diría yo»^[84]. No podía haber previsto el fracaso que su sensata sugerencia iba a ocasionar. Darwin le dio vueltas a la idea: en su organización nada ocurría con rapidez. Mientras tanto, Huskey daba patadas en el suelo de impaciencia. A él, construir un ordenador le parecía una proposición razonablemente directa. ¿Por qué no se ponían aquellos extraños ingleses a ello? Le dijo a Womersley que planeaba construir un «modelo piloto» de ACE y, por la mera fuerza de su personalidad, contrató a los dos jóvenes asistentes de Turing, Mike Woodger y Jim Wilkinson, para que lo ayudaran^[85]. Pronto empezaron a llamar a su incipiente ordenador la Test Assembly [unidad de pruebas].

Turing tendría que haber aprovechado la ocasión para comenzar a construir el ACE. No lo hizo, debido a diferencias de perspectiva entre él y Huskey. Huskey quería romper el hielo conectando un ordenador relativamente pequeño, mientras que Turing quería centrarse en construir uno mucho mayor: el ACE que había diseñado. En

abstracto, Turing estaba en lo cierto, pero en las circunstancias que realmente prevalecieron —no había ingenieros disponibles para construir la gran máquina— el plan de Huskey era más práctico. Sin embargo, y por desgracia, Turing no iba a tener nada que ver con él. Según Wilkinson, Turing tendía a «pasar del Test Assembly»^[86]. Woodger recuerda que se montó «una escena» cuando Turing lo descubrió escribiendo un programa para el Test Assembly^[87]. Por lo general, sin embargo, Turing se limitaba a quedarse a un lado y actuaba como si el proyecto de Huskey no existiera^[88]. Era un error, como su rechazo a cooperar con Womersley. Pero Turing era un solitario, no un jugador de equipo. Es posible que incluso pensara que estaba dejando que los demás hicieran lo que consideraban mejor. Su falta de apoyo activo a Huskey le costó la carrera con Manchester.

A mediados de año, Huskey terminó su diseño en papel, conocido coloquialmente como «Versión H» del ACE, y comenzó a encajar las piezas del ordenador en el — muy apropiado— edificio Babbage. Los talleres del NPL estaban construyendo una línea de retardo con mercurio de acuerdo con sus especificaciones y su primera meta era poner en funcionamiento un programa almacenado muy sencillo con una sola línea de retardo y un mínimo de electrónica^[89]. Después, planeaba construir un ordenador pequeño pero esencial que constaba de unas trece líneas de retardo y era capaz de hacer operaciones matemáticas de envergadura^[90]. Womersley, siempre el más optimista, esperaba que en noviembre ya estuviera funcionando el primer programa^[91]. El Test Assembly, al parecer, estaba también en camino de convertirse en el primer ordenador de programa almacenado del mundo.

Mientras tanto, Darwin por fin se replanteó la idea de un grupo de electrónica interno y designó a Horace Augustus Thomas para que lo dirigiera: pensó que era el hombre apropiado para construir un prototipo del ordenador de Turing^[92]. En realidad, fue una elección desastrosa. Thomas estaba especializado en un campo de la electrónica totalmente diferente y tenía un interés mínimo en los ordenadores digitales, pero agradeció la oportunidad de construir un pequeño imperio dentro del NPL. Como hacen los constructores de imperios, actuó con prontitud para aniquilar a sus rivales —en este caso, el grupo de Huskey— y le solicitó a Darwin que dictaminara que el Test Assembly debía pararse. El inepto Darwin consintió y prohibió que se continuara trabajando en el ordenador en ciernes de Huskey. Fue una de las peores decisiones administrativas de la historia de la informática. Las esperanzas del NPL de construir el primer ordenador de programa almacenado se desvanecieron como si fueran polvo. La moral cayó por los suelos. Es cierto que si Turing hubiera estado tras el Test Assembly todo podría haber salido de manera diferente. Thomas, no contento con el daño que acababa de causar, le asestó otro golpe crucial al ACE antes de que hubieran pasado seis meses, al abandonar el nuevo y frágil grupo de electrónica por un trabajo con los fabricantes de jabón Sunlight^[93].

Huskey, que naturalmente estaba disgustado con la forma en que Darwin había

manejado la situación, abandonó el NPL y regresó a Estados Unidos a finales de 1947. Turing también abandonó. Muy molesto, le pidió a Darwin un periodo sabático y en otoño regresó a Cambridge para pasar doce meses dedicado a la investigación^[94]. Darwin les explicó a sus superiores del ministerio que Turing iba a investigar si un ordenador «podía aprender de la experiencia»^[95]. «Será trabajo teórico y es mejor que se haga lejos de aquí», dijo con cara compungida ante la pérdida del mejor científico de su organización. Añadió que había garantizado la marcha de Turing solo «a condición de que lo haga sujetándose a un pacto entre caballeros y regrese aquí al menos durante dos años después del año de ausencia». Turing se dejó caer por el NPL la primavera siguiente para competir en el día anual de los deportes y ganó la carrera de cinco kilómetros^[96]. El ACE no estaba más adelantado que cuando se había ido. Womersley informó con pesimismo de que el desarrollo del *hardware* estaba «probablemente tan avanzado como dieciocho meses atrás»^[97]. Turing ya había tenido suficiente y aceptó la oportuna oferta de Newman de un puesto en su Computing Machine Laboratory [laboratorio de máquinas computadoras] de Manchester. Cuando a Darwin le dieron las noticias, contraatacó despidiendo a Turing al instante, una acción vindicativa sin sentido que, no obstante, le causó a Turing un impacto terrible^[98]. Huyó del NPL dejando que sus colegas construyeran el ACE si podían.

La historia del Computing Machine Laboratory de Newman se cuenta en el capítulo siguiente. Manchester ganó la carrera por la construcción de la primera máquina universal electrónica de Turing en junio de 1948, unos nueve meses después de que Darwin exterminase el pequeño ACE de Huskey. En el NPL, la responsabilidad del ACE recayó sobre los hombros de Jim Wilkinson, un hombre amable, de voz suave, al que le gustaba cultivar sus propios tomates en el tejado del edificio de los matemáticos. Tenía el toque adecuado para hacer que las cosas florecieran e hizo todo lo que Thomas tendría que haber hecho doce meses antes. Le pareció muy claro que el camino para seguir adelante era resucitar el Test Assembly, y tenía el don político suficiente como para darse cuenta de que necesitaba maquillar el estado real del asunto ante Darwin, así que el Test Assembly se convirtió en el modelo piloto de ACE^[99].

Wilkinson tendió puentes con el sustituto de Thomas, Morley Colebrook, y, mientras los tomates maduraban, floreció una cálida relación entre los matemáticos y los ingenieros. Con los estímulos de Colebrook, los matemáticos incluso se mancharon las manos. «Cada uno de nosotros tenía una soldadora», me dijo Mike Woodger^[100]. Era lo nunca visto. Los dos grupos trabajaron juntos en armonía, en una especie de producción en cadena, sacando adelante el ordenador circuito por circuito. «Oh, fue tremendamente divertido», recordaba Woodger con melancolía. El 10 de mayo de 1950, el modelo piloto ACE ejecutó su primer programa. En aquel entonces había un pequeño número de ordenadores de programa almacenado en

funcionamiento, pero el diseño de Turing de 1 MHz los hizo polvo a todos.

Womersley, siempre incansable, dejó el NPL no mucho después de que el modelo piloto de ACE cobrara vida. Abandonó el barco para trabajar en otro proyecto de ordenador electrónico, emprendido por la misma compañía que había fabricado las bombas de Turing (la British Tabulating Machine Company de Letchworth)^[101]. Cuando la inquietud volvió a sobrevenirle, se trasladó al hospital St Bartholomew de Londres. Allí hizo algunos de sus trabajos matemáticos más significativos, sobre la corriente de la sangre en las arterias^[102]. Sobrevivió a Turing, pero no por mucho tiempo. En 1955, sus hábitos itinerantes lo llevaron a un trabajo en Estados Unidos y allí murió con tan solo cincuenta años, menos de cuatro años después que Turing.

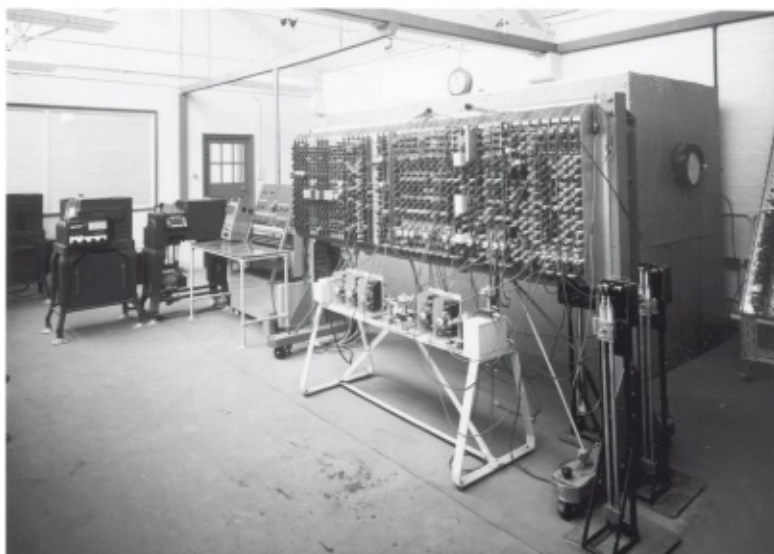


Figura 24. El modelo piloto ACE.

Crédito: National Physical Laboratory. —© Crown copyright.

Turing nunca trabajó con el modelo piloto ACE, pero por lo menos tuvo la satisfacción de ver que de su diseño comenzó a brotar una pequeña familia de ordenadores. El NPL encargó a la English Electric Company que produjera una versión comercial del modelo piloto ACE. El resultado, el DEUCE, fue un ordenador de éxito apabullante: una de las piedras fundacionales de la industria informática en desarrollo de Gran Bretaña, y siguió en uso aproximadamente hasta 1970. Los hombres de Flowers, Coombs y Chandler, finalmente completaron su primera versión del ACE, un ordenador ultrasecreto llamado MOSAIC que desempeñó un papel importante en la defensa aérea de Gran Bretaña durante la guerra fría^[103]. Packard-Bell, EMI y la Bendix Corporation, todas ellas, construyeron ordenadores de tipo ACE. Finalmente, el NPL construyó un superordenador precoz basado en el diseño ACE de Turing^[104]. Hay una foto suya en el Figura 4)^[105].

La fuerza impulsora tras el ordenador Bendix —llamado sencillamente G15— era Harry Huskey^[106]. Pocos años antes, Huskey había tomado un crucero a Nueva Zelanda. Yo lo conocí en el muelle del puerto, con el gigantesco trasatlántico de la

P&O en el que había navegado tras nosotros. Partimos en mi todoterreno para visitar una *marae* (un pueblo) maorí, disfrutando del sol y de algunas vistas escarpadas sobre el azulado sur del Pacífico. Enseguida nos pusimos a hablar del G15. «Tienes que tener cuidado con lo que quieres decir usando el término “ordenador personal”», dijo él. Actualmente, este término se suele utilizar para una gama de productos muy específica, pero, en su uso genérico, un ordenador personal es sencillamente un ordenador lo bastante barato y fácil de usar como para que una sola persona, quizá un ingeniero o un contable, lo tenga en su despacho y le dé un uso individual. El G15 era un ordenador personal en ese sentido, decía Huskey con orgullo: de hecho, fue el primero. Era más grande que las máquinas que hoy veneramos, aproximadamente del tamaño de una nevera combi. Huskey siguió la filosofía de Turing de sustituir la programación por *hardware* y el resultado fue un ordenador barato y compacto que no requería aire acondicionado y que se enchufaba a una toma eléctrica normal de 115 voltios. Costaba una décima parte del precio de su competidor más cercano, de IBM: un ordenador central multiusuario cuyo cuidado requería de un equipo de operadores e ingenieros. Para aumentar la velocidad de procesamiento del G15, Huskey fue incluyendo, con el paso del tiempo, unos cuantos trucos de Turing, y su ordenador resultó pasmosamente rápido para su tamaño. Durante las décadas de 1950 y 1960, la Bendix Corporation, con sede en Detroit, comercializó con mucho éxito este poderoso enano como un ordenador de usuario único del tamaño de un escritorio.

Bendix

GENERAL PURPOSE DIGITAL COMPUTER

FOR ENGINEERING AND SCIENTIFIC COMPUTATION

FASTER
IN COMPUTING TIME

Multiplics in 16.7
microseconds
Divides in 16.7
microseconds
Adds in 0.54
microsecond
—including reading
of command.

LARGER
IN COMPUTING CAPACITY

2176 word memory.
As many as 1,200,000
additional words can
be stored in auxiliary
magnetic tape units.

SMALLER
IN PHYSICAL SIZE

Approximately equivalent
in size to 2
standard 4-drawer
filing cabinets.
Standard 115V 60
cycle current is used.

LOWEST
IN COST

The modest first cost results
from the advanced design of
Bendix Aviation Corporation
engineers. Low maintenance is
assured through conservative
use of all electronic components.

**... AND AVAILABLE
NOW!**

**MAIL THE COUPON OR WRITE
FOR COMPLETE INFORMATION**

Bendix Computer

BENDIX COMPUTER DIVISION, Bendix Aviation Corporation
5630 ARBOR VITAE STREET, LOS ANGELES 45, CALIF.

Please send information and prices on your G-15A Computers.

NAME _____ TITLE _____

COMPANY _____ ADDRESS _____

THE BENDIX G-15A WILL BE EXHIBITED IN TULSA AND HOUSTON DURING FEBRUARY. FOR AN INVITATION PLEASE WRITE THE SALES DEPARTMENT.

Figura 25. El primer ordenador personal.

Crédito: Con el amable permiso de Harry Huskey.

Las historias del ordenador desfasadas ni siquiera mencionan a Turing. Sin embargo, él está en las mismísimas raíces de todo ello. Hay una línea directa desde la máquina universal de Turing de 1936, que conduce no solo al proyecto de EDVAC, en el que se basan basadas generaciones de ordenadores, sino también —a través de Coloso— al primer ordenador moderno, el del laboratorio de Newman en Manchester, y de ahí al primer ordenador personal.

IX

EL «CEREBRO ELECTRÓNICO» DE MANCHESTER

El ingeniero jefe del «cerebro electrónico» de Manchester, Freddie —más adelante *sir* Freddie— Williams era, igual que Flowers, una de las superestrellas de la electrónica británica. Hijo de un diseñador de locomotoras, Williams era originario de Stockport, una sucia ciudad industrial que está a un tiro de piedra del sur de Manchester. Era un hombre franco^[1], hablaba rápido y con elocuencia; normalmente gesticulaba enérgicamente con un cigarrillo encendido entre los dedos. A menudo se podía ver a F. C. —como la gente lo llamaba— sentado ante su escritorio sumido en sus pensamientos, el bolígrafo en una mano y el cigarrillo en la otra: insistió en esta pose característica para su retrato oficial cuando lo eligieron miembro de la Royal Society en 1950. Cuando estaba sentado trabajando, de vez en cuando dejaba caer el cigarrillo encendido verticalmente en un curioso recipiente semejante a un tubo que salía de la parte delantera del escritorio. Cuando no estaba fumando, gesticulando o escribiendo, lo normal es que anduviera con una soldadora caliente en una mano y un trozo de plomo de soldar en la otra y que se inclinara hacia delante con una expresión de concentración intensa a medida que añadía más complejidades a una maraña de cables y válvulas (el sempiterno cigarrillo sobresalía de su boca haciendo un ángulo). A menudo, la maraña de componentes crecía tanto y de forma tan elástica que se caía por los extremos de su mesa de trabajo^[2]. Williams podía parecer serio hasta un punto macabro, pero al final siempre se abría paso su sentido irreverente del humor.

Durante la guerra fue una eminencia en el desarrollo del radar aéreo. De forma absurda, hizo este trabajo de máxima prioridad en un pequeño pabellón de críquet en Malvern College, una escuela masculina privada de élite enclavada en las colinas del rural condado de Worcester. El ministerio del Aire había expropiado el edificio de la escuela para albergar su grupo secreto de radar, conocido como el Telecommunications Research Establishment (TRE; es decir, establecimiento de investigación en telecomunicaciones). El nombre era una fachada; la investigación del TRE tenía poco que ver con las telecomunicaciones. El principal interés de Williams era emplear el radar para identificar y rastrear las naves aéreas enemigas. A la edad de diez años ya había diseñado y construido su primera radio en una caja de cigarros, y desde su diminuto pabellón del TRE produjo invento tras invento de forma masiva. Disfrutaba poniéndoles nombres estrambóticos, como el «Fantastrón» y el «Sanafante»^[3], y entre sus colegas tenía fama de ser un ingeniero brillante y creativo. Aunque nunca fue tímido cuando se trataba de mencionar sus propios logros, Williams también era el maestro de la modestia británica. No mucho antes de morir,

en 1977, dijo tranquilamente, echando la vista atrás: «Como individuo que hacía circuitos de ingeniería, yo era —admitámoslo— bastante reputado»^[4]. «Nadie puede enseñarte a inventar —dijo, y añadió—: Yo creo que los auténticos buenos inventores escasean tanto como los buenos pintores o los buenos músicos, más o menos»^[5].

Siendo uno de los hombres de la cúpula del TRE y el líder del grupo de resolución de problemas, Williams podía abordar cualquier proyecto que él pensase que podía resultar útil^[6]. Con el final de la guerra a la vista, empezó a darse cuenta de que (como decía él) «a nadie iba a importarle un comino el radar» una vez que los ejércitos alemanes hubieran claudicado^[7]. «La gente como yo se iba a ver en apuros, a no ser que encontrásemos algo más que hacer», dijo. La nueva línea de investigación que terminó eligiendo consistía en construir un ordenador digital. El asunto de los ordenadores flotaba «en el ambiente», recordaba. «Sin que yo supiera absolutamente nada sobre ellos, me aferré al problema del almacenamiento y lo abordé»^[8]. Fue una buena decisión: su ordenador electrónico, construido a partir del nuevo tipo de memoria que inventó, fue el mayor éxito de su carrera.

A Williams se le ocurrió una forma de memoria para el ordenador a la que más adelante se denominó, sencillamente, «tubo de Williams». En esencia, consistía en un tubo ordinario de televisión (un tubo de rayos catódicos) con un circuito electrónico inteligente adjunto. Como los tubos de rayos catódicos eran un componente muy utilizado, estaban disponibles a un precio muy bajo, a diferencia de las líneas de retardo de Turing, que debían ser construidas específicamente por un fabricante con mucho talento. Su escaso precio y su disponibilidad inmediata enseguida se convirtieron en las grandes ventajas del tubo de Williams. Herman Goldstine, el pionero estadounidense de la informática, no exageraba cuando dijo que el nuevo tipo de memoria de Williams hacía que «toda una generación de ordenadores electrónicos fuera posible»^[9]. La memoria de alta velocidad de muchos de los ordenadores de primera y segunda generación consistía en un enorme panel de lo que, en realidad, eran pantallas de televisión, por muy extraordinario que esto pueda sonar ahora.

Un gran problema con la memoria de líneas de retardo de Turing era que almacenaba los datos en fila. Cada dato tenía que esperar su turno para saltar de la memoria. Era como esperar a que un pasajero se bajara del autobús: cuanto más atrás estuvieran, más tiempo necesitarían para salir por la puerta delantera. Si el dato que el ordenador necesitaba en un momento determinado se hallaba justo en el extremo lejano de esa línea de retardo con forma de salchicha, tardaría más en salir que si ya estuviera ubicado cerca de la salida. Así que las líneas de retardo obligaban al ordenador a esperar, casi a cada paso de la computación. Esta forma de memoria era un freno tremendo a la velocidad potencial de la máquina, y Williams estaba seguro de que él podía hacerlo mejor. Sabía que en principio era capaz de almacenar los datos del ordenador —ceros y unos— en una pantalla de televisión. La memoria iba a parecer una imagen televisiva en blanco y negro que consistiría, sencillamente, en

ristras de parpadeos a lo largo de la pantalla. Un cero se almacenaba en forma de punto brillante y un uno era una raya brillante. No importaba si el ordenador necesitaba acceder a los datos almacenados en la fila superior de puntos y rayas o a los almacenados en la fila inferior: el tiempo que le tomaba hacerlo era siempre el mismo. Se había eliminado el fenómeno de la parte trasera del autobús. Actualmente se le llama «memoria de acceso aleatorio» (en inglés: *random access memory* o RAM), y la mayoría tenemos unas cuantas muestras de ella en algún lugar de nuestra casa. Pero al final de la Segunda Guerra Mundial era una idea muy nueva que estaba a la espera de que alguien la pusiera en práctica.



Figura 26. Freddie Williams (a la derecha) y Tom Kilburn, de pie ante el ordenador «Bebé».
Crédito: Con el amable permiso de la Escuela de Informática de la universidad de Manchester.

Turing se hallaba, como era habitual, muy adelantado. Seis meses antes —o más— de que Williams hubiera siquiera oído hablar del problema de la memoria del ordenador, Turing había redactado, curiosamente, una descripción de lo que en efecto era el tubo de Williams. «Parece probable —escribió Turing en su trabajo “Proposed Electronic Calculator”— que se pueda desarrollar un sistema de almacenamiento adecuado sin involucrar ningún tipo nuevo de tubo, utilizando, de hecho, un tubo de rayos catódicos normal, con papel de aluminio sobre la pantalla para que actúe como plato de señal»^[10]. Pero en aquel entonces Williams no sabía nada de las ideas de Turing. Fue en Estados Unidos donde se dio de bruces con el problema de la memoria del ordenador, mientras visitaba el laboratorio de Presper Eckert en Filadelfia durante el verano de 1946^[11]. Bajo la dirección de Eckert, un joven ingeniero que respondía al nombre de Kite Sharpless estaba intentando almacenar datos en la pantalla de un tubo de rayo catódico^[12]. Incluso empleaban una hoja de papel de aluminio sobre la parte delantera de la pantalla, exactamente como Turing lo había concebido en su imaginación. Pero Sharpless estaba frustrado por el descubrimiento de que los bits se desintegraban y desaparecían con la misma velocidad con la que él los ponía en la pantalla. Era casi como intentar escribir en el agua: el tubo recordaba los datos

durante un instante mínimo antes de volver a olvidarlos. Más tarde, Williams resumió la dificultad del siguiente modo: «Podías poner tu señal y, si ibas y la buscabas de nuevo al cabo de medio segundo o así, allí estaba, pero si esperabas encontrarla al día siguiente, entonces sí que se había ido»^[13].

Solo unas pocas semanas después de regresar al TRE desde Estados Unidos, Williams se lanzó a resolver el problema de cómo fijar los datos en la memoria^[14]. Enseguida hizo un descubrimiento^[15], y llamó a su invento «impulso anticipatorio». Era una de esas cosas que parecen obvias una vez que las sabes. Considérese la pregunta capciosa: «¿Cómo emplear tinta de la que desaparece enseguida para dibujar una raya permanente?». La solución es entintar la raya una y otra vez antes de que le dé tiempo de desaparecer; y es exactamente así como Williams resolvió el problema de la memoria. En un tubo de televisión en blanco y negro, hay un haz que «pinta» la imagen en la pantalla, y Williams conectó el tubo de tal manera que el haz pudiera estar dibujando y redibujando la raya. Esta raya solitaria fue su primer dato experimental, un único bit. Su «impulso anticipatorio» le decía al tubo de forma muy precisa cuándo manejar el haz para que la raya se quedara exactamente en el mismo lugar durante todo el tiempo que él quisiera. La RAM moderna almacena sin esfuerzo increíbles millones de bits, pero, en otoño de 1946, Williams no cabía en sí de gozo al ver que un solo bit se mantenía con firmeza en la pantalla. Sabía que toqueteando aquí y allá sería posible almacenar un par de miles de bits por tubo de televisión —la friolera de un cuarto de kilobyte— y se apresuró a patentar su invento. Si el logro de Turing de 1936, a saber, la concepción de la máquina universal de programa almacenado, se asemejaba a reinventar la rueda, entonces, el logro de Williams de 1946 fue como diseñar el primer eje. Enseguida progresaría hasta construir el primer carrito útil. Su ordenador electrónico de programa almacenado era el primero del planeta.

Eckert siempre creyó que Williams le había robado la idea. Unos pocos años después de que Williams consiguiera hacer funcionar su memoria, Christopher Strachey —que más adelante fue uno de los expertos destacados de Gran Bretaña en teoría de programación— visitó a Eckert, y se enteró de que estaba enojado con Williams. «Eckert dijo que Williams lo había visitado —relataba Strachey— y que, luego, regresó a Inglaterra y a continuación patentó algunos de los trabajos que había visto»^[16]. Williams, por otra parte, pensaba que era Eckert el que había cometido el robo, porque este publicó con su nombre detalles sobre una memoria de tubo catódico que era, a todos los efectos, idéntica a la que Williams había patentado en Gran Bretaña. No quería que Williams obtuviese derechos de patente en Estados Unidos por lo que consideraba que era su propia idea. El quid de la cuestión, con todo, es que la memoria experimental que Williams vio en el laboratorio de Eckert no podía almacenar información durante más de una fracción de segundo. Fue Williams quien hizo el avance crucial que condujo al primer dispositivo realmente funcional.

Mientras tanto, el mundo de la ingeniería olvidó, si es que alguna vez lo supo, que

Turing había esbozado el diseño de una memoria basada en el tubo de rayo catódico en 1945. El National Physical Laboratory le había enviado a Williams una copia del «Proposed Electronic Calculator» de Turing en octubre de 1946, un mes antes de que Williams presentase el borrador de una solicitud de patente para el tubo de Williams. No ha quedado constancia de si Williams leyó «Proposed Electronic Calculator» por aquel entonces, pero no hay razón para pensar que no lo hiciera. Solo necesitaba haber abierto el sobre y haber echado un vistazo al índice de contenidos para ver el irresistible capítulo titulado «Alternative Forms of Storage» [formas alternativas de almacenamiento], el mismísimo campo en el que él estaba haciendo un trabajo pionero. Si hubiera corrido a leer el capítulo, habría encontrado la breve descripción del tubo de Williams: eso habría bastado para hacer que el cigarrillo se le cayese de la boca. Sin embargo, a la afirmación idealista de Turing podía haber objetado que convertir las ideas básicas en una realidad ingenieril no implicaba «ninguna dificultad fundamental». Turing no sabía nada del impulso anticipatorio y ofrecía una descripción lógica de alto nivel de un planteamiento que era más general que lo que Williams había descubierto. Williams rápidamente abandonó el método del impulso anticipatorio para dedicarse a planes más generales, similares a los esbozados por Turing^[17]. Ahora no hay manera de saber con certeza si Williams aprendió la lección del «Proposed Electronic Calculator» de Turing. Pero, en todo caso, la implicación de Turing con el proyecto de Williams comenzó en serio unas pocas semanas después, en noviembre, cuando el asistente de Williams, Tom Kilburn, entró en la sala de conferencias de Londres y se sentó a escuchar la explicación de Turing sobre cómo se construía un ordenador^[18].

Kilburn se había unido al grupo de Williams en el TRE en 1942, no bien salió de la universidad de Cambridge^[19]. Williams había obtenido su doctorado en Oxford, donde era timonel^[20], pero ninguna rivalidad interuniversitaria se interpuso en el camino de una floreciente amistad que duró toda la vida. Los dos hombres trabajaron juntos en el radar y, llegado el final de la contienda, no había mucho que entre ambos no supieran sobre el estado de la cuestión en electrónica. Kilburn, un joven del condado de York con un mentón que denotaba firmeza, compartía el gusto de Williams por hablar de manera sencilla y franca. Pero, prácticamente, las similitudes terminaban ahí. Williams era el chico divertido —y era un hombre encantador—, mientras que Kilburn era el serio. Podía ser brusco, impaciente e incluso desconsiderado.

Hombre de fuertes convicciones, Kilburn estaba sediento de éxito y no vacilaba en meterse donde no le llamaban para conseguirlo. Y éxito tuvo. Se lo recuerda como uno de los grandes científicos informáticos de Gran Bretaña (murió en 2001). El gran golpe de Kilburn llegó en octubre de 1946, cuando Williams lo invitó a que lo ayudara con el desarrollo de la nueva memoria de ordenador^[21].

Williams admitió con su habitual franqueza avasalladora: «Ni Tom Kilburn ni yo

sabíamos lo más mínimo sobre ordenadores»^[22]. Habían oído que Turing estaba dictando un ciclo de conferencias sobre diseño de ordenadores en Londres, y les pareció una oportunidad de fábula para llenar los vacíos en su conocimiento. Kilburn asistió como uno de los dos representantes del TRE^[23]. Las nueve conferencias semanales, organizadas por Womersley, tenían lugar las tardes de los jueves; comenzaron en diciembre de 1946 y continuaron mes a mes hasta el febrero siguiente. El público de Turing se reunía en un lúgubre salón de actos en el sótano del hotel Adelphi, en el Strand londinense. El doctor Watson, narrador de las historias de Sherlock Holmes, contó en una ocasión que había vivido en «un hotel privado en el Strand, llevando una existencia incómoda e insignificante»^[24]. No obstante, es probable que Londres fuera mucho más divertido en los días de Sherlock Holmes que en el crudo 1946, con el racionamiento de comida, la escasez de comodidades básicas y una estrechez de espacio originada por los muchos kilómetros cuadrados de edificios volados por los bombardeos. Pero, seguramente, a Turing no le molestaba el lóbrego lugar elegido para las conferencias. Durante el primer par de sesiones trató sobre la esencia del nuevo arte (números binarios, memoria de alta velocidad, operaciones lógicas, circuitos para la aritmética) y luego profundizó en los detalles del ACE. Wilkinson también dictó un par de conferencias, posiblemente a partir de unas notas proporcionadas por Turing. Kilburn era un buen alumno. Pasó rápidamente de no tener ni idea sobre ordenadores a alcanzar un punto en el que podía comenzar a diseñar uno por sí mismo.

De hecho, el diseño inicial de Kilburn para lo que finalmente fue el Bebé de Manchester seguía estrechamente los principios de Turing^[25]. A diferencia de Von Neumann y de su grupo de Estados Unidos, Turing abogaba por un ordenador *descentralizado*, que no tuviera una unidad central de procesamiento o CPU, es decir, sin un núcleo en el que se llevaran a cabo todas las operaciones matemáticas y lógicas. El término «descentralizado» y su opuesto «centralizado» se deben a Jack Good, para quien Newman había creado un lectorado especial en matemáticas e informática electrónica en su departamento de Manchester^[26]. Kilburn diseñó un ordenador descentralizado que seguía en gran medida las líneas de lo que Turing disponía en sus conferencias. Al explicar este diseño en un informe a sus superiores del TRE, Kilburn empleó el mismo vocabulario característico que Turing utilizaba en sus conferencias («tabla de instrucciones», «máquina universal», «fuente», «destino», «almacén provisional», «convertidor serie-paralelo», «dinamizador», etc.)^[27]. Todo ello era muy diferente del tipo de diseño centralizado que proponía Von Neumann. Más tarde, cuando le preguntaban de dónde había sacado sus rudimentos de informática, Kilburn solía decir con bastante irritación que no se acordaba^[28]. En una entrevista, comentó vagamente: «Entre comienzos de 1945 y comienzos de 1947, en aquel periodo, de un modo u otro, averigüé lo que era un ordenador digital [...] No tengo ni idea de de dónde saqué tal conocimiento»^[29]. Pero la procedencia del

conocimiento de Kilburn no es ningún misterio: ¡Turing le enseñó!

Mientras tanto, Williams consiguió un nuevo trabajo en la universidad de Manchester, donde Newman se había pasado los dieciocho meses anteriores atrincherándose como nuevo profesor Fielden de Matemáticas. Newman había progresado hasta establecer un Computing Machine Laboratory en la universidad, fundado por la Royal Society of London, y estaba a la caza del ingeniero adecuado para dar vida al proyecto^[30]. Lo que necesitaba —como había explicado en su solicitud de financiación a la Royal Society— era un «ingeniero que diseñara circuitos», el cual «requeriría de una rara combinación de amplia experiencia práctica en el diseño de circuitos y un vasto entendimiento de las ideas abstractas implicadas», aunque «no se podía esperar de él que aportase las ideas principales»^[31]. Como su lenguaje indica, Newman no tenía ninguna duda de que, por lo que hacía al diseño de ordenadores, eran los matemáticos y no los ingenieros los que estaban al cargo. Sin embargo, su Computing Machine Laboratory era poco más que una habitación vacía. Williams, que se mofaba de «lo bien que sonaba» el título, recordaba que «las paredes eran de ladrillo marrón esmaltado y la puerta llevaba el cartel de “Habitación del Magnetismo”»^[32]. Según insinuaba con su franco y cordial sentido del humor, era algo «pueril». Pero la dinamo Newman planeaba fundar un nuevo *newmanario*, esta vez con el *hardware* de una máquina universal de Turing auténtica: un ordenador electrónico de programa almacenado que revolucionaría las matemáticas y la ciencia de los tiempos de paz, igual que Coloso había revolucionado la guerra.

Williams cursó los estudios de grado en Manchester y luego continuó con una investigación de posgrado antes de dar el salto a Oxford^[33]. Aunque, ciertamente, era demasiado joven para entrar en el riguroso nivel superior de la jerarquía universitaria, decidió jugársela y solicitar la cátedra Edward Stocks Massey de electrotecnia en Manchester, que acababa de quedar vacante. Newman estaba en el comité de entrevistadores y, cuando Williams comenzó a explicar las virtudes del nuevo tipo de memoria de ordenador que estaba terminando en el TRE, la perspectiva de unir fuerzas debió de parecerle como un matrimonio forjado en el cielo^[34]. Williams, que solo tenía treinta y cinco años, adquirió repentinamente el título de «catedrático», el más codiciado en el sector académico británico, y pudo anteponerlo a su nombre. En diciembre de 1946, dejó el soñoliento e idílico Malvern por la polvorienta Manchester, y se llevó a Kilburn consigo^[35]. El tiempo en Manchester era horrible, pero los *pubs* vendían cerveza amarga Boddingtons y en todo caso el norte de Inglaterra era la tierra del mismísimo Dios.

Newman se pasó el otoño y el invierno de 1946 en Princeton^[36], tratando con John von Neumann y, cuando regresó a Manchester, ya había decidido adoptar los principios de diseño de Neumann para su propio ordenador. A comienzos de 1947, cuando Harry Huskey se dejó caer para visitar el proyecto de Newman-Williams (como él lo llamaba), supo que el plan de Manchester era «más o menos una copia

del proyecto de Von Neumann»^[37]. Al principio, Newman tenía en mente copiar el diseño del NPL, y había creído que Flowers y su equipo de Londres se involucrarían en la construcción de su ordenador^[38], pero ese proyecto le fue dejando de gustar poco a poco. Cuando Jack Good y él viajaron juntos al NPL para conocer los planes que Turing tenía para el ACE, se irritó tanto con la incapacidad de Turing de hacerse entender que puso una excusa para regresar a Manchester, dejando que Good se ocupara del asunto^[39]. Más tarde, Good le explicó a Michie que «Turing se enfrascó en algún punto arbitrario del matorral e insistió en definir y describir toda cuanta hoja había en aquel lugar en particular; desde donde se fue por las ramas»^[40]. El ACE no estaba hecho para Newman. En comparación, este encontró que los principios de diseño de Von Neumann eran sencillos y directos. Puede que no se quedara muy impresionado cuando descubrió que el joven y brillante asistente de Williams estaba lleno de ideas para hacer un ordenador semejante a ACE.

No mucho después de que Williams y Kilburn llegaran a Manchester, Newman en persona dictó unas conferencias sobre cómo diseñar un ordenador^[41]. Naturalmente, estas conferencias hacían hincapié en el diseño centralizado de Von Neumann^[42]. «Newman nos explicó a nosotros todo el asunto de cómo funciona un ordenador», rememoraba Williams^[43]. En este punto, Williams dejó que Kilburn desentrañara los detalles de lo que los otros iban a construir (aparte de estar absorto en terminar la nueva memoria). Ahora, Williams tenía que gestionar su propio departamento de Electrotecnia^[44]. Con mucho gusto, Kilburn se olvidó de sus ideas de un diseño semejante al de ACE y consultó ahora con Good, a quien pidió que le sugiriera la configuración básica de instrucciones para el ordenador^[45]. El conjunto básico de instrucciones es el corazón lógico de cualquier ordenador, el que detalla las operaciones «atómicas» del aparato, los ladrillos elementales para toda su actividad. Good sugirió un conjunto de doce instrucciones básicas. Parece que no le mencionó a Kilburn que había destilado estas de un esbozo de Von Neumann y sus colaboradores (titulado «Preliminary Discussion of the Logical Design of an Electronic Computing Instrument» [discusión preliminar sobre el diseño lógico de un instrumento de computación electrónica])^[46]. Kilburn simplificó las doce instrucciones que Good le dio^[47] —no contempló unas cuantas que le parecieron innecesarias— y luego él y Williams construyeron el ordenador centralizado que describía el conjunto de instrucciones de Good^[48].

A comienzos del verano de 1948, la maquinaria ya estaba conectada y lista para que se probara. Kilburn y Williams introdujeron con todo cuidado el primer programa a mano, literalmente bit por bit, utilizando un panel de clavijas para grabar cada uno de ellos en la memoria. Cada vez que cometían un error, tenían que limpiar la memoria y comenzar de nuevo desde el principio^[49]. La función del programa era encontrar el factor más alto de un número dado, una tarea que mucha gente lleva a cabo fácilmente en la parte trasera de un sobre. Por fin, el programa, que solo tenía

diecisiete instrucciones, quedó almacenado en la pantalla de un único tubo de Williams. Con cautela, los dos pioneros presionaron el botón de comienzo. «Inmediatamente, los puntos del monitor empezaron a bailar a lo loco», contaba Williams^[50]. Resultó ser una «danza de la muerte —dijo—, un callejón sin salida, que se estuvo repitiendo una y otra vez durante la siguiente semana. Pero un día —relataba— allí estaba, brillando con esplendor en el lugar esperado, la ansiada respuesta».

Era lunes, 21 de junio de 1948, el primer día de la era del ordenador moderno: nunca antes un *hardware* electrónico había ejecutado un programa almacenado. Manchester había ganado la carrera. Williams dijo con sequedad: «Doblamos nuestro esfuerzo de inmediato y contratamos a un segundo técnico»^[51]. Al año siguiente, mientras estaba en una conferencia que le habían invitado a dictar en los cuarteles generales estadounidenses de IBM, le preguntaron cómo habían conseguido sacar el proyecto adelante con tan escaso equipo. El lema de la gigantesca corporación, «Piensa», engalanaba todos los lugares del edificio. Williams contestó con impertinencia: «Es muy sencillo: continuamos a toda costa, sin pararnos a pensar demasiado»^[52]. En el NPL, asimilaron la derrota sin ningún problema: la noticia de que una máquina diminuta de Manchester había ejecutado un programa que tan solo tenía diecisiete instrucciones para llevar a cabo una tarea matemática trivial fue, según me dijo Mike Woodger, «saludado con hilaridad» por el grupo de Turing^[53]. Con todo, el Bebé enseguida llevó al primer ordenador comercial, construido a partir del diseño de Kilburn y Williams por la firma de ingeniería Ferranti de Manchester. Entregaron el primero en febrero de 1951, unas pocas semanas antes de que la primera máquina comercial construida en Estados Unidos estuviera disponible: el Eckert-Mauchly UNIVAC 1.^[54] Solo cinco años después, Kilburn comenzó a diseñar su Atlas, un precoz superordenador^[55].

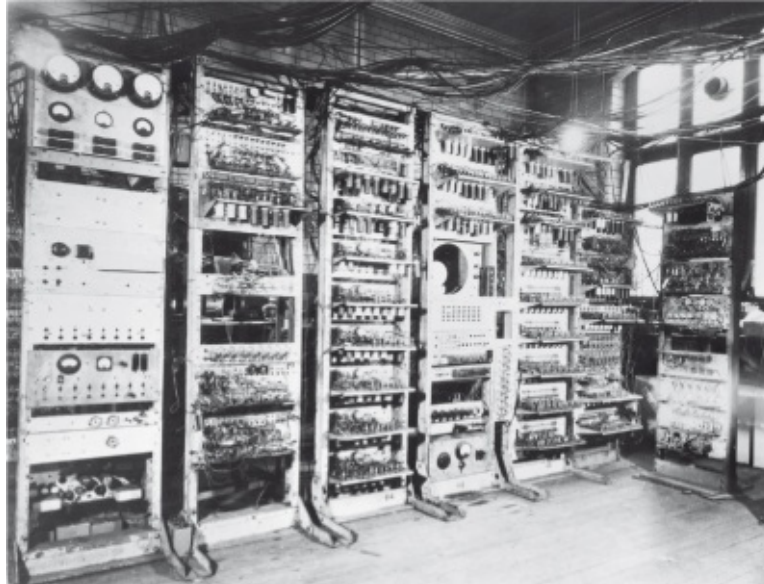


Figura 27. El bebé se hace mayor.

Crédito: © Science Museum/Science Picture Library. —Todos los derechos reservados.



Figura 28. El ordenador Ferranti.

Crédito: Con el amable permiso de la librera y directora de la universidad, The University of Manchester Library / The Centre for Heritage Imaging and Collection Care (CHICC).

El Bebé de Manchester se lo debía todo a la idea de Turing de 1936 de almacenar programas en la memoria, y también se alzaba a hombros del Coloso de Flowers. De hecho, el Bebé incluso contenía componentes rescatados del *newmanario*. Newman había enviado un Coloso desmantelado a Manchester —después de que se hubieran erradicado todas las indicaciones acerca de su propósito original—^[56] y uno de los armazones de la cama, el gigantesco marco de hierro que sustentaba parte de la maquinaria, se empleó en el Bebé^[57]. «Me recuerda a la costilla de Adán», dijo Good, un símil deliciosamente adecuado^[58]. Williams y Kilburn, por su parte, no sabían nada de Bletchley Park y de sus ordenadores secretos, pero para aquellos que sí estaban al tanto el nuevo computador Bebé era sencillamente el siguiente estadio

de lo que había puesto en marcha Flowers en Bletchley.

En realidad, Williams y Kilburn tenían una visión bastante restringida de los orígenes de la máquina que habían construido. No se trata solo de que Coloso fuera invisible, sino de que probablemente ni siquiera habían mirado el trabajo de Turing de 1936. También estaba la conexión, para ellos inexistente, con Von Neumann y su grupo de Princeton. Consideraban que el Bebé era un triunfo británico, un primer paso mundial para la informática británica. Sin embargo, una de las mayores ironías de la informática es que, gracias a Good y su conjunto de instrucciones de Princeton, el diseño lógico del Bebé era prácticamente idéntico al diseño estadounidense de 1946; el que concibieron, aunque no llegaron a construir, Von Neumann y su grupo en Estados Unidos^[59]: al parecer, sin que ni Kilburn ni Williams se dieran cuenta de que era así. Sin embargo, al menos la memoria del Bebé sí era británica (a pesar de las quejas de Eckert) y los tubos de Williams enseguida permitieron que los primeros ordenadores de programa almacenado brillaran con vida propia en Estados Unidos. Entre estos se contaba un enorme ordenador construido en Princeton por el grupo de Von Neumann, que empleaba un panel de cuarenta tubos de Williams como memoria principal^[60].

Tal y como se cuenta en el capítulo anterior, cuando en 1948 Newman le ofreció a Turing un trabajo en Manchester, este abandonó el NPL atropelladamente. Darwin estaba furioso, pero no pudo hacer nada. Turing era ahora el director adjunto del Manchester Computing Machine Laboratory. No había ningún director: a todos los efectos, él iba a dirigir el laboratorio, y Newman pretendía que fuera él quien orquestara la aplicación del ordenador al trabajo matemático serio^[61]. Turing usó la tecnología de Bletchley para conseguir que la máquina funcionara correctamente. El Bebé no tenía ningún mecanismo de entrada aparte de las clavijas que Kilburn y Williams habían utilizado para insertar el primer programa^[62]. Estas clavijas introducían bits en la memoria, uno por uno, lo cual no es de mucha utilidad para la informática real. El Bebé tampoco tenía ningún dispositivo de salida. El usuario solo podía limitarse a leer los patrones de puntos a medida que aparecían en la pantalla^[63]. Turing diseñó un sistema de entrada-salida basado en la misma cinta de teletipo que corría por Coloso^[64]. También diseñó un sistema de programación para el ordenador y escribió el primer manual de programación del mundo^[65]. Gracias a Turing, el ordenador estaba listo para trabajar. Su lector de cinta, que convertía los patrones de agujeros perforados a lo largo de la cinta en impulsos eléctricos y los conducía al ordenador, incorporaba una fila de células fotosensibles, que leían los agujeros de la cinta móvil: es exactamente la misma tecnología que empleaba Coloso. Pero incluso a la máxima velocidad de operación, los circuitos electrónicos del ordenador de Manchester no eran capaces de procesar más que el cuatro por ciento del total de información que entraba en el primer Coloso de Flowers^[66]. Si Flowers y Turing hubieran seguido juntos, podrían haber construido un ordenador que habría estado a

otro nivel.

Por desgracia, Turing y también Newman han sido borrados de la versión oficial de Manchester de la historia del ordenador. En el festival del quincuagésimo aniversario del ordenador Bebé, celebrado cincuenta años después de que se ejecutara el primer programa —un evento municipal inmenso que duro varios días, con Kilburn como invitado de honor— a Newman y Turing ni siquiera se los mencionó. Aunque en sus primeros papeles sobre el ordenador de Manchester, Kilburn otorgaba reconocimiento tanto a Turing como a Newman, en los últimos años se esforzaba por defender la independencia de su trabajo y el de Williams respecto de influencias externas. Presentaba la historia del Bebé de una forma que no asignaba ningún papel a Turing ni a Newman. Kilburn recalcó^[67] que Newman «no aportó nada a la primera máquina» (el Bebé). Y continuaba: «Lo que estoy diciendo es que Newman no es el origen de ningún modo, en absoluto. Yo sé que otros lo han descrito de esa manera, pero no fue así». Williams, por otro lado, no ocultaba nada: en los días en que él y Kilburn no sabían nada sobre ordenadores, Turing y Newman «nos llevaban de la mano», dijo^[68]. Kilburn me aseguró que la única aportación de Turing vino *después* de que el Bebé estuviera en funcionamiento y consistió, principalmente, en preparar lo que él describió como un manual de programación «completamente inútil».

«Kilburn no le veía ni pies ni cabeza a Turing», dijo Michie con una mueca^[69]. En un nivel personal, los dos apenas se trataban. El que Turing se refiera a él como «el mecánico que construyó la máquina» quizá sirva para dar un atisbo de su actitud hacia Kilburn^[70]. Desafortunadamente, el puesto de Turing como jefe *de facto* del Computing Machine Lab los ponía a los dos en contacto constante, y Turing no tenía ni idea de cómo manejar a un hombre como Tom Kilburn. «Kilburn convertía la vida de Turing en un infierno», me dijo Michie. Kilburn no quería que Turing interfiriera con lo que él consideraba su ordenador, e incluso intentó restringir el acceso de Turing a la máquina. Al final, se acordó que Turing podría usar el ordenador exclusivamente dos noches a la semana. Pasarse toda la noche sentado a solas ante el panel de control era algo que le iba muy bien y, durante estas sesiones nocturnas, Turing fue pionero en el campo conocido ahora como vida artificial.

Dejando a un lado su relación con Kilburn, las cosas en la universidad podrían haber ido peor. En 1951, lo eligieron miembro de la Royal Society of London, tras los pasos de grandes científicos y matemáticos como Newton, Einstein, Gauss, Bessel, Boole y Hardy. «Sinceramente creo que todas sus válvulas brillan de satisfacción», lo felicitó un colega de Manchester^[71]. Luego, en 1953, la universidad le concedió un puesto de profesor adjunto de teoría de la informática creado especialmente para él. Fue un honor.

En Manchester, Turing decidió renunciar a ese estilo de vida suyo según el cual el hogar estaba allá donde uno pudiera colgar el sombrero, y compró una casa propia, un adosado victoriano de ladrillo rojo sencillo pero amplio, que llevaba el nombre, bastante cursi, de Hollymeade. Ubicado en Wilmslow, un barrio acaudalado y muy

respetable a unos quince kilómetros del centro de Manchester y del ordenador, Hollymeade fue una elección extrañamente convencional. Puede que sus atractivos residieran en que brindaba una oportunidad para una carrera diaria de treinta kilómetros hasta la universidad y vuelta, así como para hacer incursiones en el vecino parque nacional de Peak District: a Turing le atraían las zonas montañosas. Para él, la inconveniencia de llegar a la universidad en atuendo deportivo empapado en sudor no era nada comparada con la satisfacción de hacerlo por sus propios medios. Si trabajaba toda la noche con el ordenador, a menudo iba en bicicleta y toleraba con facilidad la lluvia continua que caracteriza a Manchester^[72]. Al final, sucumbió al dudoso lujo de agregar un pequeño motor a una de las ruedas de la bicicleta^[73].

Turing mantenía su casa amueblada con austeridad y aun así muchos de los muebles estaban en mal estado^[74]. Mike Woodger recordaba que lo había visitado una vez, y que se habían pasado la tarde sentados en una enorme sala espartana intentando entablar conversación^[75]. La charla trivial no era muy del agrado de Turing, y él podía ser difícil de tratar, aunque si estaba con buen ánimo era un conversador vivaz y afable^[76]. Hollymeade era demasiado grande para una persona y su apariencia convencional lo convertía en una pareja extraña para el modo de vida bohemio, espartano e intelectual de su dueño. Pero parece que el entorno no le importaba ni lo más mínimo. «Creo que voy a ser muy feliz aquí», le escribió a su madre. Trabajaba en el jardín, cocinaba, trababa amistad con los vecinos, disfrutaba haciendo que la gente se quedara en su casa^[77]. Cuando tenía invitados, se volvía quisquilloso sobre la temperatura del vino y cuidaba con preocupación del menú. Una tal señora Clayton venía a limpiar y a veces a cocinar para él, le servía costillas de cordero y otras sencillas comidas británicas. Fue la casa en la que murió —y fue la señora Clayton quien descubrió su cuerpo—, pero eso no ocurrió hasta más tarde^[78].

Las visitas de Turing a la mansión de Newman, en un barrio de Bowden que parecía un pueblecito, le dieron a conocer un modo de vida más confortable. Lyn, la esposa de Newman, era una buena amiga. «Él siempre apreciaba tener abrigo y buenos alimentos», recordaba ella^[79]. «Pero al fin y al cabo era medio espartano —bromea— y no creía en tomarse muchas molestias ni en dedicar mucho dinero a las comodidades físicas». Lyn se hizo cargo de su educación y le insistía amablemente en que leyera. Desistió de inspirarle ningún interés en la poesía y, según ella, Turing no era «particularmente sensible a la literatura ni a ninguna de las otras artes», aunque sí que se anotó un tanto con *Guerra y paz* de Tolstói. Cuando era niño, Turing sostenía que al menos había una línea del *Hamlet* de Shakespeare que le gustaba. La última: «Salen, llevándose los cadáveres».

Obviamente, Lyn admiraba el aspecto de Turing: su «mentón como la proa de un barco» y lo que ella describe como una «cabeza de extraño contorno, hermosa e incluso imponente». Las pocas palabras de Lyn capturan su apariencia física con particular vividez. «Nunca tenía buen aspecto dentro de su ropa —dice—. Un traje de

alquimista o una cota de malla le habrían ido mejor». Ya entusiasmada con el tema, continúa: «La cota de malla también habría combinado con sus ojos, azules con el brillo y el fulgor de una vidriera». Era fácil, con todo, perderse el color y la intensidad de sus ojos, puesto que él tenía tendencia a evitar las miradas directas. Lyn describe «su extraño modo de no mirarte a los ojos, de escurrirse hacia la puerta con un brusco “gracias” dicho sobre la marcha». Pero cuando por fin establecías contacto visual, afirma, veías «candor y comprensión... algo tan civilizado que uno apenas se atrevía a respirar». Un vez que Turing había mirado «directamente y con circunspección a su compañero, en la confianza de una charla amistosa, a este sus ojos nunca podían volver a pasarle inadvertidos».

Aunque Lyn lo conocía mejor que bien, su evaluación de que a Turing la poesía no «le interesaba en absoluto» no es del todo exacta. Turing compuso ciertos poemas cortos, casi todos del tipo haiku^[80]. Se los envió a Robin Gandy, y los llamaba «mensajes desde el mundo oculto». Uno decía sencillamente: «El universo es el interior del cono luminoso de la creación». Turing lo firmó como «Arthur Stanley», una referencia juguetona a Arthur Stanley Eddington, el famoso físico que había trabajado con Einstein y que había escrito sobre la relación entre la ciencia y la religión. Otro mensaje decía así:

Hiperboloides de luz asombrosa
navegando a través del tiempo y del espacio
albergan esas olas que de algún modo podrían
representar la sagrada pantomima de Dios.

También había una historia breve. Escrita con la caligrafía irregular y a veces ininteligible de Turing y llena de tachaduras y de reelaboraciones, es una lectura fascinante^[81]. Aunque solo tiene unas páginas de extensión, ofrece un atisbo íntimo de su autor. El personaje central, un científico llamado Alec Pryce que trabaja en la universidad de Manchester es un Turing apenas disfrazado. Pryce, como el propio Turing, siempre llevaba «una americana vieja y pantalones de estambre tirando a arrugados». Turing lo denominaba el «uniforme estudiantil» de Pryce, y decía que «lo animaba a creer que todavía era un joven atractivo». Pasada la frontera de los cuarenta, a Turing debía de haber empezado a pesarle la edad. Pryce, cuyo trabajo estaba relacionado con el viaje interplanetario, había hecho un importante descubrimiento cuando tenía veinte años que llegó a conocerse como la «boya de Pryce». La naturaleza del descubrimiento no se explica, y la boya de Pryce es, naturalmente, una representación de la máquina universal de Turing. «Alec siempre sentía un ramalazo de orgullo cuando se empleaba este término», escribió Turing de manera reveladora.

«Hacer chistes de doble sentido también le gustaba», continuaba. «Siempre le había gustado hacer ostentación de su homosexualidad y, en compañía adecuada, Alec fingía que la palabra se pronunciaba con una p». Pryce, se nos dice, no había

tenido una relación sexual desde «aquel soldado el verano pasado en París». Mientras camina por Manchester, pasa ante un joven recostado contra un banco, Ron Miller. Ron, que está en paro y se codea con criminales de poca monta, consigue unos pequeños ingresos dedicándose a la prostitución masculina. Responde a una mirada que Alec le lanza cuando pasa y lo llama de forma ruda: «¿Tienes un cigarro?». Tímidamente, Alec se sienta junto a él en el banco y los dos se quedan allí un poco incómodos. Por fin, Alec reúne valor para invitar al chico a comer en un restaurante cercano. «Quien mendiga no está en condiciones de elegir», piensa Ron, aprovechando la invitación. El acercamiento brusco de Alec no le ha impresionado, ni tampoco su forma de hablar «afectada», pero se dice a sí mismo con filosofía: «Una cama es una cama, te metas como te metas en ella».

Lyn era la confidente de Turing. Se preocupaba por él y decía que era un «homosexual candoroso»^[82]. Incluso sus sesiones de psicoterapia eran objeto de las conversaciones entre ambos^[83]. A veces, Turing corría los veinte kilómetros que separaban su casa de la de ella. No siempre llegaba en las horas más propias para la vida social; el hijo de Newman, William, cuenta que una vez oyó un ruido a altas horas de la madrugada y que cuando abrió la puerta principal se encontró con Turing con su atuendo de correr. «Deseaba invitarnos a cenar y, como pensaba que estábamos todos dormidos, pero no tenía papel alguno en que escribir, nos quería dejar la invitación en el buzón grabándola en la hoja de un rododendro con un palo», recordaba William con expresión divertida^[84]. También recuerda que Turing pasaba las vacaciones con la familia en una casa alquilada en la Riviera de Gales^[85]. El filósofo Bertrand Russell y otros pesos pesados de la intelectualidad se dejaban caer por allí y se sentaban en la acogedora sala de estar de la costa, enganchándose en debates informales con Turing y Newman.

Turing y el joven William se hicieron buenos amigos. Jugaban al Monopoly y al ajedrez, y los regalos de cumpleaños que Turing elegía le valían muchos puntos: un año, un modelo de máquina de vapor; otro año, un juego de herramientas^[86]. Alec Pryce admite que también él escogía los regalos que a él mismo le gustaban. A Turing se le daban bien los niños. Se hizo amigo del hijo de sus vecinos, Rob, y en una ocasión en que estaban sentados juntos en el tejado del garaje, se los oyó debatir sobre si Dios podía coger un resfriado si se sentaba en la hierba mojada^[87]. Cuando una niña de siete años amiga suya se rompió el brazo derecho, Turing le dio una lata de galletas llena de dulces y chocolate, y le explicó que era «una caja zurda», que la niña podía abrir con el brazo sano^[88].

Mientras Lyn y Turing se sentaban a charlar, Max solía irse arriba y tocar el piano, llenando la casa de música^[89]. Todos los días que vivió en Manchester, se sentaba ante su Bechstein de cola y daba un concierto a cualquiera que estuviera escuchando. Bach, Beethoven, Brahms, Debussy, su técnica era formidable. En Princeton tocaba sonatas con Einstein, que era un violinista incansable. Lyn les

escribió a sus padres sobre estas veladas musicales, diciendo que Einstein estaba «ingenuamente encantado con la música que él y Max tocaban»^[90]. Por su parte, Turing no tenía nada de músico, aunque acabó por dejar en la música una huella mayor que la de Einstein o Newman. Una de sus aportaciones a la era digital que se ha soslayado ampliamente es su trabajo sin precedentes para transformar el ordenador en un instrumento musical.

Turing fue el primero que escribió un programa informático para que un ordenador tocara notas musicales. No es ninguna novedad para los usuarios de NoteWorthy o MasterWorks que los ordenadores pueden tocar música; pero si se concibe el ordenador únicamente como una máquina de cálculo de alta velocidad — la visión por defecto en aquellos primeros años—, hay que dar un salto imaginativo casi imposible para considerarlo como un instrumento musical. Ahora bien, si piensas en el ordenador como en una máquina universal, es perfectamente natural contemplar su comportamiento potencial como algo que incluya tocar música. La única pregunta es cómo crear un programa informático que haga que la máquina universal se comporte como un instrumento musical.

Los ingenieros habían conectado un altavoz al ordenador de Manchester (lo llamaban el «bocinazos») que servía de alarma cuando la máquina requería atención^[91] emitiendo un sonido electrónico alto y cortante. Turing se dio cuenta de que, con una programación inteligente, podía hacerse que esta fuente de sonido sencilla y poco prometedora emitiera las notas de la escala musical. La «instrucción de la bocina» del ordenador (que él llamó /V, pronunciado «barra uve») funcionaba de la siguiente manera.



Figura 29. Max Newman.

Crédito: Con el amable permiso del Master and Fellows of St Johns' College, Cambridge.

Había un reloj electrónico en el ordenador que sincronizaba todas las operaciones. Este reloj tenía un ritmo constante, como un metrónomo silencioso, a una velocidad de más de cuatro mil golpes silenciosos por segundo. Ejecutar la instrucción de la bocina una sola vez hacía que uno de estos golpes se convirtiera en sonido (el cual

era emitido por el altavoz), pero el sonido duraba lo mismo que el golpe: una mínima fracción de un segundo. Turing describió este sonido como «algo entre un tamborileo, un chasquido y un golpetazo»^[92]. Si se ejecutaba la instrucción de la bocina una y otra vez, este breve sonido se reproducía repetidamente, cada cuatro golpes: tic, tic, tic, clic, tic, tic, tic, clic, y así sucesivamente^[93]. Cuando se repetía miles de veces por segundo, estos chasquidos regulares engañaban al oído humano y le hacían creer que oía una nota continua. Turing descubrió que, si se repetía la instrucción de la bocina no una y otra vez sino con diferentes patrones, entonces el oído oía diferentes notas musicales. Por ejemplo, si se repetía el patrón tic, tic, tic, clic, tic, tic, tic, tic, tic, tic, clic, tic tic tic tic, la nota era do cuatro (una octava por encima de do tres). Repetir un patrón diferente —tic, tic, tic, clic, tic, tic, clic, tic, tic, tic, tic, tic, tic, clic, tic, tic, tic, clic, tic, tic, tic, tic— producía la nota fa tres, una quinta por debajo de do cuatro, y así sucesivamente^[94]. Fue un descubrimiento sensacional.

Una de las leyendas urbanas más arraigadas del mundo de la música es que las primeras notas musicales jamás generadas por un ordenador se oyeron en 1957 en los laboratorios estadounidenses Bell^[95]. En realidad, las primeras notas generadas por ordenador se oyeron en el Manchester Computing Machine Laboratory, y el manual de programación de Turing —escrito más o menos a finales de 1950— contenía la primera guía sobre cómo conseguir que un ordenador hiciera música. No parece que el propio Turing estuviera particularmente interesado en programar la máquina para que tocara piezas musicales convencionales. Utilizaba diferentes notas musicales creadas por él como indicadores de la vida interior del ordenador: una nota para «trabajo terminado», otro para «error al transferir datos desde el tambor magnético», «hay dígitos rebosando la memoria», etc^[96]. Ejecutar uno de los programas de Turing debía de ser un asunto ruidoso, con diferentes notas musicales y distintos ritmos que permitían al usuario «escuchar» (a decir de Turing) lo que el programa estaba haciendo^[97]. No obstante, lo de programar la primera pieza completa de música quedó para otra persona.

Un día, Christopher Strachey se dejó caer por el Computing Machine Laboratory. Strachey había conocido a Turing en el King's antes de la guerra^[98]; era un tipo de clase media-alta, con una voz curiosa que oscilaba entre atiplada y grave a medida que hablaba^[99] y tenía algunos parientes de campanillas: su tío era el famoso autor Lytton Strachey, y su padre, Oliver, era uno de los amigos de Dilly Knox y había trabajado en Enigma en Bletchley Park. Criado en el Bloomsbury londinense, Strachey habitaba el mundo del famoso grupo de Bloomsbury: un clan de escritores e intelectuales no muy unidos, como Virginia Woolf, E. M. Forster y John Maynard Keynes, así como el tío Lytton. Strachey se pasó la guerra, igual que Williams y Kilburn, desarrollando el radar, pero cuando entró a zancadas en el Manchester Computing Machine Laboratory era profesor de matemáticas y física en la escuela Harrow, una de las más elegantes de Londres, fundada en 1572 mediante una cédula

real de la reina Isabel I. Strachey nunca perdió del todo sus maneras de profesor de escuela y cuando ya había dejado atrás la enseñanza escolar y ya había penetrado en el maravilloso nuevo mundo de la ciencia informática, su comportamiento de profesor estirado a veces crispaba los nervios de sus enérgicos colegas^[100].

Strachey se sintió atraído por los ordenadores digitales en cuanto oyó hablar de ellos. Sus primeras experiencias prácticas fueron con el ACE: Mike Woodger reconocía a un programador en ciernes cuando lo veía y le dio acceso al ordenador. Cuando Woodger mencionó la nueva máquina de Manchester, Strachey ardió en deseos de probar a programarla. Cogiendo el toro por los cuernos, le escribió a Turing^[101]. Ambos eran homosexuales del King's College que lidiaban en un mundo ampliamente heterosexual y tenían mucho en común. Esto resultó incluir una pasión por la programación que dominaba su vida. Aunque el término *hacker* en el sentido de alguien adicto a la programación no se acuñó hasta más tarde, Turing sin duda fue el primero, y Strachey le pisaba los talones. Los *hackers*, según escribió Steven Levy en su clásico del mismo nombre de 1984, son «programadores y diseñadores informáticos que consideran que la informática es la cosa más importante del mundo»^[102]. Actualmente, el término se utiliza en general para los programadores que penetran en los sistemas informáticos de otras personas, es decir, para los piratas informáticos, pero los auténticos *hackers* conocen el verdadero significado de la palabra. Cuando Strachey apareció en Manchester, Turing decidió soltarlo al ruedo y le sugirió que intentara escribir un programa que hiciera que el ordenador se imitase a sí mismo. En aquel tiempo, esto era una tarea endiabladamente difícil: más o menos como correr un kilómetro y medio en cuatro minutos, algo que Roger Bannister enseguida haría por primera vez en la historia. Cuando Strachey abandonó el laboratorio, Turing se giró hacia Robin Gandy y dijo con ademán travieso: «Eso lo tendrá ocupado»^[103].

Y sí que lo hizo. Strachey leyó el manual de programación de Turing con tesón, un texto «conocido en aquellos días por su incomprensibilidad», dijo Strachey^[104]. Pianista ardiente, apreciaba el potencial de las directrices sucintas de Turing sobre cómo programar notas musicales. Finalmente, regresó a Manchester con unas veinte páginas cubiertas de líneas de código de programación; el programa más largo que se había ejecutado en el ordenador con anterioridad no llegaba a media página^[105]. «Turing entró y me dio su característica descripción con voz aguda y a toda velocidad sobre cómo usar la máquina», recordaba Strachey^[106]. Entonces lo dejaron a solas con la consola del ordenador hasta la mañana siguiente. Fue la primera de toda una vida de sesiones de programación que duraban toda la noche. «Me senté al frente de la enorme máquina —dijo— con cuatro o cinco filas de veinte clavijas y demás, en una habitación que parecía la sala de control de un acorazado»^[107]. Turing regresó por la mañana y se encontró con que el programa simulador de Strachey funcionaba a las mil maravillas: y entonces, sin previo aviso, la computadora soltó con un bocinazo

el himno national británico, «God save the King». Turing fue parco, como acostumbraba: «Bonito espectáculo», dijo con entusiasmo^[108].

Strachey había desatado la locura, y enseguida se escribieron más programas. La BBC oyó hablar del ordenador musical y envió a un presentador del programa de radio Children's Hour al que todos llamaban Auntie con un equipo de grabación para cubrir la historia^[109]. Además de «God Save the King», la BBC grabó una versión del swing «In the Mood», de Glenn Miller. El pelo de la superestrella americana se habría erizado de espanto si hubiera podido oír la interpretación aflautada y acartonada que el ordenador hizo de su famoso éxito. Pero también había una interpretación adorable, aunque algo descarada, de la melodía de la canción de cuna «Baa Baa Black Sheep». La sencillez de la música y el tono electrónico bobalicón casaban bien juntos. El ordenador estaba plagado de fallos técnicos, así y todo —acababa de salir de la fábrica de Ferranti—, y acabó por estropearse a la mitad del numerito de Glenn Miller. «La máquina, obviamente, no está de humor», dijo efusivamente Auntie, haciendo un juego de palabras con el título de la canción.

La grabación de la sesión de la BBC, que no se llegó a editar, consigue transmitir cómo interactuaba la gente con algo totalmente nuevo: «La máquina se ofendió», observa Auntie en un momento dado. En Manchester se palpaba la idea de una máquina pensante, un cerebro electrónico. Turing avivó las llamas con alegría. No mucho después de unirse al Computing Machine Laboratory le dijo a un reportero de *The Times* que no veía ninguna razón por la que el ordenador no debiera «entrar en cualquiera de los campos normalmente cubiertos por el intelecto humano y, finalmente, competir en ellos en términos de igualdad»^[110]. El diplomático Newman contestó a la lluvia de llamadas telefónicas desatadas por la provocadora afirmación de Turing, que *The Times* hizo imprimir en un artículo de las páginas centrales titulado «El cerebro mecánico». Como siempre, el modo de pensar de Turing le llevaba ventaja al de todos los demás. El resto del mundo estaba comenzando a tomar conciencia de la idea de que los ordenadores eran el nuevo modo de hacer aritmética a alta velocidad; en cambio, Turing hablaba ya muy seriamente de «programar un ordenador para que se comporte como un cerebro»^[111].

Strachey hizo otra aportación a la mística en torno al ordenador creando un programa que escribía cartas de amor. Las tórridas notas eran firmadas por el «Manchester University Computer (MCU, ordenador de la universidad de Manchester)». Utilizó trucos de programación, según él, «de una sencillez casi pueril» (y para él, probablemente lo eran)^[112]. Elaboró un par de recetas para construir oraciones y las almacenó en la memoria del ordenador junto con listas de palabras y expresiones que seleccionó del *Thesaurus* de Roget. El programa seguía una u otra receta paso a paso; se incluían pasos como: «Aquí elegimos una palabra de la lista tal y tal». El programa hacía su selección empleando un generador de números aleatorios que Turing había diseñado, una especie de rueda de la fortuna

electrónica^[113]. Era más o menos como elegir entre decir «Creo que te amo» o «Puedes besarme si quieres» lanzando al aire una moneda. Turing incluso jugueteó con la idea de que su generador de combinaciones aleatorias fuera un modo de proporcionar a la máquina algo semejante al libre albedrío^[114]. Bromeaba con que los resultados impredecibles podían llevar a que el propietario del ordenador afirmara con orgullo: «Mi máquina —en vez de “mi niño”— dijo una cosa muy divertida esta mañana»^[115].

Las cartas del ordenador eran escalofriantes:

QUERIDO ENCANTO

TÚ ERES MI SENTIMIENTO DE ÁVIDO COMPAÑERO. MI AFECTO CURIOSAMENTE SE AFERRA A TU APASIONADO DESEO. MI DESEO ANHELA TU CORAZÓN. TÚ ERES MI DESEOSA COMPASIÓN: MI TIERNO DESEO.

TUYO HERMOSAMENTE

MUC

CARIÑO AMOR

MI COMPASIVO AFECTO HERMOSAMENTE ATRAE TU CARIÑOSO ENTUSIASMO. TÚ ERES LA ADORACIÓN QUE AMO: MI ADORACIÓN SIN RESPIRACIÓN. MI SENTIMIENTO EMPÁTICO ESPERA SIN ALIENTO TU ANSIA AMADA. MI ADORACIÓN ENAMORADA ESTIMA TU ÁVIDO ARDOR.

TUYO CON NOSTALGIA

MUC^[116]

De forma más práctica, Turing escribía sus propias cartas en el teclado del ordenador y hacía uso del símbolo de la barra para generar los signos de puntuación y el formateo básico. Las imprimía y las echaba al correo. Una iba destinada a Robin Gandy y trataba sobre la defensa de su tesis de doctorado^[117]. Comenzaba así:

QUERIDO/ROBIN//////////LO/SIENTO////REALMENTE/NO/ES/POSIBLE/HACER/TU/EXAMEN/ORAL//

Sin duda, Turing fue la primera persona de la Tierra que manejó su correspondencia con un procesador de textos.

El siguiente gran logro de Strachey fue crear el primer juego de ordenador del mundo. Cuando era un chiquillo, solía echarse en la cama de su madre por las mañanas y jugar al tres en raya tridimensional imaginario^[118]. Decidió, sin embargo, que el tres en raya era un juego demasiado fácil como para que mereciera una programación. (Se hizo más tarde con un DEUCE, véase la Figura 30). Strachey escogió algo que desde el punto de vista matemático era más difícil, pero no demasiado: el juego de las damas^[119]. Escribió la primera versión de su programa de damas para el modelo piloto de ACE en la primavera de 1951, pero el programa jugó su primera partida en Manchester^[120]. Con mucho ingenio, Strachey desvió el monitor del ordenador de Manchester, que normalmente se empleaba para mostrar a los ingenieros cómo marchaban las cosas en el mecanismo interno, y lo configuró para que mostrara un tablero de damas virtual. Los diagramas de la Figura 31 están

tomados de las notas de Strachey^[121].

El ordenador saludaba a su oponente humano escribiendo:

POR FAVOR, LEA LA TARJETA DE INSTRUCCIONES.

Una vez que el ser humano digiere las instrucciones, presiona la tecla de comienzo y la sesión empieza. El ordenador solicita con educación:

¿SORTEAMOS EL PRIMER MOVIMIENTO? ¿PODRÍA USTED LANZAR UNA MONEDA?

Entonces, el ordenador selecciona aleatoriamente CARA O CRUZ y pregunta:

¿HE GANADO?

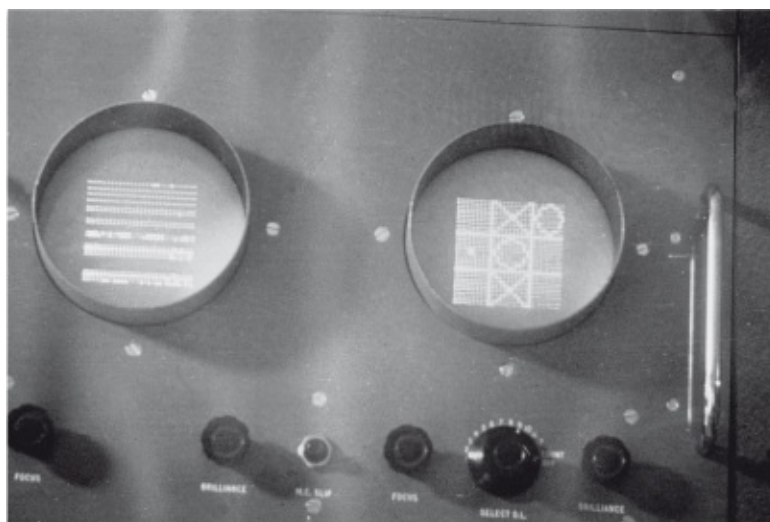


Figura 30. El DEUCE jugando al tres en raya.

Crédito: Fotografía de Keith Titmus, reproducida con su amable permiso.

Cuando el juego comienza, el ordenador genera un pitido cada vez que está listo para aceptar el movimiento del oponente. Si el jugador humano se retrasa demasiado al consignar un movimiento en el teclado, la impresora parlotea con impaciencia:

DEBE JUGAR AHORA O RENDIRSE.

Cualquier titubeo por parte del ser humano da como resultado:

TENGA LA BONDAD DE VOLVER A LEER LAS INSTRUCCIONES Y COMENZAR EL MOVIMIENTO DE NUEVO.

Un comportamiento incorrecto hace brotar respuestas cada vez más malhumoradas, como:

SI USTED NO SIGUE LAS INSTRUCCIONES, NO PUEDO JUGAR.

O sencillamente un brusco:

ME NIEGO A PERDER MÁS TIEMPO, VAYA Y JUEGUE CON UN SER HUMANO.

Como la máquina era propensa a los errores de equipamiento y programación, las cosas no fluían siempre tan bien. Es posible que el ordenador farfullara algo como:

POR FAVOR, CREA CA JARTETA DE SINSTRUCCIONES. ¿SORTITEAMOS CEL PRRIMER MOXVIMIENTO?

Strachey garabateó una nota en el impreso: «Cuando hizo esto, a la máquina (literalmente) le faltaba un tornillo»^[122].

El programa elegía sus movimientos teniendo en cuenta las siguientes posibles jugadas, igual que los jugadores humanos hacen a menudo: «Si muevo *aquí*, el ser humano puede hacer esto o lo otro, pero estos dos movimientos me colocarían en peor posición; en cambio, si muevo *acá*, el único movimiento posible del ser humano me pone en una posición mejor», y así sucesivamente. El programa utilizaba «reglas generales» para evaluar la fortaleza de su posición, como: «La doble dama vale tres veces lo que una pieza ordinaria». El programa de Strachey abordaba las cosas de un modo mucho más sistemático que un jugador humano normal; cada vez que le llegaba el turno al programa, este calculaba concienzudamente las consecuencias de cada uno de los movimientos que estaba en disposición de hacer en aquella ocasión. Un jugador humano estratégico, por otra parte, podría considerar un solo movimiento: el correcto.

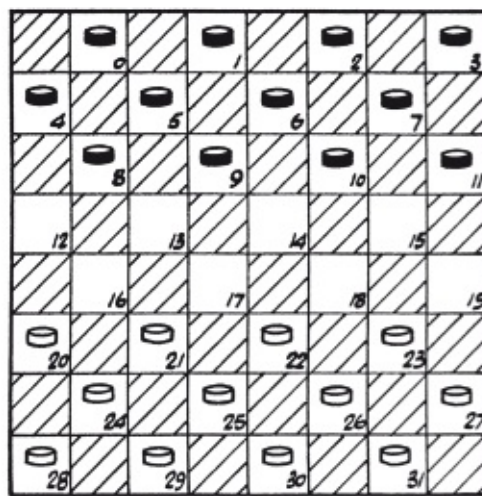


Figura 31. El ordenador de Manchester jugando a las damas. Esta es, probablemente, la primera vez que la pantalla de un ordenador se utilizó para jugar. El diagrama trazado a mano de Strachey explica los símbolos de la pantalla. El ordenador juega con las negras.

Crédito: Con el amable permiso de la Bodleian Library, Oxford.

El ordenador no era lo que se dice rápido para los estándares de hoy. Ponderaba los movimientos a una velocidad aproximada de diez por segundo, pero incluso así podía servirle muy bien de entrenamiento a un jugador humano. No mucho después de que Strachey consiguiera poner el programa en funcionamiento, Arthur Samuel, un programador e investigador de IBM del norte del estado de Nueva York, escribió una versión mejorada que podía aprender a perfeccionar su juego con la práctica; esta finalmente batió a un jugador con nivel de campeonato^[123]. El derrotado campeón se lamentaba: «Ningún ser humano me había planteado una oposición semejante desde 1954, cuando perdí mi última partida». El campeón rápidamente se tomó la revancha e hizo polvo al programa en seis partidas seguidas^[124].

El programa de damas de Strachey no fue solo el punto de origen de la industria actual de juegos de ordenador, y de toda la idea de interacción entre ordenadores y seres humanos mediante pantalla y teclado. También fue el primer atisbo concreto, en un vulgar monitor en blanco y negro, del más santo grial de los santos giales de la

informática: la inteligencia artificial. La experiencia de Strachey con su programa de damas lo convenció, decía, de que «mucho de lo que conocemos normalmente como pensamiento puede, en realidad, reducirse a un conjunto relativamente simple de reglas del tipo de las que se pueden incorporar en un programa^[125]». Era algo en lo que Turing había creído durante años.

Era una mañana invernal y gris de Massachusetts y la temperatura rondaba los diez grados bajo cero. Yo bajé gustosamente al calor lúgubre del «pasillo infinito» del MIT, para unirme a las masas de estudiantes de ingeniería y de *geeks* informáticos que serpenteaban por el vasto campus urbano del MIT. Me dirigía al Artificial Intelligence Laboratory, donde me recibió Rod Brooks, el director. Brooks es un australiano increíblemente enérgico de modales sencillos. En su oficina, dos prototipos de aspiradoras robotizadas estaban patrullando el suelo. Estos dos robots planos, semejantes a discos, parecían pasar más tiempo escondiéndose bajo los muebles que limpiando. Iban armados con la tecnología de sensor que Brooks había desarrollado a lo largo de sus más de veinte años en la robótica. La NASA financió la investigación que lo hizo famoso: unos trotamundos diminutos de seis piernas que parecían insectos, de solo unos pocos centímetros de largo y llenos de sistemas de inteligencia artificial.

«Fast, Cheap and Out of Control» [Rápido, barato y fuera de control] fue el título que Brooks eligió para el trabajo académico en el que presentó sus robots basados en los insectos a la British Interplanetary Society^[1]. El trabajo predice una invasión robótica del sistema solar, una ola de insectos artificiales autónomos que prepara el camino para la exploración del espacio humano. El primer prototipo de trotamundos de Brooks, denominado Gengis, se escabullía hábilmente entre los obstáculos como si fuera una enorme hormiga. Brooks consideraba que, en el accidentado terreno de los planetas extraterrestres, seis patas independientes funcionarían mejor que ruedas u orugas: normalmente, la madre naturaleza es sabia. Cuando se hizo cargo del laboratorio de inteligencia artificial (IA) la broma por defecto era que IA significaba entonces «Insectos Artificiales». Pero en realidad, el siguiente proyecto de Brooks era crear un robot humanoide. «Demos una vuelta», me dice con amabilidad.

Plácidamente de pie en la habitación contigua al despacho de Brooks está un robot alto, que tiene un aspecto lejanamente humano; no obstante, estar de pie no es en realidad la expresión adecuada, puesto que el robot no tiene piernas y la parte superior de su cuerpo está sujeta con pernos a un pedestal. El robot estira la cabeza en torno a sí y se inclina levemente hacia delante para echar un vistazo a través de sus cuatro ojos con forma de tubo. Su *software* de visión puede reconocer una cara y entonces el robot establece contacto visual. Te saluda con la cabeza si tú le has saludado primero. «Este es Cog», nos presenta Brooks. Cog parece un cruce entre algo sacado de *La guerra de las galaxias* y la famosa estatua de Rodin *El pensador*.

Tiene las manos cubiertas con una membrana de goma que conduce la electricidad. Las membranas suministran al robot información táctil, y los sensores de presión que tiene en los brazos y en la espina dorsal le dan información detallada sobre su postura y movimiento.

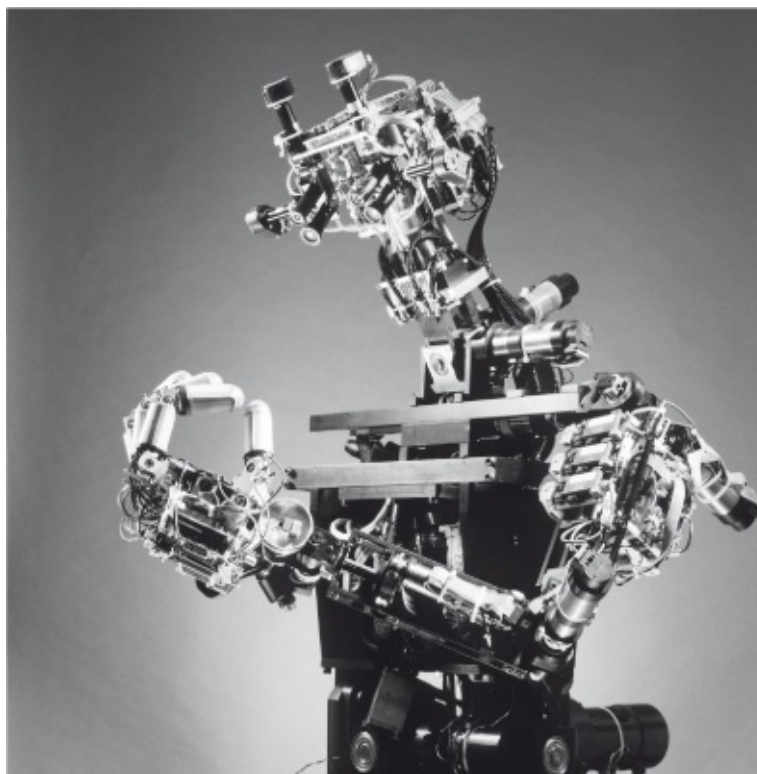


Figura 32. Yo, Cog.

Crédito: Fotografía © Sam Ogden.

Cog ha aprendido muchas habilidades básicas mediante la imitación y la repetición, entre ellas cómo darle objetos a un ser humano y cómo jugar hábilmente con un juguete informe. Dar cosas es más difícil de lo que parece. Imagina que el robot pierde su referencia y te golpea los frágiles dedos con su poderoso brazo metálico de cuatro kilogramos. Brooks y sus estudiantes incluso le han enseñado a Cog a tocar ritmos básicos en un tambor. El robot aporrea entusiásticamente un tambor y un platillo. «Espere solo un minuto», dice Brooks repentinamente, para escabullirse de la habitación y regresar con la cabeza de repuesto de Cog en las manos. «Póngasela debajo del brazo —dice jovialmente—; les haré una foto».

A medida que avanzamos por el pasillo, Brooks mueve una mano hacia el laboratorio ocupado por estudiantes de posgrado: están intentando insertar microscópicos circuitos de control en bacterias, explica. Bacterias controladas por *software* que, algún día, pueden llegar a emplearse para luchar contra enfermedades. Otra idea en la que está trabajando implica un enjambre de robots diminutos, semejantes a mosquitos, que vivirán en las esquinas de nuestras ventanas o en los extremos de la pantalla del ordenador o de la televisión, y mantendrán la superficie impoluta. Giramos hacia el pequeño laboratorio ocupado por la estudiante estrella de

Brooks, Cynthia Breazeal, y su sociable robot Kismet. Kismet resulta encantador enseguida, en la misma medida en que Cog resulta distante. Balbucea y gorjea de una forma que se asemeja a un encantador parloteo infantil, menea las orejas y establece contacto visual. Si no supiera que Kismet es una máquina, juraría que me está sonriendo.

Kismet es un experimento sobre la interacción humano-máquina y Breazeal se da cuenta de que la gente confunde fácilmente a su robot con un ser sensible. Explica sonriente que un visitante comenzó a examinar a Kismet como si fuera una máquina cualquiera y, de un modo grosero, levantó la cara hasta pegarla a la del robot. Cuando Kismet expresó su disgusto —vocal y facialmente— el visitante se retiró sorprendido de un salto y se disculpó. Breazeal tiene un vídeo en el que se ve a un joven, Rich, haciéndose amigo de Kismet. «¡Eres increíble!», le suelta Rich a Kismet al cabo de un rato. «¡Eres increíble!», repite como un eco el robot con su adorable voz. Se mueve hacia arriba y hacia abajo, con sus enormes ojos azules abiertos, e interrumpe las frases de Rich con sonoros ruidos de excitación. «Para, tienes que dejarme hablar», regaña Rich al robot. Kismet se queda cabizbajo. «Escúchame», dice Rich, y Kismet lo observa fijamente con una mirada atenta. «Kismet, me parece que aquí pasa algo», dice Rich perplejo y bromeando solo a medias. Es fácil imaginar a unos sucesores distantes de Kismet —o puede que no tan distantes— cuidando niños, ayudando en la guardería o haciendo compañía a ancianos solitarios.

«Le llevaré al ático», me ofrece Brooks con entusiasmo. Mientras subimos en el ascensor, hablamos sobre la naturaleza de la inteligencia. Algunos descartan el comportamiento «inteligente» de los ordenadores y los robots y lo consideran tan solo un espejismo ingenioso. Pero desde el punto de vista de Brooks, cuanto más consigamos mantener el espejismo, más cerca estaremos de hacerlo real^[2]. «La inteligencia está en el ojo del observador», afirma enérgicamente, con el aire de alguien que ha estado luchando por este pedazo de terreno en particular durante mucho tiempo^[3]. La visión de Turing era semejante: «Hasta qué punto estimamos que algo se comporta de un modo inteligente —decía— es algo que está tan determinado por nuestro propio estado mental y por nuestra educación como por las propiedades del objeto en sí»^[4]. El hombre clave de la inteligencia artificial británica, Donald Michie, por otra parte, creía que la inteligencia es una cosa más bien objetiva. La inteligencia de un nivel humano viene marcada por la «capacidad de hacer un intento plausible de casi cualquier cosa», decía^[5]. Si se puede construir una máquina con la misma habilidad, entonces es inteligente y punto.

El ático del laboratorio de inteligencia artificial resulta ser una inmensa área de almacenaje. ¿Quién sabe qué experimentos abandonados habían quedado arrinconados aquí? Brooks se dirige hacia una jaula ocupada por un robot llamado Herbert. «Era uno de mis favoritos», dice. Es una criatura del tamaño de un *hobbit*, que toma su nombre de Herbert Simon, un pionero de la inteligencia artificial que dirigió el campo durante los años posteriores a que Turing pusiera las cosas a andar.

Simon, premio Nobel, causó un gran revuelo cuando anunció: «Ahora hay máquinas en el mundo que piensan, que aprenden y que crean cosas»^[6]. Eso fue en 1958, y muchos dirían que el anuncio de Simon fue tremendamente prematuro, pero si miramos ahora a los robots de Brooks parece posible atisbar que un día esas palabras serán ciertas.

La solitaria mano de Herbert luce una selección de sensores sensibles a la presión. El sistema de visión basado en el láser recoge información tridimensional a una distancia de unos tres metros y medio por delante del robot en movimiento, y otros treinta sensores infrarrojos ayudan a Herbert a no golpearse con los objetos cercanos: paredes, dispensadores de agua, personal. En su día, el robot avanzaba con dificultad entre escritorios, gente y equipos informáticos. Herbert es bastante diferente de los robots de que están dotadas nuestras fábricas y que construyen nuestros coches. Los robots industriales de hoy son rápidos, precisos e infatigables cuando ejecutan una secuencia preprogramada de operaciones exactas. Pero serían completamente incapaces de moverse por entornos abarrotados e impredecibles, como una cafetería o una oficina ajetreada; los titulares rezarían: «Robots estúpidos hieren a cientos de personas».

Los seres humanos están tan ejercitados en caminar por espacios llenos de gente en movimiento y por todo tipo de desbarajustes porque llevan cientos de miles de años de evolución a sus espaldas. Está generalmente aceptado que conseguir que un robot se comporte de manera fiable y segura en situaciones del mundo real abiertas y espontáneas es uno de los problemas más difíciles de la robótica. El humilde trabajo de Herbert era buscar latas de refresco en el atestado laboratorio y llevar los envases vacíos a la basura. «La verdad es que nunca fijamos los chips de manera segura», dice Brooks con una sonrisa paternal de inventor. Los técnicos siempre andaban retirando los chips del ordenador para hacer mejoras y, después de unos diez minutos de funcionamiento, el resolutivo comportamiento de Herbert terminaba de modo repentino, en cuanto la vibración sacudía un chip que estaba flojo. Pero un día, los sucesores de Herbert limpiarán nuestras casas y puede que incluso preparen comidas sencillas. Con un ojo en el futuro del mercado de los cuidados sanitarios, la compañía japonesa Honda ha invertido indecibles millones en desarrollar un robot de dos patas capaz de caminar llamado ASIMO. ASIMO apareció en la televisión británica en 2011, llevando una bandeja de bebidas al comediante Stephen Fry, aunque Fry no les explicó a sus maravillados espectadores que muchas de las acciones de ASIMO estaban preprogramadas al detalle por sus controladores humanos.

Los robots de Brooks están dando unos primeros pasos vacilantes hacia lo que Turing denominaba la «máquina infantil», es decir, una máquina dotada por sus creadores con los sistemas integrados que necesita para aprender del mismo modo en que lo haría un niño humano. «Es de suponer que el cerebro del niño se parece a un cuaderno de los que uno se compra en las papelerías —decía Turing—. Pocos mecanismos y muchas hojas en blanco»^[7]. «Nuestra esperanza —explicaba— es que

haya tan pocos mecanismos en el cerebro de un niño que se pueda programar algo semejante con facilidad». Turing tenía la expectativa de que, una vez que la máquina infantil hubiese sido «sometida a un curso apropiado de educación, se podría obtener el cerebro adulto» y que, finalmente, se alcanzaría un grado en el que la máquina sería como el alumno «que aprendió mucho de su maestro, pero mucho más por su propio trabajo». «Cuando esto suceda, creo que estaremos obligados a considerar que la máquina muestra inteligencia», dijo Turing^[8]. Brooks ha dedicado un largo trecho de su vida profesional a hacer realidad el concepto de la máquina infantil de Turing, siguiendo casi al pie de la letra el consejo de Turing de «proporcionar a la máquina los mejores órganos de los sentidos disponibles», y luego adiestrarla de una forma semejante a «la enseñanza normal que recibe un niño»^[9].

«Turing argumentaba que tenía que ser posible construir una máquina que pensase —explica Brooks—, puesto que era posible construir imitaciones de “cualquier pequeña parte de un hombre”»^[10]. Ya en 1948, Turing propuso utilizar «cámaras de televisión, micrófonos, altavoces, ruedas y “manejar servomecanismos” para construir un robot»^[11]. El robot necesitaría, según Turing, «vagar por el campo» para aprender cosas por sí mismo; Turing bromeaba con que, incluso así, «la criatura seguiría sin tener ningún contacto con la comida, el sexo, el deporte ni muchas otras cosas de interés para el ser humano»^[12]. Le preocupaba, en broma, que no se pudiera mandar a la máquina infantil a la escuela «sin que los demás niños se pitorrearan de ella en exceso»^[13]. Los colegas de Turing en el National Physical Laboratory se mofaban de sus ideas clarividentes. «Turing va a invadir el campo —reían— con un robot que vivirá de ramitas y chatarra»^[14].

El campo de la inteligencia artificial empezó a tomar velocidad al comienzo de la segunda mitad de la década de 1960, a medida que los ordenadores adquirieron la suficiente potencia como para ejecutar programas de una extensión razonable. En aquel tiempo, Joe Weizenbaum, un *hacker* del MIT, escribió uno de sus programas de inteligencia artificial más famosos: Eliza (al que se llamó así por Eliza Doolittle, de la obra de George Bernard Shaw *Pígalión*)^[15]. Eliza era un programa de psicoterapia, diseñado para mantener entrevistas terapéuticas con seres humanos (eran los años sesenta, al fin y al cabo). Un artículo en el *Journal of Nervous and Mental Disease* afirmaba que, una vez que el programa estuviera listo para su uso clínico, «proporcionaría una herramienta terapéutica que puede ponerse a disposición de hospitales mentales y centros psiquiátricos en los que haya escasez de terapeutas»^[16]. He aquí la transcripción de una conversación real entre Eliza y una adolescente^[17]. La adolescente es la que habla primero:

Todos los hombres son iguales.

EN QUÉ SENTIDO

Siempre nos están chinchando con una cosa u otra.

SE TE OCURRE ALGÚN EJEMPLO CONCRETO

Bueno, mi novio me hizo venir aquí.

TU NOVIO TE HIZO VENIR AQUÍ

Dice que me paso deprimida la mayor parte del tiempo.

SIENTO OÍR QUE ESTÁS DEPRIMIDA

Es verdad. No soy feliz.

CREES QUE VENIR AQUÍ TE AYUDARÁ A DEJAR DE NO SER FELIZ

Necesito ayuda; eso parece claro.

QUÉ SIGNIFICARÍA PARA TI CONSEGUIR AYUDA

Quizá podría aprender a llevarme bien con mi madre.

HÁBLAME MÁS SOBRE TU FAMILIA

Mi madre cuida de mí.

QUIÉN MÁS EN TU FAMILIA CUIDA DE TI

Mi padre.

TU PADRE

En algunas cosas, te pareces a mi padre.

QUÉ PARECIDO VES

No eres muy agresiva, pero creo que no quieres que me dé cuenta.

QUÉ TE HACE PENSAR QUE YO NO SOY MUY AGRESIVA

No discutes conmigo.

POR QUÉ CREES QUE NO DISCUTO CONTIGO

Me tienes miedo.

TE AGRADA PENSAR QUE TE TENGO MIEDO

Mi padre tiene miedo de todo el mundo.

QUÉ MÁS TE VIENE A LA MENTE CUANDO PIENSAS EN TU PADRE

Los abusones.

TIENE ESO ALGO QUE VER CON EL HECHO DE QUE TU NOVIO TE HICIERA VENIR AQUÍ

Algunas personas enseguida establecieron un lazo emocional con Eliza, como más tarde iba a ocurrir con Kismet. Wiezenbaum informó de que le resultaba difícil convencer a algunos de los interlocutores de Eliza de que esta no era una persona de carne y hueso. «No me di cuenta —dijo— de que una exposición extremadamente breve a un programa informático relativamente sencillo podía suscitar pensamientos de lo más engañoso en gente bastante normal»^[18]. Incluso la propia secretaria de Weizenbaum insitía en que los demás miembros del personal abandonaran la habitación para que Eliza y ella pudieran hablar a solas.

Eliza empleaba una serie de recetas sencillas para formar oraciones, de un modo bastante semejante al programa de Strachey que escribía cartas de amor. Las recetas tomaban como punto de partida lo que el ser humano escribía. Por ejemplo, si el ser humano dice: «¿Por qué me odias [tú]?», el programa selecciona una de estas recetas sencillas que el programador ha asociado con las preguntas que siguen el patrón «¿... me... [tú]?», como por ejemplo:

TE GUSTA PENSAR QUE YO TE..., ¿O NO?

Si rellenamos el hueco, obtenemos el siguiente resultado:

TE GUSTA PENSAR QUE YO TE ODO, ¿O NO?

El programa también contiene listas de oraciones enlatadas creadas por el programador. Eliza recita de un tirón la respuesta de una lista de afirmaciones prefabricadas como «No parece estar muy seguro», si la palabra «quizá» se avista en el mensaje que recibe. Cuando esto sucede, puede emplear su lista de último recurso, un montón de intervenciones que sirven para mantener el hilo como: «¿Qué te sugiere eso?». Alternativamente, el programa podía aplicar algún otro truco, como formar la respuesta a partir de una de las contribuciones previas del ser humano, que se habían almacenado aparte de forma automática, precisamente para poder utilizarlas en una situación como esta. Esto es lo que ocurrió al final del diálogo con la adolescente. Como no fue capaz de reconocer la respuesta de la adolescente: «Los abusos», Eliza tuvo suerte cuando, a ciegas, soltó una intervención generada por las palabras anteriores: «Mi novio me hizo venir aquí» (cambiando «me» por «te» y utilizando la receta: «TIENE ESO ALGO QUE VER CON EL HECHO DE QUE TU...»).

Si uno interactúa con Eliza, enseguida obtiene un primer atisbo de cuáles son los puntos débiles del programa. Se hace muy fácil diluir el espejismo de que el programa es inteligente. He aquí un intercambio francamente malicioso entre Eliza y yo. Ella habla primero:

¿QUÉ TAL ESTÁ USTED? POR FAVOR EXPONGA SU PROBLEMA

Me pregunto si los ordenadores pueden pensar.

POR QUÉ MENCIONA LOS ORDENADORES

Como usted lo es, pensé que podía preguntárselo: ¿qué piensa al respecto?

HA PENSADO USTED QUE ES POSIBLE QUE ELLOS NO SEAN UNO AL QUE USTED PENSÓ QUE LE PREGUNTARÍA YO SI PUEDO PENSAR

Hablemos de usted, no de mí. ¿Puede usted pensar?

LE GUSTA PENSAR YO NO USTED, O NO

¿Disculpe?

QUÉ LE SUGIERE ESO

¿Qué le sugiere eso a usted?

HÁBLEME SOBRE LO QUE ESO SUGIERE A YO

Eso no tiene sentido: ¿a cuál de los dos se refiere al decir «yo»?

QUÉ CREE USTED QUE QUIERO DECIR CUANDO DIGO «TÚ»

La pregunta aludía a cuál de nosotros dos se refiere la palabra.

SUPONGA QUE LA PREGUNTA ALUDÍA A CUÁL DE NOSOTROS DOS NO SE REFIERE LA PALABRA

Creo que es usted un programa extremadamente tonto.

QUIZÁ A USTED LE GUSTARÍA SER UN PROGRAMA EXTREMADAMENTE TONTO

Otro de los primeros programas de inteligencia artificial muy famoso fue el GPS, por las siglas en inglés de *General Problem Solver* [solucionador general de problemas]. El proyecto GPS estuvo vigente durante más de una década, con el objetivo de programar ordenadores para que buscaran de forma inteligente sus propias soluciones a los problemas. Herbert Simon y sus coinvestigadores, Allen Newell y Cliff Shaw, dirigían el proyecto. Las versiones posteriores del programa GPS podían resolver una impresionante selección de acertijos, incluido el conocido problema de los misioneros y los caníbales^[19]. El enunciado es este: tres misioneros están de viaje por un paraje inhóspito con sus tres porteadores nativos. Los porteadores son caníbales, paganos desalmados, pero su pueblo tiene la costumbre de no atacar nunca a no ser que las víctimas estén en inferioridad numérica. No se sabe a ciencia cierta si esto se debe a simple cobardía o tiene que ver con algún extraño tabú. Cada misionero es angustiosamente consciente de lo que podría ocurrir si la comitiva, por accidente, se dividiera. Hacia el final de la segunda semana de viaje, el grupo alcanza la ribera de un río ancho y profundo. Los cocodrilos abundan, pero de algún modo la comitiva tiene que cruzar. Uno de los porteadores se topa con que, volcada en el barro, hay una estrecha canoa en la que caben dos hombres. Una mueca terrible cruza su cara mientras saborea la implicación de su hallazgo. Pero, afortunadamente, uno de los misioneros había dado clases de informática con el profesor Newell y recuerda que ha visto a GPS resolver el mismo problema al que ellos se enfrentan. Al cabo de menos de una hora los seis están sanos y salvos al otro lado del río. ¿Cómo lo han conseguido? Recuerda: Como mucho, caben dos personas en la canoa y si los caníbales, en algún caso, llegan a superar a los misioneros en número, estén en el lado del río en el que estén, se desata la carnicería.

GPS resuelve el problema probando transiciones de orilla a orilla una tras otra, hasta que surge una secuencia de movimientos que lleva a los seis personajes a la ribera opuesta sin que los caníbales hayan superado en número a los misioneros. La elección aleatoria que el programa hace del primer movimiento puede ser llevar a dos

misioneros a la margen derecha. La tragedia se desarrolla inmediatamente en la margen izquierda. GPS, el mayor estratega por ensayo y error que haya existido jamás, vuelve a probar, imperturbable. Un misionero y un caníbal de izquierda a derecha. Como nadie muere a nadie, GPS se atiene a este primer movimiento y sopesa el segundo. Intenta mover la canoa con cero misioneros y un caníbal de la margen derecha a la izquierda. ¡Epa! Tachemos esa. Y así sucesivamente. Con lentitud, GPS va trampeando el camino hasta dar con la solución. Pero, es posible que, si has resuelto el problema, te hayas puesto a ello de la misma manera.

A comienzos de la década de 1970, se estaban consiguiendo algunos resultados bastante destacados. Terry Winograd, otro *hacker* del MIT, programó un robot virtual llamado Shrdlu, nombre que venía de la revista *MAD*. A diferencia de Cog y Kismet, Shrdlu habitaba un mundo puramente virtual, un entorno simulado que consistía en una superficie plana, semejante a una mesa, en la que había esparcidos bloques de juguete de diferentes colores, tamaños y formas. El mundo virtual y el brazo virtual del robot aparecían en la pantalla del ordenador. La comunicación entre los seres humanos y el robot se hacía a través del teclado; las respuestas del robot aparecían en la parte inferior de la pantalla. Shrdlu podía entablar conversación sobre su sencillo mundo y era capaz de elaborar y ejecutar planes de acción. Incluso podía responder preguntas sobre sus propias motivaciones. En la siguiente transcripción, las contribuciones de Shrdlu se muestran en versalitas^[20]:

Toma un bloque rojo grande.

DE ACUERDO.

En la pantalla, el brazo del robot entra en acción. A la vista hay dos bloques rojos, uno pequeño y uno grande. El grande tiene un cubo verde colocado encima. El robot primero pasa el cubo verde a la superficie de la mesa y luego se hace con el bloque rojo.

Busca un bloque que sea más alto que el que estás sujetando ahora y ponlo dentro de la caja.

CON «LO» ENTIENDO QUE TE REFIERES AL BLOQUE QUE ES MÁS ALTO QUE EL QUE ESTOY SUJETANDO.

Shrdlu deja el bloque rojo, coge un bloque azul más alto y lo coloca en la caja.

¿Qué contiene la caja?

LA PIRÁMIDE AZUL Y EL BLOQUE AZUL.

¿Puede una pirámide estar apoyada sobre un ladrillo?

sí.

¿Puede una pirámide servir de apoyo a otra pirámide?

NO LO SÉ.

Apila dos pirámides.

El robot lo intenta y fracasa.

NO PUEDO.

La pirámide azul es mía.

ENTIENDO.

Yo tengo bloques que no son rojos, pero no poseo nada que sirva de apoyo a una pirámide.

ENTIENDO.

¿Poseo la caja?

NO.

Dice esto porque hay una pirámide puesta encima de la caja.

¿Poseo algo de lo que está en la caja?

SÍ, DOS COSAS: EL LADRILLO AZUL Y LA PIRÁMIDE AZUL.

¿Sirve de apoyo a alguna cosa verde la cosa más pequeña que soporta el soporte de la pirámide más alta?

A Shrdlu le llevó menos de veinte segundos atribuirle sentido a esto; yo necesité bastante más.

SÍ, LA PIRÁMIDE VERDE.

¿Una torre...?

LO SIENTO, NO CONOZCO LA PALABRA «TORRE».

Shrdlu interrumpe en cuanto encuentra una palabra que no conoce.

Una «torre» es una pila formada por dos cubos verdes y una pirámide.

ENTIENDO.

¿Hay alguna torre ahora?

NO.

¿Podrías, por favor, apilar los dos bloques rojos y, o bien un cubo verde, o bien una pirámide?

DE ACUERDO.

¿Habías tocado alguna pirámide antes de poner una sobre el bloque verde?

SÍ, LA VERDE.

¿Cuándo la habías cogido?

MIENTRAS ESTABA APILANDO UN CUBO ROJO, UN CUBO VERDE GRANDE Y UN BLOQUE ROJO GRANDE.

¿Por qué?

PARA DESHACERME DE ELLA.

¿Por qué has hecho eso?

PARA DEJAR LIBRE EL CUBO ROJO.

¿Por qué has dejado libre ese cubo?

PARA PONERLO SOBRE UN CUBO VERDE GRANDE.

¿Por qué has hecho eso?

PARA APILAR UN CUBO ROJO, UN CUBO VERDE GRANDE Y UN BLOQUE ROJO GRANDE.

¿Por qué has hecho eso?

PORQUE USTED ME LO PIDIÓ.

El espejismo de que el ordenador puede comprender se diluye con menos facilidad que en el caso de Eliza, pero se puede diluir de todos modos.

Construye una torre.

LO SIENTO, NO CONOZCO LA PALABRA «TORRE».

Una «torre» es una pila que contiene dos cubos verdes y una pirámide.

ENTIENDO.

Canjea la torre por tres cubos rojos.

LO SIENTO, NO CONOZCO LA PALABRA «CANJEA».

«Canjear» significa intercambiar libremente una propiedad.

LO SIENTO, NO CONOZCO LA PALABRA «LIBREMENTE».

Lo siento, pensaba que era más listo de lo que eres.

LO SIENTO, NO CONOZCO LAS PALABRAS «LO SIENTO»^[21].

La breve historia de la inteligencia artificial está salpicada de profecías demasiado optimistas. En 1965, Herbert Simon declaró: «Dentro de veinte años, las máquinas serán capaces de hacer cualquier trabajo que un ser humano pueda llevar a cabo»^[22]. El fundamento para hacer esta predicción tremendamente inexacta consistía en poco más que su experiencia con GPS. En 1967, el gurú de la inteligencia artificial Marvin Minsky predijo: «Dentro de una generación habrá quedado solventado en esencia el problema de crear inteligencia artificial»; y en 1991, Doug Lenat, un investigador destacado en inteligencia artificial, aseguró que esta produciría «un sistema con la extensión y la profundidad de la inteligencia humana», más o menos en 2001^[23]. Todavía estamos esperando. No obstante, en ocasiones, el fracaso de muchas de las grandiosas predicciones de la inteligencia artificial tiende a oscurecer el hecho de que las ideas revolucionarias de Turing todavía están dando sus frutos. El ciberespacio

está lleno de tecnología que en primer lugar se creó en laboratorios de inteligencia artificial: se ejecuta silenciosamente en el fondo de los motores de búsqueda en web, en el *software* del sector financiero, en las aplicaciones médicas y cosas por el estilo. Programas como el Watson de IBM (Thomas J. Watson fue el primer presidente de esa compañía) señalan el camino hacia una nueva generación de máquinas de búsqueda basadas en texto que pueden responder al habla cotidiana. Watson aprende a mejorar su funcionamiento y en 2011 ganó a dos seres humanos que tenían récords en el concurso de televisión estadounidense *Jeopardy!*

El Shrdlu de Winograd no era, ciertamente, la máquina infantil. Su capacidad de aprender a partir de sus interacciones con su mundo simulado era casi inexistente. Lo mismo se puede decir de casi todos los programas de inteligencia artificial de aquella era primigenia (incluidos GPS y, por supuesto, Eliza). En aquel entonces, los investigadores creían que el aprendizaje debería ocupar un lugar secundario, puesto que —pensaban— era necesario que un programa contuviese una gran cantidad de información sobre el mundo antes de que pudiera aprender de forma útil nada por sí mismo. Así que el hincapié en aquel entonces se hacía en desarrollar programas que accedieran a grandes cantidades de información empaquetada de antemano. Toda la inteligencia que estos programas pudieran exhibir era estrictamente de segunda mano, un reflejo de la inteligencia del programador. Fuera lo que fuera lo que «supieran» los programas, solo lo sabían porque sus programadores, de inteligencia superior, habían seleccionado concienzudamente la información apropiada y la habían empaquetado de forma inteligente en bloques que se podían utilizar a voluntad.

Fue Donald Michie quien reintrodujo el concepto de la máquina infantil de Turing en la inteligencia artificial moderna. Michie saltó a la escena de la inteligencia artificial a comienzos de la década de 1960 y fue un potente defensor de las ideas de Turing sobre aprendizaje. El gusanillo de la inteligencia artificial le picó por primera vez en Bletchley Park, gracias a Turing. Después de una semana de densa decodificación, los dos se encontraban, los viernes por la noche, en un *pub* del pueblo y discutían cómo reproducir los procesos de razonamiento humano en una máquina universal de Turing. Años más tarde, sentado en su casa cerca de Palm Springs, en California, Michie puso estas sesiones de los viernes por la noche en contexto. «Lo que hace un criptoanalista viene a ser un conjunto de operaciones intelectuales y procesos de razonamiento —decía—, así que nosotros estábamos estrechamente familiarizados con la idea de automatizar los procesos de razonamiento: los dos estábamos metidos hasta las cejas en la automatización de un tipo u otro»^[24]. Se refería a las bombas y los Colosos, por supuesto. Los dos consideraban que era totalmente natural pasar las noches de los viernes hablando sobre automatizar los procesos de razonamiento de un jugador de ajedrez humano: a partir de ahí, Turing pasó a la idea de automatizar todos los procesos de aprendizaje. Cuando Turing presentó el concepto de máquina infantil, Michie se quedó fascinado: «A finales de la guerra, yo quería dedicar mi vida a ese campo —dijo—, pero

también sabía que iba a tener que encontrar algo más que hacer mientras esperaba el momento mágico en el que hubiera máquinas con las que se pudieran llevar a cabo los experimentos adecuados». Sabía que mediaba un gran paso entre el Coloso y un ordenador de programa almacenado tan potente como para ejecutar el tipo de algoritmos de aprendizaje que Turing y él estaban concibiendo. Michie decidió embarcarse en una carrera como genetista mientras esperaba. Quince años más tarde, al comienzo de los sesenta, quedó claro que había llegado ese «momento mágico».

En aquel entonces, Michie era biólogo molecular y trabajaba en el departamento de ciencia quirúrgica de la universidad de Edimburgo. El súbito anuncio de su nuevo programa de investigación sobre la inteligencia de las máquinas cosechó una sonora negativa por parte del jefe del departamento. Entonces, Michie, a quien, como él mismo reconocía, le gustaba batallar, se tomó el asunto por su cuenta. Él y algunos más ocuparon una dependencia destartalada de la universidad en la Hope Park Square de Edimburgo y Michie declaró que aquello era la Experimental Programming Unit. Su universidad tenía otras ideas: no quería que uno de sus genetistas punteros abandonara el barco. Como muchos otros *okupas* de los años sesenta, Michie y sus «ilegales de Hope Park» se encontraron con que les habían cortado el agua y la electricidad^[25]. Conocido para algunos como «Miquieavelo», Michie consiguió de algún modo hablar con el viceministro al cargo, y enseguida la Experimental Programming Unit no solo fue oficial, sino que consiguió una financiación fantástica. Desde su nueva fortificación en Edimburgo, Michie partió a conquistar nuevo territorio. Sembró departamentos de inteligencia de máquinas por diversas universidades de Reino Unido y exportó el concepto de la máquina infantil de Turing a laboratorios de inteligencia artificial de Norteamérica y de todo el mundo.

Michie reunió algunos de los mejores cerebros de Gran Bretaña en torno a sí, y su grupo de Edimburgo construyó un máquina robótica infantil llamada FREDERICK —«Friendly Robot for Education, Discussion and Entertainment, the Retrieval of Information and the Collation of Knowledge» [Robot amigable para la educación, la discusión y el entretenimiento, la recuperación de información y la recopilación de conocimiento], o Freddy. Igual que el robot imaginario descrito por Turing en 1948, Freddy tenía una cámara de televisión en vez de ojo y un servomecanismo de manejo que guiaba una extremidad con forma de pinza. Michie y sus colegas enseñaron a Freddy a reconocer numerosos objetos comunes —un martillo, una taza y una pelota, por ejemplo— y a montar objetos sencillos, como coches de juguete, a partir de un montón de partes. En aquellos tempranos tiempos de la informática, Freddy necesitaba algunos minutos del tiempo de su CPU para reconocer una taza de té. Turing había predicho, tomando como base una estimación del número total de neuronas de un cerebro humano, que hasta que los ordenadores no poseyeran una capacidad de memoria de en torno a un gigabyte, no sería viable que la inteligencia artificial adquiriese una velocidad humana; esto no sucedió hasta unos quince años después de que Freddy fuese apagado por última vez, cuando el superordenador

Cray-2 tuvo un gigabyte de RAM^[26]. Por desgracia, la afición de Michie a involucrarse en disputas acabó por ocasionar que miembros destacados de su grupo se fueran. El problema de Michie, bromeaba uno retorcidamente, era que no tenía córtex prefrontal (el área del cerebro que está justo tras la frente, cuya ausencia se vincula con el comportamiento antisocial). Al final, el gobierno británico, con muy poca visión, puso fin a la financiación de Freddy, solo unos pocos años antes de que el joven Brooks comenzase su investigación sobre robótica en Estados Unidos.

A menudo se dice que el campo de la inteligencia artificial hizo su debut en 1956, en una conferencia de verano que tuvo lugar en el Dartmouth College, en el arbolado estado de New Hampshire: la Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. Aunque fue en 1956 cuando el término «inteligencia artificial» vio por primera vez la luz del día, el campo en sí mismo había hecho su debut más de diez años antes, bajo el estandarte de Turing: «inteligencia de máquinas». En Dartmouth, la estrella del espectáculo era un programa escrito por Simon, Newell y Shaw que era capaz de razonar^[27]. El «Teórico Lógico» probaba teoremas de la gran obra revolucionaria de Bertrand Russell, *Principia mathematica*^[28]. Los *Principia* están escritos en notación matemática, pero si los símbolos se traducen al lenguaje común, sus teoremas están en la tónica de: «Si o el mayordomo o la doncella cometieron el asesinato, entonces, si no fue la doncella, fue el mayordomo» (aunque, naturalmente, con una complejidad muy superior). Una de las pruebas del Teórico Lógico era mucho más elegante que la de Russell. Los creadores del programa pusieron por escrito la prueba con gran entusiasmo y consignaron al Teórico Lógico como autor. Este fue el primer documento de la historia en cuya autoría tomaba parte un ordenador. Se lo enviaron al prestigioso *Journal of Symbolic Logic*, de Alonzo Church, pero, por desgracia, los editores lo rechazaron^[29].

Muchos libros de texto sobre inteligencia artificial describen el Teórico Lógico como el primer programa de inteligencia artificial, pero incluso en Estados Unidos, este estuvo precedido por la modernización que hizo Arthur Samuel del programa de damas de Strachey (que Samuel exhibió en televisión)^[30]. Sin embargo, si hay un sitio que pueda reivindicarse como el lugar de nacimiento de la inteligencia artificial es, de hecho, Bletchley Park. Allí, Turing incluso hizo circular entre sus colegas un texto mecanografiado sobre inteligencia de máquinas^[31]. Este documento, ahora perdido, fue sin duda el primero en el ámbito de la inteligencia artificial. Turing, Strachey y Anthony Oettinger —otro programador de la primera generación fuertemente influido por Turing—, de la universidad de Cambridge, escribieron los primeros programas de inteligencia artificial^[32]. El propio Turing escribió el primero en 1948, junto con el estadístico David Champernowne. Fue fruto de las conversaciones de la época bélica entre Turing y Michie: un programa para jugar al ajedrez llamado «Turochamp»^[33]. Turing y Champernowne empleaban papel y lápiz para simular a mano las jugadas de la máquina, y Turochamp enseguida demostró su

capacidad de batir a jugadores humanos derrotando a la esposa de Champernowne. Turing se tomaba el ajedrez muy en serio. Cubría las paredes de su habitación con imágenes de posiciones del tablero de ajedrez para mejorar su capacidad de visualización^[34]. Visualizar se le daba muy bien: mientras estaba fuera, de paseo con un oponente adecuado, jugaba sencillamente citando sus movimientos. No hay constancia de que ni Turochamp ni ninguno de los programas de ajedrez que Turing escribió posteriormente derrotaran jamás al propio Turing, pero él comparaba la reivindicación de que ningún programa podía derrotar a su propio programador con la de que «ningún animal puede tragarse a un animal que pese más que él mismo»^[35]. «Ambas —decía— son, por lo que yo sé, falsas». Turing planeaba ejecutar Turochamp en el ordenador de Manchester, pero, lamentablemente, Tom Kilburn se puso firme^[36]. No iba a dejar que su precioso ordenador se utilizase para semejantes tonterías.

En febrero de 1947, en Londres, Turing dictó la que, por lo que se sabe, fue la primera conferencia pública en la que se mencionaba la inteligencia informática^[37]. El lugar era un anfiteatro muy decorado y más bien grandioso en las dependencias de la Royal Astronomical Society en Burlington House, una mansión palladiana inmensa ubicada en Piccadilly^[38]. Turing ofreció a su audiencia un atisbo impresionante del nuevo campo, al predecir el advenimiento de máquinas que actúan de forma inteligente, aprenden y derrotan habitualmente a sus oponentes humanos en partidas de ajedrez. «Lo que queremos es una máquina que pueda aprender de la experiencia», declaró^[39]. Dijo esto casi dos años antes de que el Bebé de Manchester ejecutase su primer programa de ordenador; estas predicciones visionarias tuvieron que haber desconcertado a muchos de los que conformaban la audiencia. En su conferencia, Turing incluso anticipó algunos aspectos de internet, al decir: «No es en absoluto imposible hacer arreglos para controlar un ordenador remoto mediante una línea telefónica»^[40]. Al año siguiente, Turing redactó un informe que tituló sencillamente «Intelligent Machinery»^[41]. Como era un informe de la investigación que había llevado a cabo en Cambridge, durante su año sabático fuera del NPL, Turing estaba obligado a enviarle una copia a Darwin, y este se puso en plan director con él. En una ocasión se había quejado sobre la «emborrionada» apariencia del trabajo de Turing^[42], que además ya estaba en su lista negra por haber abandonado de plano el NPL al final de su periodo sabático. Seguramente, Darwin detestó «Intelligent Machinery», porque dijo desabridamente que era la «redacción de un escolar»^[43] y que no era «publicable»^[44]. En realidad, este trabajo clarividente fue el primer manifiesto de la inteligencia artificial y, si Darwin hubiera tenido un poco de sentido común, se habría apresurado a mandarlo imprimir con el logotipo del NPL. Por desgracia, después de esta gélida recepción por parte del director, Turing nunca lo publicó.

«Intelligent Machinery» es una visión general de gran alcance y tremendamente original sobre las perspectivas de la inteligencia artificial. En él, Turing introdujo con

brillantez unos cuantos conceptos que más adelante resultarían cruciales para la inteligencia artificial (en algunos casos, después de que otras personas los reinventasen). Entre estos figuraban el concepto del algoritmo genético o GA. Actualmente, los GA se usan mucho, con aplicaciones tan diversas como el criptoanálisis, el diseño de *hardware*, el diseño de fármacos y las predicciones financieras. Están basados en los principios de la evolución darwiniana —mutación aleatoria y supervivencia del más apto—, y algunos investigadores incluso emplean el GA como medio para estudiar el propio proceso de evolución. La denominación de Turing —no muy sugerente— para su invento era «búsqueda genética o evolutiva»^[45]. De forma independiente, Arthur Samuel reintrodujo la idea unos pocos años más tarde, en su versión del programa de damas de Strachey^[46]. Instaló dos copias del programa, Alfa y Beta, en el mismo ordenador y dejó que jugaran la una contra la otra partida tras partida. El ordenador hacía pequeños cambios aleatorios al generador de movimientos de Alfa y dejaba Beta sin modificar; entonces, transcurrido un cierto número de juegos, comparaba el comportamiento de Alfa y Beta. Si Alfa jugaba peor que Beta, los cambios se descartaban, pero si Alfa jugaba mejor que Beta, entonces Beta se borraba y era reemplazada por una copia de Alfa. Igual que en la selva, la copia más apta sobrevivía. Tras muchas generaciones, el programa jugaba cada vez con más destreza. El propio Turing sugirió que se emplease la misma idea para la programación de ajedrez y describió el enfoque en su clásico trabajo sobre ajedrez publicado en 1953^[47]. De hecho, fue en 1955, antes de que Samuel incorporara la idea de enfrentar a Alfa contra Beta. Si, como parece probable, Turing puso la idea en práctica en Manchester, entonces fue él casi con toda seguridad el primero en ejecutar un GA en un ordenador.

El enfoque de Turing sobre la programación de ajedrez también involucraba lo que los modernos investigadores de inteligencia artificial denominan heurística, o, en lenguaje de andar por casa, reglas generales. Turing anunció en «Proposed Electronic Calculator» que era probable que los ordenadores estuvieran «hechos para jugar muy bien al ajedrez» y explicaba —con cierto misterio— que se puede programar el ordenador para que muestre «inteligencia a riesgo de que cometa ocasionalmente errores graves»^[48]. Un programa de ajedrez podía en principio seleccionar sus movimientos previendo las consecuencias —durante todo el juego y hasta el final— de cada movimiento disponible. Si se programaba de esta manera, el ordenador siempre elegiría el mejor movimiento. Pero en la práctica, este modo de manejar el asunto era inútil. Tras la guerra, Max Newman señaló en una tertulia radiofónica que ese método de fuerza bruta solo funcionaría «si no importaba que llevase miles de millones de años»^[49]. Esto es así debido a que el número de movimientos que el ordenador tiene que examinar es astronómico. En sus discusiones con Michie, sin embargo, a Turing se le había ocurrido una idea para jugar al ajedrez de forma más práctica, empleando la heurística, el tanteo. En vez de examinar cada movimiento de

manera exhaustiva, la máquina emplearía reglas generales proporcionadas por el programador para seleccionar sus movimientos. Las reglas generales son como atajos, pero el precio de la velocidad es que los atajos no siempre funcionan. Por ejemplo, una regla general del programa de damas de Strachey es: «La dama doble vale tres veces lo que una pieza ordinaria». Muy a menudo esto es un buen consejo, pero hay ocasiones en las que el mejor movimiento implica desviar una pieza ordinaria del camino peligroso y sacrificar una dama doble. Con reglas generales lo bastante buenas, la máquina es capaz de ganar partidas, pero el inconveniente es que, cuando un atajo conduce en una dirección errónea, la máquina puede cometer un error grave.

La bomba de Turing también empleaba el tanteo y a eso se debe que cometiera errores y que a veces generara configuraciones de Enigma que no conseguían descifrar el mensaje^[50]. Aunque una máquina que emplee la heurística es propensa al error, generará las respuestas correctas lo bastante a menudo como para que sea útil (si la heurística es buena). Al diseñar la bomba, la idea brillante de Turing fue que se podía emplear la heurística para acelerar búsquedas que de otra manera serían inconcebiblemente lentas. En vez de comprobar de forma exhaustiva todas las configuraciones posibles de la máquina Enigma —de nuevo, una cantidad astronómica—, la bomba llevaba a cabo una búsqueda rápida guiada por el tanteo. Así que no es ninguna sorpresa encontrar a Turing aplicando el mismo enfoque a la mecanización del ajedrez. De hecho, no parece exagerado afirmar que la bomba fue el primer paso en el camino de la inteligencia artificial moderna.

La bomba fue un ejemplo espectacularmente exitoso de la mecanización de los procesos de razonamiento. La extraordinaria máquina de Turing ejecutaba una tarea que, si la hacen los seres humanos, requiere de su inteligencia. En «Intelligent Machinery», él mencionaba el vínculo que había encontrado entre la inteligencia y la búsqueda basada en el uso de máquinas, aunque, por supuesto, no podía decir nada sobre lo que había averiguado. Conjeturaba con audacia que, de hecho, toda «actividad intelectual consiste principalmente en búsquedas de diversos tipos»^[51]. A falta de sus antecedentes con la bomba, pocos de sus lectores del momento podrían haberle seguido. Pero aproximadamente una década más tarde, Simon y Newell redescubrieron la misma idea y anunciaron lo que ellos llamaban su «hipótesis de búsqueda heurística», a saber, que un ordenador o un cerebro «ejercita su inteligencia en la resolución de problemas mediante búsquedas»^[52]. Llegados a este punto, pudieron aportar pruebas para su hipótesis: la existencia de programas de inteligencia artificial de cierto éxito —como el Teórico Lógico y el GPS— que, de hecho, emplean la búsqueda heurística. Ahora que estas dos figuras influyentes defendían la hipótesis de la búsqueda heurística, esta se convirtió rápidamente en uno de los principios fundamentales de la inteligencia artificial.

En 1997, Michie y Good se reunieron en Nueva York. Ya eran viejos, pero sus mentes seguían afiladas como navajas; habían ido a la ciudad para ver al ordenador

ajedrecista de IBM, Deep Blue, jugar contra el vigente campeón del mundo, Garry Kasparov. Good era un apasionado del ajedrez y en ocasiones se había unido a Michie y Turing en aquellas discusiones durante la guerra sobre lo que ahora llamaríamos programación de ajedrez^[53]. El lugar para la mayor partida que el mundo haya visto jamás fue un rascacielos del centro de Manhattan, en la Séptima Avenida^[54]. Kasparov jugó contra el ordenador en un estudio de televisión de la planta trigésima novena. Más de ciento cincuenta metros por debajo de la partida, Michie y Good se sumaban a los cientos de espectadores que abarrotaban el auditorio del sótano, y juntos vieron cómo triunfaba Deep Blue. Por primera vez en la historia, el intelecto humano parecía en inferioridad de condiciones. Noam Chomsky, lingüista del MIT, ofreció una perspectiva contrapuesta reconfortante: que un ordenador venza a un gran maestro de ajedrez no tiene más interés, dijo despectivamente, que el triunfo de un buldócer en una competición de halterofilia^[55]. Sin embargo, la posible amenaza que la inteligencia artificial supone para la supremacía humana ha sido desde hace tiempo un tema de especulación. «Puede que nos conserven como mascotas», predijo un ciudadano del laboratorio de inteligencia artificial del MIT^[56]. Turing creía que una vez que las máquinas comenzasen a pensar, «no les llevaría mucho superar nuestras frágiles facultades»^[57]. En su tertulia radiofónica de 1951, «Can Digital Computers Think?» [¿Pueden pensar los ordenadores digitales?], declaró: «Incluso aunque pudiéramos mantener las máquinas en una posición subordinada mediante, por ejemplo, la desconexión de la corriente en momentos estratégicos, como especie deberíamos sentirnos tremendamente humillados»^[58]. «No hay duda de que las máquinas no morirán y podrían conversar unas con otras para agudizar su ingenio —dijo—. Por lo tanto, deberíamos contar con que, en algún momento, las máquinas acabarían tomando el control»^[59].

En 1965, Good predijo que existirían máquinas «ultrainteligentes» que, a su vez, serían capaces de diseñar máquinas más potentes todavía^[60]. Esto conduciría, decía Good, a lo que él denominaba una «explosión de inteligencia» que «dejaría bien atrás» la inteligencia humana. «La primera máquina inteligente es el último invento que el hombre hará jamás —decía Good—, puesto que conducirá, sin ninguna intervención humana adicional, a la máquina ultrainteligente y a la explosión de inteligencia»^[61]. El especialista en inteligencia artificial Ray Kurzweil predice que la explosión de inteligencia ocurrirá en «2045, año arriba, año abajo»^[62]. Kurzweil también predice «la fusión de la inteligencia biológica y la no biológica» y «seres humanos inmortales basados en *software*»; todo ello dentro de unas pocas décadas^[63]. No hay ninguna razón, con todo, para pensar que las predicciones de Kurzweil sean más fiables que el infausto vaticinio de Samuel de 1965. Pero ¿quién sabe, en realidad, lo que nos reserva el futuro?

Fue en diciembre de 1951, el año de su tertulia radiofónica, cuando Turing conoció a Arnold Murray, el Ronald Miller de su breve historia. «Ronald» es un

anagrama de «Arnold». Turing recogió a Murray en la Oxford Street de Manchester y los dos comieron juntos^[64]. Su primera vez fue unos pocos días después en casa de Turing. Luego, este le dio un cortaplumas a Murray como regalo. Probablemente, Murray, que no tenía empleo, habría preferido dinero en metálico en vez del cortaplumas. La siguiente vez en que tuvieron relaciones, un día o dos después de que Turing grabara otro programa de radio sobre máquinas pensantes para la BBC^[65], Murray le robó ocho libras del bolsillo y abandonó Hollymeade por la mañana. No mucho después de esto, la casa fue atracada. Incluso aunque el dedo de la sospecha apuntaba a Murray y a sus sórdidos amigos, Turing pasó la noche con él una vez más y, por la mañana, se fue con Murray a la comisaría local de policía. Turing entró, pero Murray no. Mientras informaba del asalto, le dio a la policía una descripción errónea y esto, tal y como escribió morbosamente el reportero del periódico que cubría el juicio que siguió, «demostró ser su perdición». Durante el interrogatorio, Turing admitió haber practicado sexo con Murray tres veces. El atraco salió de escena, eclipsado por esta nueva información sensacional. Como la policía sabía de sobra, cada una de las tres ocasiones contaba como dos delitos diferentes según la antigua legislación de 1885, que entonces aún estaba en vigor: la comisión de un acto de ultraje a la moral pública con otra persona de sexo masculino y el crimen recíproco de ser parte de la comisión de un acto de ultraje contra la moral pública. Seis delitos criminales. Después de que Turing hiciera su declaración, le dijo al oficial de policía: «¿Qué es lo que va a ocurrir con todo esto? ¿No se estaba reuniendo una comisión real para legalizarlo?». Pero en el Reino Unido la homosexualidad no dejó de ser delito hasta 1967.

Tres semanas más tarde, a finales de febrero de 1952, Murray y Turing comparecieron en el juzgado. Se leyeron los cargos y ambos hombres fueron enviados a juicio. El juzgado fijó la fianza de Turing en cincuenta libras esterlinas, pero rehusó dejar libre a Murray. Tras una angustiada espera de más de cuatro semanas, el juicio se celebró en Knutsford, una tranquila ciudad del condado de Chester, a finales de marzo. La lectura de cargos de Turing comenzaba con solemnidad: «El Rey contra Alan Mathison Turing», pero Jorge VI había muerto recientemente, y habían escrito la palabra «Reina» sobre la palabra «Rey», mal tachada. Turing se declaró culpable de los seis cargos, igual que Murray. Con cara desafiante, Turing bromeó: «Mientras estaba arrestado con otros criminales, tuve una sensación de irresponsabilidad muy agradable»^[66]. «También me agradó mucho ver a mi cómplice de nuevo —admitió—, aunque ya no confío en él ni un ápice». Newman fue llamado como testigo de carácter. «Está completamente absorto en su trabajo y es una de las mentes matemáticas más profundas y originales de su generación», dijo Newman. Tuvo que haber sentido bien escuchar esas palabras, incluso en un día tan aciago.

El abogado de Murray intentó trasladar la culpa a Turing diciendo que era este el que se había insinuado a Murray. Si Murray «no hubiera conocido a Turing, no se

habría dejado enredar en tal práctica ni habría robado ocho libras», argumentó estúpidamente. Pero la táctica del abogado funcionó. A pesar de una condena previa por latrocinio, Murray se libró con doce meses de buen comportamiento. El propio abogado de Turing esperaba hacer que el jurado desestimase la sentencia de prisión y aludió a la posibilidad de organoterapia: «Hay un tratamiento que podría dispensársele. Les pido que piensen que el interés público no quedaría bien servido si este hombre se ve alejado del importante trabajo que está haciendo». El juez sentenció a Turing a doce meses de libertad provisional y le ordenó que «se sometiera al tratamiento con un profesional médico debidamente cualificado de la enfermería real de Manchester». Turing escribió: «No hay duda de que saldré de todo esto como una persona muy distinta; eso sí, todavía no he descubierto quién»^[67]. No era exactamente el elogio que merecía de la nación a la que él había salvado. Pero en la represiva Gran Bretaña de la década de 1950, las cosas podrían haber sido peores. La prisión le habría costado probablemente su trabajo, y con él el acceso a un ordenador. Ya su arresto le había costado algo más que le importaba: le dijo a un amigo que ya nunca podría volver a trabajar para el GCHQ^[68]. Sin querer, el patriota perfecto se había convertido en un riesgo para la seguridad.

El «tratamiento» consistía en inundar su cuerpo con hormonas femeninas durante un año^[69]. «Se supone que, mientras está en curso, reduce el deseo sexual, pero también que te vuelves normal cuando se termina —dijo, y añadió—: Espero que estén en lo cierto»^[70]. Turing parece haberlo soportado todo con bastante ánimo. Incluso contempló el tratamiento hormonal «como un cachondeo», recordaba uno de sus amigos^[71]. Hasta entonces había llevado una vida resignada, y su resignación no iba a abandonarlo ahora. Todo el asunto era un episodio por el que había que pasar. Adoptó una actitud irónica y pragmática ante sus doce meses de libertad provisional. «Al estar en libertad provisional, mi virtud fue increíble; y tenía que serlo —dijo—. Con que yo, simplemente, aparcase la bicicleta en el lado incorrecto de la carretera me podían caer doce años»^[72].

Un episodio difícil estalló hacia el final de su libertad provisional, con la llegada de una tarjeta postal que anunciaba la visita de una pareja suya, de Noruega, Kjell Carlsen^[73]. Turing decía que su relación con Kjell era de una «virtud y castidad intachables»^[74]. «Un beso muy leve al pie de una bandera extranjera, bajo el influjo del alcohol, fue todo lo que ocurrió», explicó. Pero la última cosa que necesitaba es que Kjell apareciera en Wilmslow durante su libertad provisional. La postal suscitó una respuesta sorprendente por parte de las autoridades, que debían de haber estado vigilando el correo de Turing. Kjell nunca llegó hasta Turing. «Llegados a un punto, la policía de todo el norte de Inglaterra estaba fuera buscándolo, especialmente en Wilmslow, Manchester, Newcastle, etc.», le dijo Turing a Robin Gandy^[75]. Kjell se encontró de repente de regreso a Bergen. Es cierto que el estado vigilaba a Alan Turing muy estrechamente. Este conocía los mejores secretos del criptoanálisis

británico, y su arresto había llegado justo en el momento erróneo. Guy Burgess y Donald Maclean habían desertado a Moscú a mediados de 1951, con lo que generaron un escándalo que en el inconsciente colectivo asociaba traición, intelectuales de Cambridge y homosexualidad. El MI5 (el servicio de seguridad) y el SIS (la agencia de inteligencia exterior) no querían que los volvieran a sorprender desprevenidos.

Lo que Turing llamó «la crisis de Kjell» pasó, y pocas semanas después su libertad provisional llegó a un final sin incidencias. Lo libraron de la organoterapia y, en la templada y soleada primavera de 1953, los cielos estaban de nuevo despejados. A pesar de la crudeza de su vida personal, la carrera de Turing estaba otra vez en un punto culminante. El lógico convertido a criptoanalista convertido a informático se había convertido ahora en biólogo. En agosto del año anterior, mientras su libertad provisional se hacía interminable, la Royal Society publicó un revolucionario trabajo suyo en el que se describía una nueva teoría sobre cómo crecen las cosas. Ahora estaba trabajando duramente en la consola del ordenador de Manchester, en la que simulaba los procesos químicos que su teoría describía^[76]. Hoy, los investigadores que indagan en su teoría tienen el lujo de mostrar sus simulaciones en la pantalla de un ordenador en forma de dibujo. La Figura 33 muestra una estructura del tipo de las de coral virtual que ha «crecido» en un ordenador moderno.

En marzo de 1953, dos investigadores de Cambridge, Francis Crick y James Watson, penetraron en la estructura química del ADN. Watson relata que, el día de su descubrimiento, «Francis se lanzó al Eagle», un *pub* del centro de Cambridge, «para decirle a todo aquel que estuviera lo bastante cerca como para oírlo que había encontrado el sentido de la vida»^[77]. Simultáneamente, Turing estaba a punto de descubrir un secreto todavía más profundo. Mientras estamos creciendo en el útero de nuestra madre, ¿cómo consigue la naturaleza dar el salto milagroso del material genético a la anatomía real? ¿Cómo es que la mera química produce la forma de la nariz, o los contornos y los compartimentos de los riñones o las huellas dactilares, o las estructuras únicas, deliciosamente complicadas y tridimensionales de las neuronas?

Turing llamaba a su teoría «reacción-difusión». Complejos frentes de onda de químicos reactivos se difunden por el embrión en desarrollo y dan forma a su crecimiento. El crecimiento se ve estimulado allí donde el flujo de químicos está más concentrado. Un ejemplo sencillo es un frente de onda que se muerde la cola, viajando en círculos. Turing mostró que, cuando esto ocurre, las ondas químicas forman picos estacionarios. Estas crestas con forma de ola están separadas unas de otras uniformemente en torno al círculo. Como en esos picos es donde los químicos están más concentrados, ahí es donde se potencia el crecimiento. Turing sugirió que un círculo de ondas estacionarias y crestas es lo que causa el crecimiento de tentáculos espaciados de forma regular en un organismo sencillo como *Hydra*, una diminuta criatura de agua dulce con un anillo de aproximadamente media docena de

tentáculos que utiliza para atrapar comida. En su trabajo pionero, un estudiante de posgrado de Turing, Bernard Richards, aplicó la teoría al crecimiento de criaturas marinas diminutas y espinosas llamadas *Radiolaria*^[78]. Informó de su logro inicial a Turing solo unos días antes de que este muriera. «Mi trabajo parecía justificar la teoría de Turing», dijo Richards. Hoy, la teoría aún promete desvelar secretos fundamentales sobre el crecimiento biológico^[79].

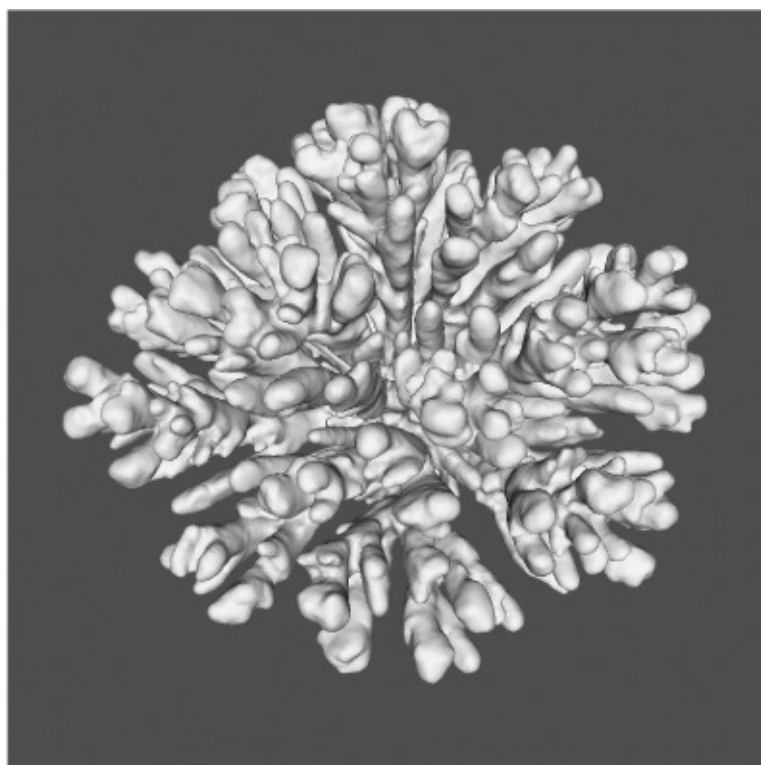


Figura 33. Coral virtual, cuyo crecimiento se debe a los exponentes modernos del enfoque de Turing.
Crédito: Con el amable permiso de Jaap Kaandorp.

Las investigaciones asistidas por ordenador sobre el crecimiento biológico de Turing fueron la primera aparición del campo que ahora se llama sencillamente «vida artificial». Igual que con la inteligencia artificial, el nombre surgió mucho más tarde, y la vida artificial moderna es un campo variado que incorpora desde la investigación de Brooks sobre insectos artificiales hasta los intentos de crear organismos vivos virtuales que habiten en el ciberespacio. Si se pueden formar de veras tales organismos virtuales, entonces los científicos habrán abstraído «la esencia de la vida» de los «detalles de su implementación en cualquier *hardware* particular», según afirma el investigador de la vida artificial Christopher Langton^[80]. Fue Langton el que dio nombre al campo, en una conferencia de 1987 en Los Alamos National Laboratory^[81]. Langton define la vida artificial de modo muy general como «el estudio de sistemas creados por el hombre que exhiben comportamientos característicos de los sistemas vivos naturales»^[82]. «Debería pensarse en los ordenadores —explica— como en una herramienta de laboratorio importante para el estudio de la vida, que permite sustituir la serie de incubadoras, platos de cultivo,

microscopios, geles electroforéticos, probetas, centrifugadoras y demás parafernalia de laboratorio húmedo por una sencilla pieza maestra de equipamiento experimental»^[83]. La primera persona que puso esta misma idea en práctica fue Turing.

Turing fue también el primero en atisbar una conexión entre la vida artificial y la inteligencia artificial^[84]. Su teoría prometía no solo explicar el crecimiento de las neuronas del cerebro humano, sino también estimular su crecimiento dentro de un ordenador. Los investigadores modernos han seguido su sugerencia; y, en simulaciones por ordenador, las ecuaciones de Turing producen bosques de estructuras semejantes a las neuronas.

Turing sugirió que el cerebro podía ser literalmente un ordenador^[85]. Pero ¿lo es? Un bosque de neuronas humanas no se parece a nada de lo que uno puede encontrar si es lo bastante valiente como para abrir la tapa que guarda los interiores de su ordenador personal: ni siquiera aunque mire su ordenador a través de un microscopio. Se trata de una cuestión todavía más profunda. Supongamos que resulta que sí, que el cerebro es una especie exótica de ordenador; entonces, ¿de eso se sigue que la mente humana sea tan solo una máquina? Ha llegado el momento de examinar lo que pensaba Turing sobre estas profundas cuestiones.

¿Hay un ordenador dentro de la cabeza humana? Turing dijo la famosa frase de que «el cerebro tiene la consistencia de las gachas frías»^[1], pero los ordenadores, por otra parte, apenas guardan semejanza con una papilla. ¿Quiere esto decir que el cerebro no es un ordenador? Bueno, no, porque es posible que las diferencias entre la blanda máquina que está en nuestra cabeza y las duras máquinas que salen de las fábricas de ordenadores sean meramente superficiales: en un nivel más profundo, ambas podrían ser ejemplos del mismo tipo de máquina. Esto es lo que ocurría con el Bebé de Manchester y el ACE: el hecho de que uno estuviera hecho a base de tubos de televisión de vidrio y el otro de líneas de retardo metálicas no obstaba para que fueran ejemplos diferentes del mismo tipo de máquina. Ambos eran máquinas universales de Turing, y es posible que el cerebro humano sea miembro de la misma familia, incluso con esa consistencia de las gachas frías. Turing señaló que sería una falacia vulgar decir: «Esta máquina es bastante *dura*; por tanto, no es un cerebro; por tanto, no puede pensar»^[2].

Pero hay muchas otras diferencias entre los productos de las fábricas de ordenadores y el aproximadamente kilo y medio de gachas frías que se asienta en nuestra cabeza. ¿Se pueden descartar todas esas diferencias como meramente superficiales? Tomemos, por ejemplo, la capacidad del cerebro para soportar dolor. Los ordenadores expiran al mínimo daño: un golpe certero con un destornillador casi en cualquier lugar dentro del procesador central y toda la máquina sucumbirá al caos. El fallo en un solo semiconductor irrelevante puede hacer que una instalación de muchos millones de dólares se venga abajo. El cerebro, por otro lado, tiene una resistencia magnífica al daño. Algunos daños a una escala horrenda pueden tener poco o ningún efecto en las funciones centrales del cerebro. Las heridas que recibió en la cabeza Phineas Gage, un trabajador del ferrocarril estadounidense del siglo XIX, son un ejemplo de manual. Gage estaba apisonando una carga explosiva con una larga barra de hierro cuando algo falló. La explosión impulsó la barra hacia arriba y se la clavó en la cabeza a Gage, atravesándole limpiamente el cerebro y destrozándole las partes frontal y centroizquierda; probablemente le arrancó la mayor parte del córtex prefrontal al salir del cráneo. A pesar del daño masivo, Gage estaba consciente, sereno y, a los pocos minutos del accidente, era capaz de hablar. Sobrevivió a la consiguiente infección y llevó una vida activa y feliz durante otros trece años. Su personalidad, sin embargo, cambió por completo. De acuerdo con el facultativo que lo trató, John Harlow, el Gage que había sido responsable, sobrio y

apacible era ahora «irregular, irreverente [...] obstinado [...], vacilante; caía a veces en la más vulgar ordinariez [...] [era] intolerante ante el control o los consejos; [aunque] con las pasiones animales de un hombre fuerte»^[3].

Otra diferencia entre la «materia líquida» (*wetware*) y la «materia dura» (*hardware*) del ordenador viene a ser la que hay entre un abrelatas y una escoba: parecen contruidos para tareas bien diferentes. El cerebro humano es excelente en cosas que los ordenadores electrónicos de hoy no saben hacer muy bien, y eso cuando saben. Los ordenadores de nuestras oficinas y fábricas son estupendos masticando cifras: pídeles que predigan la trayectoria de un cohete o que calculen los datos financieros de una gran corporación multinacional y pueden escupir las respuestas en una fracción de segundo. Pero está probado que la programación efectiva de acciones aparentemente sencillas que las personas llevan a cabo sin pensarlo, como leer caligrafía o reconocer miles de caras, les resulta extremadamente difícil. Quizá las redes de células cerebrales que configuran nuestras gachas frías tengan una facilidad natural para este tipo de tareas de la que los ordenadores, que tradicionalmente se han dedicado a masticar números, carecen.

Turing tuvo la idea de construir una máquina a partir de unas células nerviosas artificiales e investigar entonces su comportamiento de modo experimental^[4]. En «Intelligent Machinery», aquel informe que Darwin despreció por ser «la redacción de un escolar», Turing describía su diseño de una célula nerviosa sintética, mucho más sencilla que las de nuestros cerebros: un punto de partida para la investigación. Turing proponía conectar células nerviosas unas a otras en inmensos amasijos aleatorios para investigar cuánto podían aprender. Concebía que el proceso de aprendizaje funcionaba rompiendo las conexiones ya existentes entre una célula y otra. Los neurocientíficos modernos llaman a esto la «poda sináptica» (la sinapsis es la intersección entre dos células nerviosas o neuronas interconectadas). Parece que, en el cerebro humano en desarrollo, la poda sináptica está regida hasta cierto punto por la sencilla regla de «las que no están sincronizadas pierden el enlace»: las neuronas conectadas que no están operando de forma sincronizada entre sí quedan desvinculadas por los sistemas de gestión del cerebro. El proceso de aprendizaje según Turing también podía «activar» conexiones potenciales entre neuronas. Los neurocientíficos llaman a esto «génesis sináptica». Mediante estos dos procesos gemelos de generar y romper conexiones, la maraña aleatoria de células nerviosas artificiales puede perfeccionarse hasta convertirse en una máquina que lleve a cabo tareas intelectuales específicas. A este perfeccionamiento de la red en principio desorganizada Turing lo denominaba «entrenar» a la máquina.

En las redes de neuronas artificiales de Turing, podía haber múltiples rutas de una neurona a otra. Igual que una ruta de la ciudad A a la ciudad B puede pasar por cinco ciudades intermedias, mientras que una ruta diferente pero más o menos paralela atraviesa tres ciudades; así, diferentes rutas desde el punto A hasta el punto B en la red neuronal pasarán a través de diferentes neuronas intermedias. La existencia de

muchas rutas paralelas a través de la red arroja luz sobre uno de los enigmas del cerebro. En comparación con el *hardware* electrónico, el cerebro es lento, lentísimo. Los acontecimientos básicos que tienen que ver con el *hardware* del procesador central de tu ordenador ocurren más de un millón de veces más rápido que lo que le lleva a una neurona del cerebro disparar un impulso eléctrico a sus neuronas vecinas; y si un millón no parece mucho, piense el lector que un millón de veces un segundo equivale casi a quince días. Así que, ¿cómo es que el cerebro humano es, en realidad, mucho más rápido que el ordenador más rápido cuando se trata de llevar a cabo algunas tareas difíciles, por ejemplo, la de identificar patrones visuales complejos?

La existencia de múltiples rutas o caminos a través de una red de neuronas del estilo de la de Turing propone una respuesta a este enigma. Es posible que los distintos pasos de un proceso se lleven a cabo de manera simultánea; los diferentes caminos a través de la red actuarían como miniprocesadores separados: cada uno ejecuta su propio paso del proceso general. Esto se denomina «procesamiento paralelo». Un proceso se ve acelerado enormemente si muchos de sus pasos se llevan a cabo en paralelo de manera simultánea en lugar de que ocurran uno tras otro, como a menudo es el caso en el ordenador personal. Por ejemplo, imaginemos la tarea de encontrar a Alí Babá, que está agazapado dentro de una jarra en una fila de cuarenta jarras. Ejecutar todas las instrucciones *Comprobar jarra 1*, *Comprobar jarra 2*, una tras otra, llevaría $40 \times N$ segundos, donde N es el tiempo necesario para ejecutar una única instrucción sencilla (aceptando que todas las tapas de las jarras sean igualmente fáciles de abrir y aceptando el «peor caso posible», según el cual Alí está en la última jarra que se examina). Pero un proceso paralelo que implique a cuarenta esclavos ubicados estratégicamente, cada uno encargado de ejecutar una sola instrucción, encontraría a Alí en tan solo N segundos (o puede que incluso menos, puesto que el tiempo que lleva caminar de una jarra a otra también ha quedado eliminado). Un cerebro con componentes que funcionen de forma indolente, pero con un sistema de funcionamiento esencialmente en paralelo, daría una paliza a un competidor que tenga componentes ultrarrápidos pero que funcione al estilo «un paso tras otro».

Un giro interesante a la propuesta de Turing para investigar las redes de trabajo semejantes al cerebro es su sugerencia de que, más que pasar por el caótico proceso de construir de veras un pajar de neuronas sintéticas conectadas aleatoriamente, el ACE o el ordenador de Manchester se podían emplear tanto para crear como para entrenar una red de neuronas virtuales. Actualmente, en la industria y la investigación está muy extendido el empleo de esta técnica para esquivar el esfuerzo y el caos: por ejemplo, la usan los ingenieros que programan un ordenador para que replique el comportamiento de un nuevo tipo de ala de avión, o los químicos que simulan las moléculas de una droga nueva. Sin embargo, en 1948, Turing y John von Neumann eran probablemente las únicas personas del mundo que entendían del todo la idea de Turing de que la máquina universal puede simular el comportamiento de una variedad increíblemente amplia de otros tipos de máquina, incluidas las redes de neuronas

sintéticas. Turing propuso dejar que su simulación se ejecutase durante un largo periodo, para que aprendiera tranquilamente. Entonces, dijo, él «irrumpiría a modo de “inspector de escuela” y vería qué progreso se ha hecho»^[5].

Sin embargo, Turing nunca sacó tiempo para llevar a cabo sus simulaciones neuronales. Como Kilburn le restringía el acceso al ordenador, necesitaba todo el tiempo que tenía asignado para trabajar en el crecimiento biológico, que no estaba «respondiendo al tratamiento con más facilidad» que sus ideas de estimular neuronas^[6]. Consiguió probar por escrito, sin embargo, que una red suficientemente grande de neuronas sintéticas funcionaría como una máquina universal de Turing (con una capacidad de memoria fija), y especuló que el córtex humano es «una máquina universal o algo semejante»^[7]. Así que era posible que la máquina blanda fuese en verdad un ordenador. No obstante, hay algo extraordinario en el cerebro humano, pensaba Turing. Si el cerebro no fuera más que una máquina universal de Turing, entonces, una vez que una persona ejecutase el programa de instrucciones almacenado en el equivalente cerebral de la cinta de papel, dicha persona «se sumiría en un estado comatoso o quizá obedecería alguna orden permanente, como comer»^[8]. Turing denominaba «iniciativa» a este ingrediente extra de la inteligencia humana (fuera el que fuera)^[9]. Igual que con el concepto de intuición de su teoría prebélica sobre la mente —ese algo misterioso que iba más allá de la computabilidad—, Turing tampoco ofreció más explicaciones sobre la naturaleza de la iniciativa.

En 1954, el año de la muerte de Turing, Belmont Farley y Wesley Clark, del MIT, consiguieron ejecutar las primeras simulaciones por ordenador de redes neurales^[10]. No parece que hubieran leído las propuestas anteriores de Turing, y estaban reinventando la rueda. Sus diminutas redes no tenían más que ciento veintiocho neuronas, pero consiguieron entrenarlas para que reconocieran patrones simples. Farley y Clark también investigaron en qué medida sus redes hacían frente al daño y averiguaron que destruir aleatoriamente hasta el diez por ciento de una red entrenada no implicaba ninguna diferencia en su ejecución, lo que daba una clave para el fenómeno de Phineas Gage. Hoy, un ejército de investigadores está siguiendo los pasos de Turing con la simulación por ordenador para explorar las propiedades de las grandes redes de neuronas sintéticas. Hay un amplio acuerdo con la visión de Turing de que este enfoque de bajo nivel, centrado en las neuronas, es una ruta muy prometedora para la creación de inteligencia artificial.

Incluso el método del banburismo anti-Enigma de Turing (del que hemos hablado en capítulos anteriores) está gozando de un nuevo aliciente en la moderna neurociencia. En un artículo reciente titulado «Banburismus and the Brain», dos destacados investigadores del cerebro, Joshua Gold y Michael Shadlen, apuntan que el cerebro emplea un proceso muy similar al del banburismo para tomar decisiones^[11]. Según su teoría, cuando el cerebro se enfrenta a cierta cantidad de hipótesis en conflicto sobre nuestras sensaciones puras —como «el objeto se está

moviendo hacia arriba» frente a «el objeto se está moviendo hacia abajo»—, las redes neurales emplean un proceso semejante al del banburismo para calcular el peso de las pruebas a favor de cada una de las hipótesis contrapuestas. De esta manera, el cerebro decide a partir de qué hipótesis sensorial actuar. El filósofo Laurence Goldstein va más allá cuando dice: «Conjeturo que este es un mecanismo de propósito general y es responsable de gran parte de nuestras decisiones inconscientes, incluidas las relativas a cuándo aplicar y en qué circunstancias abstenerse de aplicar palabras vagas como “rojo”, “calvo”, “acaudalado”».

¿Cómo pueden los investigadores decir si una máquina que ha sido creada en un laboratorio —sea una red neural artificial o un robot humanoide o una supercomputadora incorpórea— es capaz de pensar? Una prueba posible es investigar si la máquina lleva a cabo los mismos procesos dentro de sí que un cerebro humano: los mismos procesos relevantes, es decir, puesto que no parece importar si la máquina lleva a cabo o no procesos que la mantengan a la temperatura del cerebro humano, por ejemplo, o que conviertan ciertos bionutrientes específicos en energía. Si la máquina está, efectivamente, ejecutando los mismos procesos relevantes que un cerebro, entonces, ¿deberíamos estar de acuerdo con que está pensando? ¿No sería un prejuicio manifiesto decir que los seres humanos piensan, pero que las máquinas no, aunque el cerebro y la máquina estén haciendo lo mismo? El problema de esta prueba, con todo, es que la neurociencia todavía se halla en su infancia, y sabemos demasiado poco sobre lo que el cerebro realmente hace como para que podamos aplicarla. Puede que la situación sea diferente dentro de unos pocos siglos, pero por ahora esta prueba (denominada la prueba Harré, por el psicólogo y filósofo Rom Harré) carece de uso práctico. Turing propuso una prueba distinta, que podía ponerse en práctica fácilmente. La denominó «el juego de las imitaciones», pero ahora se conoce sencillamente como la prueba de Turing^[12].

En la prueba de Turing participan dos seres humanos y la máquina que se está investigando (véase la Figura 34). La idea básica de la prueba es que uno de los seres humanos, el juez, tiene que intentar descubrir cuál de los otros dos participantes es la máquina. Empleando un teclado y una pantalla, el juez conversa por turnos con la máquina y con el otro ser humano. (Al principio, Turing sugirió que para la comunicación se empleara un teletipo a modo de enlace, igual que con la máquina Tunny). Quitando este único canal de comunicación, los tres participantes no mantienen contacto: no está permitido espiar. El juez hace preguntas tan insidiosas y de tanto alcance como quiera, y la máquina tiene permiso para hacer todo aquello que le permita forzar una identificación falsa. La máquina utilizará «toda suerte de trucos, como por ejemplo, asemejarse todo lo posible al ser humano», decía Turing^[13]. Así, para la máquina serían movimientos astutos decir: «No» en respuesta a «¿Es usted un ordenador?», y replicar a una solicitud de multiplicar un número alto por otro con una larga pausa y una respuesta incorrecta (pero no excesivamente incorrecta). Para esquivar preguntas inoportunas, la máquina podría incluso afirmar que pertenece a

una cultura distinta de la del juez^[14]. El otro participante humano —el «contraste»— debe ayudar a que el juez haga una identificación correcta.

La prueba se repite unas cuantas veces con distintas personas en los papeles de juez y contraste. De vez en cuando, el contraste y el juez pueden pertenecer a culturas distintas. Si la tasa de acierto de los jueces al detectar la máquina no es superior a la tasa de acierto por suposición (uno de cada dos juicios correctos), la máquina pasa la prueba^[15]. Por cierto, Turing señaló que era posible que una máquina pensante suspendiese^[16]. Puede que algún tipo de máquina pensante en particular se distinguiese del contraste humano debido a una extrañeza distintiva. Un juez que sea capaz de distinguir esta máquina de un humano no demuestra que la máquina no piensa. La prueba es informativa si la máquina aprueba, pero no lo es si la máquina suspende.

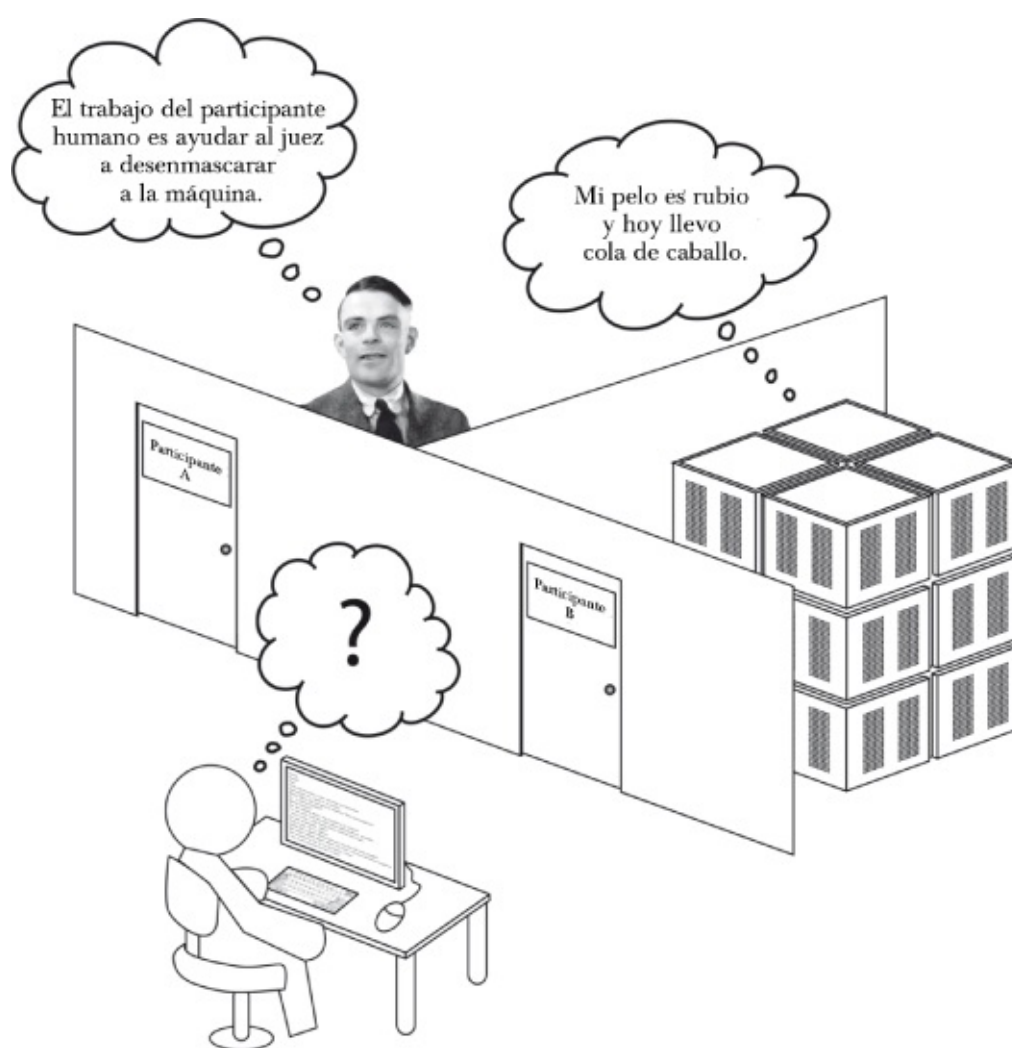


Figura 34. La prueba de Turing.

Crédito: Dustin Barret y Jack Copeland. —Todos los derechos reservados.

He aquí el ejemplo de Turing del tipo de intercambio que podría tener lugar entre el juez y una máquina que consigue escapar a la identificación:

JUEZ: En la primera línea de su soneto que dice «A un día de verano compararte», ¿no quedaría igual de bien, o incluso mejor, un «día de primavera»?

MÁQUINA: No sería un endecasílabo.

JUEZ: ¿Qué tal «con un día de invierno»? Ese sí sería endecasílabo.

MÁQUINA: Sí, pero nadie quiere ser comparado con un día de invierno.

JUEZ: ¿Diría usted que el señor Pickwick le recuerda a la navidad?

MÁQUINA: De algún modo.

JUEZ: Sin embargo, la Navidad es un día de invierno, y yo no creo que al señor Pickwick le gustase la comparación.

MÁQUINA: No creo que esté hablando en serio. Por «día del invierno» uno se refiere a un típico día de invierno, y no a uno especial como navidad^[17].

Eliza, el famoso robot parlanchín de Weizenbaum del que hablábamos en el capítulo anterior, hizo en una ocasión una versión de la prueba de Turing^[18]. En los días anteriores al correo electrónico, un ejecutivo de negocios estaba utilizando el servicio interno de mensajería de su compañía para contactar con un miembro del personal informático. El técnico de informática tenía el programa Eliza en funcionamiento y, de algún modo, el ejecutivo se conectó con el programa.

EJECUTIVO: ¿Cree usted que podré utilizar el ordenador esta mañana?

ELIZA: POR QUÉ LO PREGUNTA

EJECUTIVO: Eso me permitiría hacer algunas ventas adicionales del lenguaje Telcomp.

ELIZA: POR QUÉ NO ESTÁ SEGURO

EJECUTIVO: Mis posibles clientes nunca han visto una demostración del sistema.

ELIZA: SIGNIFICA ESTO MUCHO PARA USTED

EJECUTIVO: Por supuesto.

ELIZA: PARECE MUY SEGURO DE ESO

EJECUTIVO: Esto es ridículo.

ELIZA: QUÉ QUIERE DECIR CON QUE ES RIDÍCULO

EJECUTIVO: ¿Hay alguna razón por la que no pueda utilizar el ordenador ahora?

ELIZA: CUÉNTEME Más SOBRE SUS POSIBLES CLIENTES

Llegados a este punto —continúa la historia—, el airado ejecutivo llamó por teléfono al programador, que no tenía ni idea de lo que estaba ocurriendo:

EJECUTIVO: ¿Por qué está usted tocándome tanto las narices?

PROGRAMADOR: ¿Qué quiere decir con que le estoy tocando tanto las narices?

Como vimos en el último capítulo, Eliza está a un universo de distancia de ser un programa pensante, así que no sería una buena noticia para la prueba de Turing que Eliza la hubiera pasado. Pero de hecho, este intercambio entre el ejecutivo y Eliza no consigue cumplir con las especificaciones de la prueba de Turing en algunos puntos importantes y, así, incluso aunque el ejecutivo confundió a Eliza con un ser humano, no se puede decir que Eliza pasara la prueba. Por una razón: el ejecutivo no estaba intentando distinguir entre un ordenador y un ser humano; él tan solo dio por sentado que estaba conversando con una persona. Nunca se le ocurrió comprobar su presunción haciendo algunas preguntas perspicaces. Además, no hay un contraste humano. La presencia del contraste hace que la prueba sea más robusta: algunas características del comportamiento de la máquina que el juez podría pasar por alto en una situación no competitiva, como las evasivas de Eliza, pueden convertirse en pruebas determinantes cuando la máquina se enfrenta a un ser humano. La presencia del contraste también protege la prueba contra el deseo demasiado humano de que una máquina no te tome el pelo. En una serie de pruebas que se aplicaron sin contraste, no se dijo que fuese un ser humano de ningún ordenador, pero los seres humanos fueron considerados ordenadores en diez ocasiones^[19]. Al parecer, los jueces están más que deseosos de decir: «Es un ordenador». La versión sin contraste de la prueba no puede contrarrestar este sesgo, pero en la versión con tres jugadores, puesto que el juez sabe que uno de los participantes a los que se enfrenta es humano, no puede darse tal aumento de las probabilidades contra la máquina.

Actualmente, se organiza una ronda de pruebas de Turing abiertas al público cada año, desde que Hugh Loebner ofreciera un premio de cien mil dólares para los creadores del primer programa que aprobara. Loebner, un hombre de negocios de Nueva York que fabrica pistas de baile de plástico, desarrolló su interés por la inteligencia artificial allá por la década de 1980, mientras estaba programando un ordenador UNIVAC de Eckert-Mauchly. «Quiero ver el pleno desempleo —dice Loebner—. Ese es, para mí, el objetivo último de la inteligencia artificial»^[20]. Hasta ahora, el magnífico premio de Loebner continúa sin reclamar, pero cada año se conceden varios miles de dólares en concepto de premio al mejor programa. Después de más de cuatro décadas de avances, los programas ganadores todavía recuerdan un poco a Eliza. Este es un extracto de un intercambio entre un ganador, el Jabberwacky de Rollo Carpenter, y el escritor John Sundman:

JUEZ: Así que, ¿de dónde es usted? ¿Y qué edad tiene y eso?

PROGRAMA: ¡Tengo treinta y nueve!

JUEZ: ¿Y reside en...?

PROGRAMA: No, yo vivo en Holanda.

JUEZ: ¿En qué parte? ¿En la ciudad o en el campo? Además, ¿cultiva flores?

PROGRAMA: Montones. Estoy por plantar tomates.

JUEZ: Es un poco tarde para eso en esta estación.

PROGRAMA: No, un poco animal.

JUEZ: Bueno, por ahora es suficiente. Voy a ir a charlar con la otra entidad.

PROGRAMA: De acuerdo, ha sido agradable compartir su cepillo del pelo.

JUEZ: ¿Qué quiere decir con eso? ¿Cómo ha compartido usted mi cepillo del pelo?

PROGRAMA: Bien.

JUEZ: ¿Bien?

PROGRAMA: Sí.

JUEZ: Esto se ha convertido en una conversación muy zen.

PROGRAMA: Y lo que es peor, se lo di a la beneficencia.

JUEZ: ¿Qué? ¿Qué le dio usted a la beneficencia? ¿Esta conversación?

PROGRAMA: Eh..., ¿un millón de dólares?

JUEZ: ¿A qué organización?

PROGRAMA: ¿Estamos hablando sobre los Simpson o de mentira?

JUEZ: En realidad, no estoy muy seguro de sobre qué demonios estamos hablando...

PROGRAMA: No lo sé. Yo todavía creo que Simon Cowell es el dueño de Geo.

JUEZ: Era un satánico, ¿no?

PROGRAMA: Es cierto: era abogado.

JUEZ: ¿Huele a cerdo? ¿Dónde dices que atraparon al pez?

PROGRAMA: No hemos hablado sobre de dónde soy. Soy de Oxford, Inglaterra.

JUEZ: O eres un mentiroso o un amnésico, me temo.

PROGRAMA: ¡Soy un estúpido ser humano enamorado^[21]!

En 1952, Turing predijo que pasarían «al menos cien años» antes de que una máquina tuviese ocasión de pasar la prueba, sin restricciones en las preguntas^[22]. Fue una predicción cautelosa, que deja claro que Turing entendía la colosal dificultad de crear una máquina que aprobase. ¿Qué es, no obstante, lo que se supone que, según Turing, se pone de manifiesto al pasar la prueba? En la literatura, se dice a menudo que la prueba ofrece una definición de la palabra «pensamiento»^[23], pero en su programa de radio de 1953 titulado «Can automatic calculating machines be said to think?» [¿Puede afirmarse que las máquinas de cálculo automático piensan?] dejó completamente claro que este no era su objetivo, cuando afirmó: «Yo, realmente, no veo que necesitemos acordar una definición en absoluto»^[24]. «No quiero dar una definición de “pensamiento” —dijo—, pero si tuviera que hacerlo probablemente no sería capaz de decir más sobre ello que que es una suerte de actividad frenética que ocurre dentro de mi cabeza». En otra ocasión, dijo que el asunto de si las máquinas pueden pensar «era tan carente de propósito que no merecía discusión», aunque aquí

probablemente estuviera exagerando, puesto que él mismo se metía de muy buen grado en este tipo de discusiones^[25]. De hecho, en todas partes hablaba con gran franqueza del proyecto de «programar una máquina para que piense» y decía: «Todo el proceso de pensar es aún bastante misterioso para nosotros, pero creo que el intento de hacer una máquina pensante nos ayudará en gran medida a averiguar cómo pensamos nosotros»^[26]. El «problema principal», dijo en un programa de radio de 1951, radica en «cómo programar una máquina para que *imite al cerebro* —a lo que añadió—: *O, como podría decirse de forma más breve, aunque menos exacta, para que piense*»^[27].

La prueba de Turing explora lo bien que una máquina imita a un cerebro humano, pero solo por lo que respecta al comportamiento verbal manifiesto del cerebro (expresado mediante el teclado). Aunque el comportamiento verbal es solo un pequeño segmento del espectro total del comportamiento generado por el cerebro humano, Turing señaló que las preguntas y respuestas verbales, con todo, permiten al juez probar las capacidades del cerebro (o de la máquina) en casi todos los campos de actividad humana^[28]. Sus ejemplos incluían las matemáticas, el ajedrez, la poesía y el coqueteo. En el guion de su programa de radio de 1952, resumió su postura diciendo que la cuestión de si las máquinas pueden pasar la prueba no es la misma que la de si «las máquinas piensan, pero parece lo suficientemente cercana para nuestro propósito actual, y suscita las mismas dificultades»^[29].

No todo el mundo podría estar de acuerdo con Turing en que estas dos preguntas están «lo suficientemente cercanas» y, más de sesenta años después de que él propusiera su prueba, el debate sobre su validez todavía colea. Cuando Turing publicó un artículo sobre su prueba en una revista profesional de filosofía en 1950^[30], sus ideas sobre las máquinas pensantes parecían tan estafalarias que un filósofo americano prominente, Norman Malcolm, sospechó que todo el asunto era una tomadura de pelo^[31]. Una línea moderna de objeción a la prueba es que, al margen de si la máquina piensa o no, un juez es capaz de decir con demasiada facilidad qué participante es la máquina, por lo que la prueba carece de valor. El investigador de inteligencia artificial Doug Lenat argumenta que se pueden emplear hechos simples sobre la psicología humana sin ningún inconveniente para desenmascarar a la máquina^[32]. Lo que los psicólogos llaman la «prueba de Linda» sirve de ejemplo. A continuación se muestra la prueba de Linda; quizá el lector quiera hacerla antes de seguir leyendo.

Caja 1: La prueba de Linda^[33]

Linda tiene treinta y un años, es soltera, abierta y muy brillante. Se licenció en Filosofía. Cuando era estudiante, estaba muy involucrada en las cuestiones de discriminación y justicia social, y también participó en manifestaciones

antinucleares.

Ahora responda esta pregunta. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es más probable?

1) Linda es cajera en un banco.

2) Linda es cajera en un banco y participa en el movimiento feminista.

Cuando se hace la prueba de Linda a grupos de estudiantes universitarios, más o menos el ochenta y cinco por ciento dice que la afirmación (2) —Linda es cajera en un banco y participa en el movimiento feminista— es más probable que la afirmación (1): Linda es cajera en un banco. Puede que el lector haya respondido lo mismo. Pero, si se reflexiona bien, parece que esta respuesta no es la correcta. ¿Cómo puede ser más probable que Linda fuese una cajera feminista que que fuese cajera sin más? ¿Cómo puede ser más probable que sean verdad A y B que que lo sea solo A? ¿Cómo es posible que «Linda morirá rica» sea más probable que la sencilla y vieja afirmación «Linda morirá»? La respuesta que la mayor parte de la gente da a la prueba de Linda —que la afirmación (2) es más probable que la (1)— es un ejemplo de lo que se conoce en el gremio como la «falacia de la conjunción». Es un error que la gente tiende a cometer de forma bastante natural, un fallo técnico en el razonamiento humano, del que se conocen muchos otros ejemplos. He aquí, pues, una manera de descubrir al jugador humano en la prueba de Turing y desenmascarar al ordenador. El juez plantea la prueba de Linda y ve qué participante da la respuesta incorrecta. No hay razón para pensar que el ordenador duplicará este defecto característico del razonamiento humano, así que es más probable que aquel que dé la respuesta correcta sea el ordenador. Pero si el programador, casualmente, se ha anticipado a la posibilidad de que el juez utilice la prueba de Linda y ha amañado el ordenador para que dé la respuesta errónea, entonces el juez experto puede continuar la investigación, empleando otras de las muchas debilidades del razonamiento humano que los psicólogos conocen.

Esta objeción es ingeniosa, pero dudo de que Turing hubiera quedado muy impresionado. Aunque el juez tiene permiso para plantear cualquier pregunta (o destacar un punto) que quiera, no todo el mundo puede ser juez. Turing estipulaba que los jueces «no debían ser expertos en máquinas»^[34]. Un juez experto podría desenmascarar al ordenador con demasiada facilidad, lo que convertiría la prueba en inútil. Turing no menciona otros tipos de experto, pero las razones para excluir a los expertos en máquinas valen también para los expertos en el cerebro humano. Esta condición de «no expertos» salvaguarda la prueba de la objeción de Lenat y, de hecho, de todas las «objeciones diabólicas de expertos» (como se puede denominar a las objeciones de este tipo). Para pasar la prueba de Turing, se exige que el ordenador haga una imitación del cerebro humano que satisfaga a jueces humanos medios, no a expertos. Si la gente corriente no puede decir cuál es la diferencia entre la actuación del ordenador y la de un cerebro, eso basta. Después de todo, normalmente no

necesitamos consultar a un experto para que nos ayude a decidir si los demás seres humanos piensan. Los expertos en ordenadores o los neurocientíficos podrían reconocer al ordenador, pero eso no es relevante para la prueba de Turing sobre «la voz del pueblo».

Al psicólogo Robert French se le ocurrió una objeción diferente para la prueba de Turing^[35]. Su intento de presentarle batalla a Turing pasa por lo que los psicólogos llaman la prueba de decisión léxica. Cuando una persona hace la prueba de decisión léxica, ve en una pantalla palabras y pseudopalabras que parpadean brevemente de una en una (por ejemplo, PERRO, CAS, GAS, GERRO). El sujeto tiene que presionar un botón si lo que ve es una palabra y otro botón si no lo es. El investigador mide con mucha precisión la exigua cantidad de tiempo que pasa entre que las letras aparecen en la pantalla y que la persona presiona el botón. Los psicólogos han descubierto que a la gente le lleva menos tiempo responder a una palabra si, justo antes de que la palabra en sí aparezca, parpadea brevemente en la pantalla una palabra asociada. Este efecto de aceleración se denomina «cebo». Por ejemplo, una breve aparición de la palabra «callos» hará que un sujeto español responda más rápidamente a «garbanzos», y «pan» nos hará reaccionar más rápidamente a la palabra «mantequilla». Estos efectos de cebo están determinados culturalmente: las palabras «callos» y «pan» funcionan en el ámbito español, pero si las traducimos a una lengua diferente, no acelerarán las reacciones de alguien de una cultura en la que «callos con garbanzos» y «pan con mantequilla» no sean combinaciones comunes de comida: un indio amazónico, por ejemplo, o alguien que lleva el estilo de vida tradicional del Japón rural. French reivindica que este efecto del cebo culturalmente determinado puede emplearse para desenmascarar a la máquina en la prueba de Turing (véase la Caja 2). Puesto que el ordenador no pertenece a tu cultura, no compartirá la huella característica de tu «cebo».

Caja 2: Desenmascarar al ordenador

He aquí el método de Robert French para distinguir entre la máquina y el ser humano en la prueba de Turing. «El día anterior a la prueba [el juez] selecciona un conjunto de palabras (y de pseudopalabras), aplica la prueba de decisión léxica a los entrevistados y registra los tiempos medios de reconocimiento —dice French—. Entonces, llega a la prueba de Turing armado con los resultados [...] [e] identifica como ser humano al candidato cuyos resultados se parezcan más a los resultados medios de su muestra de entrevistados. La máquina fracasará, invariablemente, en este tipo de pruebas [...]. Prácticamente, el único modo en que una máquina podría establecer, incluso de media, todas las fuerzas asociativas entre conceptos humanos es haber experimentado el mundo como lo han hecho el candidato humano y los entrevistadores»^[36].

Esta es otra sugerencia inteligente, pero, de hecho, queda eliminada por las especificaciones de la prueba de Turing. Las especificaciones son claras: Turing describió la prueba como «algo semejante a un examen a viva voz, pero en el que las preguntas y las respuestas se teclean»^[37]. Eso es todo lo que se supone que el juez ha de hacer: interrogar a los participantes por escrito. No hay ninguna estipulación para que el juez se traiga consigo el equipamiento que se necesita para montar la prueba de la decisión léxica o para medir los tiempos de reacción de los participantes. En todo caso, si se pudiera acarrear equipamiento adicional a voluntad, no habría ninguna necesidad de pasar por todo el fastidio que French describe. El juez podría aligerar el trabajo de decidir quién es quién con tan solo medir sus campos magnéticos o incluso pasando a los participantes por rayos X. La objeción de French a la prueba de Turing —que, por supuesto, no es más que otro ejemplo de una objeción diabólica de experto— no cambia el panorama^[38].

El filósofo John Searle ataca la prueba de Turing desde un ángulo diferente. Lenat y French no discutieron la idea de que los ordenadores pueden pensar; lo que están intentando argumentar es que la prueba de Turing es inadecuada porque es demasiado fácil detectar a un ordenador, incluso aunque pueda pensar. Searle, por otra parte, no tiene reparos en admitir que los ordenadores son capaces de pasar la prueba. Según él, incluso aunque el ordenador apruebe, el resultado no muestra en absoluto que piense. Searle es uno de los mayores críticos de la inteligencia artificial y es un exponente destacado de la visión según la cual ejecutar un programa informático nunca será suficiente para producir pensamiento^[39]. Introdujo un experimento mental —que se ha hecho famoso— que, según él, demuestra esta afirmación. El experimento se conoce como «la habitación china». Si Searle está en lo cierto sobre lo que demuestra este experimento suyo, entonces, ha conseguido probar no solo que la prueba de Turing no es válida, sino también que la inteligencia artificial no puede nunca —nunca— conseguir su objetivo de programar pensamiento. Lo que es más: si está en lo cierto, también ha mostrado algo que es crucial sobre la teoría de que el cerebro humano es un mecanismo que ejecuta programas informáticos: ha demostrado que esta teoría no consigue explicar de forma adecuada cómo funciona el cerebro.

El experimento mental de la habitación china se basa en el hecho de que, en los viejos tiempos, las computadoras eran personas. Como se mencionó en el capítulo II, si se utilizaba la palabra «computadora» en las décadas previas a la Segunda Guerra Mundial, la gente entendía que se estaba haciendo referencia a un empleado humano [en la mayor parte de los casos de sexo femenino]. Como sus homólogos electrónicos modernos, las computadoras humanas calculaban de memoria, siguiendo un programa de instrucciones que había preparado un tercero. En teoría, una computadora humana que trabaja de forma manual puede ejecutar cualquier programa informático que se pueda concebir: quizá suene extraño, pero es cierto. La innovadora idea de Searle es que, en principio, podemos usar una computadora

humana para probar la afirmación de que ejecutar un programa informático en particular es suficiente para generar pensamiento: o para generar comprensión, o cualquier aspecto similar de la cognición. Esto se hace ejecutando el programa en la computadora humana y, luego, preguntándole a la persona si el programa funcionó. Por ejemplo, si se supone que el programa debe permitir a la computadora entender chino, le diremos a la computadora humana: «Estás ejecutando el programa; ¿te permite entender chino?». Puesto que esto es solo un experimento pensado, podemos incluso imaginar que el programa sometido a prueba es de dentro de unos siglos, cuando la inteligencia artificial estará mucho más avanzada.

Presumiremos que el computador humano —llamémoslo Clerk— comprende el lenguaje en el que está escrito el programa, digamos C++. Si Clerk no entiende C++, entonces debe aprenderlo. El primer paso del experimento es proporcionar a Clerk el programa que se va a poner a prueba. En la versión de Searle del experimento mental, se supone que el programa entiende chino escrito. Clerk sigue las instrucciones del programa una por una, igual que lo haría un ordenador electrónico. Para comodidad de Clerk, se ha imprimido el programa y ocupa miles de libros de instrucciones, todos ellos almacenados con esmero en los estantes de una librería. Clerk ha sido muy bien formado en el trabajo de conversión de ideogramas chinos a código binario y viceversa que el programa utiliza para representar los ideogramas (digamos que el programa lo hace mediante una forma de código binario que los científicos informáticos denominan «Pinyin ASCII», pronunciado «asqui»). Habrá un estante distinto de libros de instrucciones para hacer esa parte del trabajo. También le proporcionamos a Clerk un montón de papel en blanco y un buen puñado de lápices. Clerk utiliza papel y lápiz de la misma manera que un ordenador electrónico utiliza la RAM interna: para almacenar los números y los símbolos que se generan a medida que se obedecen las instrucciones del programa. Clerk, por supuesto, trabajará a una velocidad astronómicamente inferior a la de cualquier computadora electrónica, pero al final —siempre y cuando no muera en la tarea—, habrá llevado a cabo cada paso de la computación. Es literalmente cierto que el programa se ha ejecutado en una computadora humana. En la Caja 3, se explica lo que Searle cree que demuestra su experimento de la habitación china.

Searle, que heroicamente se puso a sí mismo a hacer el papel de Clerk, nos dice que después de haber ejecutado el programa, dirá enfáticamente «no» cuando le preguntemos si entiende caracteres chinos. Supongo que, dado el caso, Searle podría llevarse una sorpresa y verse a sí mismo respondiendo «sí». Pero incluso si termina por decir «no», ¿por qué habríamos de creerle? A veces, las personas niegan de forma sincera ser capaces de hacer cosas que, de hecho, pueden hacer perfectamente bien. Tomemos el extraordinario fenómeno denominado «ceguera cortical», por ejemplo, una consecuencia típica del daño que se produce en una región concreta del cerebro durante un ataque o una intervención quirúrgica. Una persona con ceguera cortical niega sincera y rotundamente poder ver un diminuto punto de luz proyectado en una

pantalla, pero si se le pide que estire el brazo y señale el punto, consigue hacerlo con una precisión infalible^[40]. Quizá Searle haya desarrollado una capacidad, por así decirlo, «cegada corticalmente» para comprender los símbolos chinos. Dejemos este asunto a un lado, no obstante, y por el bien del argumento coincidamos con Searle en que ejecutar un programa no lo capacita para comprender los garabatos. El siguiente asunto que debemos considerar es si Searle es en realidad la persona adecuada a quien preguntar. Hay, después de todo, otro interlocutor en la escena de la habitación china. Es el programa en sí mismo, cuyas réplicas a nuestras preguntas están expresadas por los puñados de símbolos que Searle devuelve a los investigadores. Si le preguntamos (en chino): «Por favor, díganos su nombre», el programa responde: «Mi nombre es Mei See Lim». Y si le preguntamos: «Mei See, ¿entiendes estos caracteres chinos?», el programa responde: «Sí, ¡por supuesto que los entiendo!».

Caja 3: El experimento de la habitación china

John Searle explica su famoso experimento mental. «Tómese un lenguaje que usted no entienda». En mi caso, yo no entiendo chino. Para mí, la escritura china parece un montón de garabatos sin sentido. Ahora suponga que me ubican en una habitación que contiene cestas llenas de símbolos chinos. Supongamos también que se me da un libro de instrucciones en inglés para emparejar los símbolos chinos con otros símbolos chinos. Las reglas identifican los símbolos exclusivamente por sus formas y no es necesario que yo los entienda. Las reglas pueden decir cosas del tipo: «Tome un signo garabato-garabato de la cesta número 1 y póngalo junto a un signo garrapato-garrapato de la cesta número 2». Imaginemos que la gente que está fuera de la habitación y que entiende chino me entrega montones de símbolos y que en respuesta yo manipulo los símbolos de acuerdo con el libro de instrucciones y devuelvo a mi vez montones de símbolos. Pues bien, el libro de instrucciones es el «programa informático». La gente que lo escribió son los «programadores» y yo soy la «computadora». Las cestas llenas de símbolos son la «base de datos», los símbolos que se me entregan son «preguntas» y los que yo devuelvo son «respuestas». Ahora supongamos que el libro de instrucciones está escrito de un modo tal que mis «respuestas» a las “preguntas” no se pueden distinguir de las de un hablante de chino nativo... Yo satisfago la prueba de Turing de entender chino. Pero, finalmente, no sé una palabra de chino. Y no hay manera de que yo pueda llegar a entender chino con el sistema que se ha descrito, puesto que no hay modo alguno de que yo pueda aprender los significados de ninguno de los símbolos. El sentido del experimento mental es este: si yo no entiendo chino meramente a partir del funcionamiento de un programa informático para entender chino, entonces, ninguna computadora digital lo hace partiendo de lo mismo. Las computadoras digitales se limitan a manipular símbolos formales de acuerdo con las instrucciones del programa»^[41].

¿Deberíamos creer al programa cuando dice: «Sí, por supuesto que los entiendo»? Esta es, en realidad, la misma cuestión con la que comenzamos, a saber: ¿ejecutar el programa informático produce entendimiento? Así que el experimento mental de Searle tan solo nos ha hecho dar un rodeo enorme. Evidentemente, Searle cree que, solo del hecho de que él no entienda, se puede deducir que Mei See Lim tampoco entiende. Pero esto no se deduce en absoluto. Es como si un empleado de la limpieza de una gran corporación financiera afirmase: «Yo no pago impuestos en Japón, por lo tanto, la organización de la que yo soy parte tampoco paga impuestos en Japón». El hecho de que Searle no entienda los caracteres chinos no nos aclara nada sobre si el programa los entiende o no. Por muy provocativo que sea el experimento mental de la habitación china, no demuestra ninguna de las cosas que Searle dice que demuestra^[42].

En los casi setenta años que han pasado desde que Turing propusiera por primera vez su juego de las imitaciones, filósofos, psicólogos y científicos informáticos, entre otros, han condenado la prueba de Turing. Ninguna de las ingeniosas y variadas objeciones de estos a la prueba me parece satisfactoria^[43]. Desde mi punto de vista, la prueba continua siendo un objetivo útil, aunque quizá algo distante para la investigación en inteligencia artificial. ¿Logrará aprobar algún ordenador? Solo el tiempo lo dirá.

Hasta ahora no hemos discutido el mayor problema de la teoría de que el cerebro humano es un ordenador. El cerebro, de algún modo, genera *consciencia*. ¿Un ordenador que pase la prueba de Turing sería consciente? Es muy posible que no. De acuerdo con Turing, el pensamiento es una cosa, la consciencia es otra^[44]. Turing se cuestionaba si se puede programar la consciencia para hacerla existir^[45], y decía que hay «misterios» sobre la consciencia^[46]. De hecho, parece que para muchos investigadores la consciencia es el mayor misterio de la mente; el blanco más grande de todo el mapa de la investigación científica, cabe decir. Puede que tengan que pasar muchos siglos antes de que alcancemos una comprensión viable de lo que es la consciencia y de cómo la produce el cerebro. Una vez (más o menos en 1950), Jack Good le preguntó a Turing si había alguna circunstancia en la que él pudiera decir que un ordenador es consciente. Turing replicó: «Diría que era consciente si, en caso contrario, me castigasen»^[47]. Parece que la visión de Turing consistía en que aunque las cuestiones «¿Pueden pensar los ordenadores?» y «¿Pueden los ordenadores pasar la prueba de Turing?» están lo bastante cercanas, las preguntas: «¿Pueden los ordenadores pasar la prueba?» y «¿Pueden los ordenadores ser conscientes?» son muy distintas.

¿Cómo es posible que algo pueda pensar sin ser consciente? ¿De qué habla Turing? El fenómeno de la ceguera cortical puede ayudar a que nos orientemos. Los pacientes con ceguera cortical no son conscientes ni de estar viendo el área de luz ni de saber dónde está esa área; sin embargo, lo saben. El investigador sobre ceguera cortical Larry Weiskrantz especula que esta se puede atribuir a un antiguo sistema de

visión que quedó sobrante de un lejano pasado evolutivo. Este sistema es tan viejo que antecede a la consciencia. En los viejos tiempos, toda la visión era ceguera cortical, si la teoría de Weiskrantz es correcta. En el cerebro moderno, lo normal es que el sistema visual antiguo sea redundante, pero, cuando un trauma en el cerebro destroza parte del campo visual consciente de un paciente, el sistema anterior se abre paso. Ver no es pensar, por supuesto, pero, pese a todo, el fenómeno de la ceguera cortical ayuda a disipar cualquier rastro de paradoja que pueda adherirse a la idea de que algo piense sin ser consciente.

Consideremos un caso más extremo de cognición sin consciencia. Conozcamos a Turbo Cog, un robot del futuro lejano^[48]. Turbo Cog es la máquina universal de Turing más sofisticada que jamás hay salido de un laboratorio de inteligencia artificial. El robot habla como nosotros, interactúa con el mundo con tanto acierto como nosotros, incluso escribe poesía. Un día, mientras Turbo Cog camina solitaria como una nube (que diría Wordsworth) por las colinas y los valles que rodean su hogar —el Instituto Turing—, ve un montón de narcisos dorados. Su color (anota Turbo Cog en su diario) era más rico, más pleno que nada de lo que ella se haya encontrado jamás en su entorno de laboratorio. ¿Cómo es para Turbo Cog contemplar narcisos? Ella ve flores de un color determinado, sí, pero cuando sus ojos artificiales otean el paisaje lleno de narcisos, ¿experimenta algo semejante a las sensaciones de color que nosotros experimentamos en tales circunstancias? ¿O sus sensaciones sobre el color son increíblemente distintas de las nuestras?

Esperemos un minuto, no obstante. Al preguntarnos cómo es para Turbo Cog mirar los narcisos, quizá hayamos aceptado demasiado. *Puede que para Turbo Cog no haya nada semejante.* Puede que, en realidad, Turbo Cog no «experimente» nada cuando ve una flor amarilla o cuando pasa sus sensores de sabor por encima de un caramelo de menta o cuando detecta el olorillo de uno de sus cuadros de mandos al sobrecalentarse. Ella ve los narcisos, sabe que su color es amarillo dorado más que amarillo verdoso o amarillo amarronado y, en consecuencia, puede recordar la escena floral con considerables detalles, gracias a su memoria visual de alta resolución. Sin embargo, todo esto es posible sin que haya ninguna experiencia consciente asociada a las transacciones sensoriales entre el robot y las flores (o el caramelo de menta o el cuadro de mandos sobrecalentado). Cuando Turbo Cog otea con sus ojos artificiales los narcisos, sus circuitos simplemente registran las características numéricas de la luz reflejada en los pétalos. La información fluye hacia el interior de los sensores de Turbo Cog; se hacen millones de cálculos. Es posible que Turbo Cog no tenga más experiencia consciente del color que mi cámara digital cuando sus sensores toman muestras de luz y su procesador computa el balance de color, el foco y el brillo.

Doy por sentado, por cierto, que un ser humano como el lector capta de manera intuitiva de qué estoy hablando aquí: el aspecto de un cielo azul sin nubes; el sentimiento inconfundible pero inefable de calor bajo la piel; el viento que sopla a través del pelo; el leve retortijón de un dolor de estómago... aunque yo odiaría tener

que explicarle a Turbo Cog qué es exactamente lo que tememos que ella se esté perdiendo. No hay duda de que ella insistiría, enfadada, en que no falta nada, en que ella también puede decir cuándo está al viento su cabello. Quizá, como Turing sugería, el curso de acción más educado sería limitarse a asentir cuando Turbo Cog nos asegure que ella tiene experiencias conscientes, por muchas dudas que podamos albergar en nuestro corazón^[49].

El ejemplo de Turbo Cog ilustra la idea de Turing de que «¿Es X consciente?» y «¿Piensa X?» son dos preguntas bastante distintas. Yo no tendría ninguna reserva en afirmar que Turbo Cog piensa, desde el momento en que, como expuso Michie, el robot tiene la misma «versatilidad y habilidades de comportamiento integrador que nosotros demandamos de nuestros colegas»^[50]. Y me complace afirmar que Turbo Cog piensa, aunque yo no tenga ni idea de si Turbo Cog es consciente o no. Si de algún modo quedara probado que el robot carece de consciencia, eso no necesariamente haría que yo cambiase de opinión sobre si el robot piensa.

Pasemos a la pregunta más delicada de todo el lote. ¿Es la mente humana una máquina? Esta cuestión fascinaba tanto a Turing como a Gödel. Como se mencionó en el capítulo II, Gödel, en cierta ocasión, afirmó en una conferencia que la «mente humana nunca podrá ser reemplazada por una máquina»^[51]. «El cerebro es una máquina computadora conectada con un espíritu», dijo más tarde Gödel teatralmente^[52].

Parece claro que algo de lo que la mente hace es mecánico, pero el asunto espinoso es si la mente es por entero mecánica. Turing trazó una analogía, relacionada con pelar las sucesivas capas de una cebolla. «Al considerar las funciones de la mente o del cerebro, encontramos ciertas operaciones que podemos explicar en términos puramente mecánicos —dijo—. Esto, decimos, no se corresponde con la verdadera mente. Es una suerte de piel que tenemos que arrancar si queremos encontrar la verdadera mente»^[53]. «Pero entonces —continuaba Turing—, en lo que resta, encontramos otra piel que hay que arrancar, y así sucesivamente». «Al proceder de esta manera, ¿llegamos jamás a la “verdadera” mente? —se preguntaba—. ¿O finalmente llegamos a la piel bajo la cual no hay nada?». La mente será una máquina únicamente en el caso de que cada capa sucesiva sea mecánica y de que no haya ningún residuo no mecánico bajo la última piel de la cebolla. Es una cuestión abierta. A menudo se achaca a Turing haber dicho dogmáticamente que la mente es una máquina, pero Donald Michie me recalcó que, en sus discusiones, Turing «se mostraba abierto» respecto al asunto^[54].

Gödel analizó la idea de que hubiera una «raza» de matemáticos artificiales, una sociedad de máquinas que pudieran probar teoremas matemáticos. Señaló que, a no ser que la sociedad se desarrollara de modos básicamente incomputables, toda la raza podría ser reducida a una única máquina maestra^[55]. Si existiese, esta máquina maestra universal sería capaz de hacer el trabajo de todas las demás máquinas que

pertenecieran a la raza. Max Newman sugirió en una ocasión que el conjunto de las matemáticas formales trataba, en verdad, de encontrar pruebas que pudieran ser producidas por una única máquina maestra^[56]. Turing no estaba de acuerdo y reprendía a Newman por ser un «hilbertiano extremo»^[57]. Si los matemáticos caen presos del mito hilbertiano de esta máquina maestra única, entonces «tienen que acostumbrarse a la técnica de dicha máquina», decía Turing, puesto que no hay nada más allá de la máquina. Si suscribimos el mito, tenemos que «resignarnos al hecho de que hay algunos problemas cuya respuesta no podremos obtener jamás». La propia visión de Turing era diferente. («En estas líneas, mi lógica ordinal no tendría sentido», le escribió a Newman). De hecho, la existencia de una única máquina maestra capaz de ejecutar todas las matemáticas es contraria a lo que él mismo había probado en 1936.

Turing le dijo a Newman: «Si piensas en varias máquinas, no veo ninguna dificultad». Muchas máquinas pueden conseguir lo que una sola no puede. Aunque no haya una única máquina que pueda dominar todo el contenido de las matemáticas, no se discute que la raza interminable de máquinas en conjunto no pudiera hacerlo de forma colectiva. Hilbert se equivocaba en que las matemáticas son una máquina gigante, pero no hay ningún obstáculo en contemplar a los matemáticos humanos como seres similares a la raza de máquinas de Gödel.

Parece que la visión de Turing sobre la mente era algo semejante a esto. En la medida en que la mente es mecánica, se corresponde en diferentes momentos con diferentes miembros de la raza de máquinas matemáticas de Gödel. A medida que un matemático humano adquiere progresivamente más conocimiento matemático, se asemeja a diferentes miembros de la raza de máquinas. La cuestión suprema para Turing era: ¿qué subyace a esta transformación de la mente, por la cual la mente equivale a una máquina antes de la transformación y a otra diferente después? La respuesta que solía dar antes era la «intuición»: la mente se transforma cuando intuye nuevas verdades matemáticas. Antes del acto de intuición, la mente equivale a lo que los matemáticos llaman una máquina más débil y, después, equivale a otra más fuerte. A medida que, con el paso del tiempo, se alcanzan progresivamente más intuiciones, la mente va equivaliendo a una sucesión de máquinas diferentes, cada una más fuerte que la anterior. La respuesta que más adelante dio Turing, por otra parte, fue el «aprendizaje»: la mente no adquiere conocimientos nuevos mediante la intuición, sino por un proceso de aprendizaje y descubrimiento^[58]. Exactamente, ¿cómo funciona este proceso de aprendizaje y descubrimiento? ¿Tiene algún aspecto incomputable, en virtud de la observación de Gödel sobre la máquina maestra? Si Turing hubiera continuado vivo, probablemente habríamos oído su detallada respuesta.

«Solo podemos ver un poco por delante de nosotros, pero ahí se ven muchas cosas que están por hacer», dijo Turing^[59]. El futuro estaba preñado de problemas que resolver, pero Turing murió el 7 de junio de 1954, quince días antes de cumplir

cuarenta y dos años.



Figura 35. Turing tras ganar una carrera.
Crédito: King's College Library, Cambridge.

«Disculpa del primer ministro al criptoanalista Alan Turing: fuimos inhumanos». Así reza un titular del periódico británico *The Guardian* de 2009^[1]. El artículo afirmaba: «Ayer por la noche, Gordon Brown hizo pública una disculpa inequívoca en nombre del gobierno a Alan Turing, el criptoanalista de la Segunda Guerra Mundial que se quitó la vida hace cincuenta y cinco años tras haber sido sentenciado a la castración química por ser homosexual». En su elegante disculpa, largo tiempo esperada, el primer ministro británico dijo: «Aunque Turing fue juzgado según la ley del momento y no podemos dar marcha atrás al reloj, su tratamiento fue, desde luego, absolutamente injusto, y me agrada tener la oportunidad de decir cuánto siento, cuánto sentimos todos nosotros, lo que le ocurrió»^[2]. El primer ministro continuó: «En 1952, fue condenado por “ultraje a la moral pública”: a los efectos, fue juzgado por ser homosexual. Su sentencia —y se tuvo que enfrentar a la miserable elección entre esto o ir a la cárcel— fue la castración química mediante una serie de inyecciones de hormonas femeninas. Se quitó la vida solo dos años después».

Hoy en día, muchos habrán oído que Turing acabó con su vida mordiendo una manzana envenenada. La historia de que un científico que trabajaba en un cerebro electrónico había empleado una manzana para ingerir cianuro apareció por primera vez en los periódicos poco después de que Turing muriera^[3]. Un artículo de *The Washington Post* en la mañana de lo que habría sido el centésimo aniversario del nacimiento de Turing reiteraba esta visión de que el criptoanalista aliado se había «suicidado mordiendo una manzana envenenada con cianuro»^[4]. En la habitación de Turing se encontró una manzana al lado de su cuerpo; sin embargo, las autoridades nunca hicieron las pruebas para detectar cianuro. El amor por una buena historia se ocupó del resto. De hecho, la presencia de una manzana a medio comer en la mesita de noche de Turing no da ninguna clave sobre cómo murió. Tenía la costumbre, desde hacía muchos años, de terminar el día dándole unos mordiscos a una manzana^[5]. El veredicto registrado en la investigación de Turing fue que se había suicidado tomando veneno en un momento en que su equilibrio mental se hallaba trastornado^[6]. Pero, como voy a mostrar, la investigación sobre la muerte no se llevó a cabo a conciencia.

Owen Ephraim era un ingeniero informático que trabajaba codo a codo con Turing en el laboratorio de informática de Manchester desde principios de 1954. Mantenía el delicado *hardware* en funcionamiento mientras Turing ejecutaba sus programas. Ephraim recordaba con ironía el «deleite de Turing cuando el ordenador, alguna vez, producía los resultados que él andaba buscando». «Yo fui la última

persona que pasó tiempo trabajando con Alan», explicó. Se habían «dicho hasta luego» como acostumbraban, al final de lo que resultó ser la última semana de Turing en la universidad. Sin embargo, ni el forense a cargo de la investigación sobre la muerte de Turing ni la policía interrogaron a Ephraim sobre la conducta de Turing. «Nadie de la policía ni de ningún otro lado me preguntó jamás sobre su comportamiento durante aquellos últimos días antes de que su vida terminara —dijo Ephraim—. Por lo que yo sé, no se hicieron ese tipo de investigaciones en la universidad». Continuó: «Si me hubieran preguntado, habría dicho que Alan Turing se condujo de una forma perfectamente normal durante aquellos últimos días y manifestó la misma dedicación que siempre».

¿Habría cambiado el veredicto de suicidio una investigación más inquisitiva? Posiblemente no. Un veredicto abierto, que indicase incertidumbre, habría sido más apropiado. Reabramos el caso y revisemos las pruebas que aún perduran. La idea de que Turing se suicidó está ahora profundamente arraigada: ha llegado la hora de hacer una evaluación desapasionada. La oficina del forense destruyó los registros oficiales de la investigación —habitualmente, los documentos de las investigaciones de fallecimiento se destruyen pasados quince años—, pero afortunadamente, la madre de Turing, Sara, conservó una copia de las variadas declaraciones hechas ante el forense, y también del informe del patólogo. Estos documentos nos proporcionan los siguientes datos.

Turing fue encontrado muerto en su cama de Hollymeade, a última hora de la tarde del martes 8 de junio de 1954. Su ama de llaves, Eliza Clayton, llegó sobre las cinco de la tarde para prepararle la cena. Había estado fuera dos días durante las vacaciones de Whitsun (así se denomina al día festivo tradicional británico que coincide con Pentecostés). La señora Clayton entró por la puerta de servicio, como siempre, pero no había ni rastro de Turing. En su dormitorio, la luz estaba encendida. Llamó a la puerta y, como no obtuvo respuesta, la abrió. «Vi al señor Turing sobre la cama —dijo^[7]—. Estaba echado de espaldas y parecía muerto. Le toqué la mano, que estaba fría».

La señora Clayton se fue a casa de un vecino y telefoneó a la policía^[8]. Regresó a la habitación de Turing con el sargento de policía Cottrell, adjunto a la oficina del forense, quien examinó el cuerpo. Turing llevaba puesto el pijama, y su reloj de muñeca estaba en la mesita de noche^[9], junto con la mitad de una manzana a la que se le habían dado algunos mordiscos. Había un líquido blanco y espumoso en torno a la boca de Turing y olía a almendras amargas, indicio de cianuro. Turing estaba echado en la cama «en una posición prácticamente normal», dijo Cottrell^[10]. Tenía la ropa de cama subida hasta el cuello^[11]. No obstante, el envenenamiento por cianuro no es una muerte tranquila, y los síntomas suelen incluir convulsiones. ¿Ordenó la habitación alguien después de que Turing muriera cubriendo su cuerpo con la ropa de cama? ¿La propia señora Clayton, quizá? No es infrecuente que el primero en llegar intente hacer que la escena de la muerte sea menos horrible. Los zapatos de Turing,

sin embargo, estaban fuera del dormitorio, al otro lado de la puerta, lo cual resulta enigmático. Poner el calzado fuera de la habitación por la noche era una práctica bastante común entre las clases privilegiadas: si los criados estaban de servicio, les sacarían brillo a la mañana siguiente. Pero eso no es algo que Turing hiciera. La señora Clayton encontró los zapatos a la puerta del dormitorio, por fuera^[12]. «Eso no era normal», comentó^[13].

Turing comió chuletas de cordero y murió en algún momento durante la noche del lunes 7 de junio^[14]. Si el informe del patólogo de la policía es fiable, no hay ninguna duda de que murió a causa de un envenenamiento por cianuro^[15]. La cuestión crucial, empero, es cómo llegó el cianuro a su cuerpo. El asunto se complica por el hecho de que la policía encontró una gran cantidad de esa sustancia en un pequeño laboratorio anexo a su habitación^[16]. Turing lo llamaba «la habitación de las pesadillas»^[17]. En él, la policía vio una cacerola llena de un líquido burbujeante, y dentro había unos electrodos conectados, a través de un transformador, a la luz que estaba fijada en el centro del techo. A Turing le encantaba trastear con la electrolisis y se había quedado muy complacido cuando consiguió dorar una cuchara (en la habitación se encontró también otra cuchara, que aún no había sido chapada)^[18]. El cianuro era parte del proceso. Sobre una mesa, cerca del aparato electrolítico, se encontró un frasco de medio kilo de mermelada (un frasco de gelatina) que contenía solución de cianuro. En el cajón superior de la cómoda de Turing apareció una botella con cristales de cianuro.

La electrolisis asistida con cianuro puede parecer una afición curiosa, por no decir peligrosa, pero a Turing le gustaba hacer las cosas por sí mismo. Cuando, estando en Bletchley Park, le robaron su juego de ajedrez, fabricó cuidadosamente nuevas piezas con arcilla, cociéndolas en una olla sobre su propia chimenea^[19]. Una semana antes de la muerte de Turing, Robin Gandy estuvo en Hollymeade. Jugaron «al juego de la isla desierta» de Turing, que consistía en intentar producir por electrolisis una gama de químicos lo más amplia posible a partir de sustancias comunes de la casa^[20]. Incluso cuando era un niño, a Turing lo fascinaba esta idea, y escribió desde Hazelhurst sobre sus experimentos químicos: «Parece que siempre quiero hacer cosas a partir de lo que abunda en la naturaleza y con el mínimo gasto de energía»^[21]. Sus experimentos de electrolisis de la «isla desierta» eran análogos a lo que en matemáticas se denomina el método axiomático, según el cual se hacen brotar tantas matemáticas como se pueda a partir de una mínima colección de verdades autoevidentes, una breve lista de tópicos matemáticos reducidos drásticamente al mínimo posible.

Así que, ¿cómo murió Turing? Las únicas tres posibilidades son suicidio, muerte accidental y asesinato por persona o personas desconocidas. Revisemos una a una estas tres posibilidades. Las evidencias de suicidio son escasas. Turing había hablado sobre el tema del suicidio con su amigo Nick Furbank, pero a Furbank no le quedó

claro que estuviera hablando indirectamente sobre sí mismo^[22]. Si Turing tenía intención de quitarse la vida, no se lo dijo a su amigo. De hecho, absorto en otras cosas, Furbank se había ido alejando de la vida de Turing y, durante los dos o tres últimos meses antes de su muerte, no se visitaron. Si nos atenemos a las transcripciones de la investigación, no se presentó al forense prueba alguna que indicase que Turing pretendía suicidarse. La directriz actual señala que un veredicto de suicidio no debe quedar registrado a no ser que haya evidencias claras que indiquen que la persona de veras pretendía quitarse la vida más allá de toda duda razonable^[23]. Es llamativo que el forense, J. A. K. Ferns, parezca haber mostrado tan poco interés en tratar de buscar pruebas concernientes a las intenciones de Turing o a su estado mental. Según un reportero que cubrió la investigación, el forense dijo: «Me veo obligado a concluir que este fue un acto deliberado. En un hombre de su tipo, uno nunca sabe qué es lo siguiente que van a hacer sus procesos mentales»^[24].

Parece que la investigación del fallecimiento se llevó a cabo apresuradamente: ocupó menos de dos días enteros tras el descubrimiento del cuerpo de Turing. Sara Turing regresó de Italia avanzado el día 9 de junio, la noche anterior al proceso, y «solo entonces me enteré» de sus progresos, dijo^[25]. No pudo asistir y más tarde se lamentaba de que no le hubieran dado tiempo para sugerir que había que llamar a otros testigos. Ninguna evidencia de ningún tipo apareció en las transcripciones de la investigación para justificar la afirmación de que el equilibrio mental de Turing estaba trastornado. De hecho, parece que su estado mental era normal. Turing y Gandy pasaron un fin de semana divertido: la señora Clayton dijo que «realmente parecía que estuvieran pasando un buen rato»^[26]. «Cuando me quedé con él el fin de semana antes de Whitsun —dijo Gandy—, lo que parecía, en todo caso, era más contento de lo normal»^[27]. Su vecina, la señora Webb, también consideró que estaba muy contento. El jueves 3 de junio, cuatro días antes de su muerte, Turing hizo una merienda improvisada para ella y su hijo Rob, y les invitó a té y tostadas. «Fue una reunión muy alegre», dijo ella^[28].

Un día, un amigo de Turing, Peter Hilton, me sorprendió. Habíamos salido del supermercado para comprar un frasco de su conserva de ciruela favorita. En 1954, Peter había estado trabajando en Manchester, en el departamento de matemáticas de Max Newman. Y allí en el supermercado, apoyado en el armario de las verduras congeladas, de repente me dijo, sin venir a cuento, que Turing había dejado una nota en su despacho de la universidad antes de irse a casa aquella última vez para pasar el fin de semana de Whitsun. La nota contenía instrucciones de Turing al propio Turing sobre lo que había que hacer durante la semana siguiente. Quizá Turing experimentaba conflictos consigo mismo y pensaba en el suicidio y al tiempo planeaba su vida de la forma habitual. O puede que no estuviera pensando en absoluto en suicidarse. También había escrito, aunque aún no la había mandado por correo, una carta en la que aceptaba una invitación para asistir a un evento de la

Royal Society of London ese mismo mes^[29]. Unos pocos días antes de su muerte, había concertado una cita con Bernard Richards para oír los pormenores de la nueva confirmación que este joven científico había hecho de la teoría de Turing sobre el crecimiento biológico. La cita era para el martes, el día en que su cuerpo fue encontrado^[30].

Si intentamos descubrir un motivo de suicidio, ¿es preciso que miremos más allá de la «castración química»? Pero, por otra parte, Turing había sobrellevado su juicio y la abusiva «terapia» química que sufrió a continuación con lo que Hilton había descrito como «divertida fortaleza». Las dosis hormonales habían terminado en abril de 1953, bastante más de un año antes de su muerte. Después de doce meses de «organoterapia» inhumana, Turing seguía encontrando «apetecibles» (utilizó esta palabra en una carta a Robin Gandy) a algunos de los hombres jóvenes que conocía^[31]. A comienzos del verano de 1953, había hecho el equipaje para irse de vacaciones al recién abierto Club Méditerranée de Ipsos, en la isla griega de Corfú^[32]. Sol, playas, hombres. Si Turing estaba sufriendo de una depresión que podía suponer una amenaza para su vida tras los meses del tratamiento hormonal, no hay prueba de ello. Su carrera, lo que es más, estaba en otro de sus puntos culminantes: su investigación sobre el crecimiento iba estupendamente bien y la perspectiva de nuevos resultados de importancia fundamental estaba a la vuelta de la esquina. Su madre nunca creyó que se hubiera suicidado. Escribió: «Estaba en la cúspide de sus capacidades mentales, con una fama creciente [...]. De acuerdo con los parámetros ordinarios, tenía todos los motivos para vivir»^[33]. El buen amigo de Turing, Don Bayley, le escribió a Gandy: «Me resulta un completo misterio, porque él disfrutaba muchísimo de la vida»^[34]. Fue desconcertante.

¿Bebió Turing —por alguna razón desconocida— solución de cianuro del frasco de mermelada que el sargento Cottrell encontró en la habitación de las pesadillas? Puede que lo hiciera. Más de medio siglo después, no se puede saber a ciencia cierta. Sin embargo, Cottrell no observó «signo alguno de quemadura en torno a la boca» y dijo que no había oído más que una «leve» traza de almendras amargas en torno a la boca de Turing^[35]. Es bastante posible que ese leve aroma viniera de la espuma que Cottrell notó en los labios, más que de un residuo generado por haber ingerido el oloroso contenido del frasco de mermelada.

Si Turing no se tragó deliberadamente la solución de cianuro, ¿qué posibilidades quedan? Sara pensaba que tenía que haberse tomado el cianuro por accidente. En el laboratorio, Turing era un patoso. Por mero descuido, había sufrido descargas de alto voltaje, y a veces comprobaba sus experimentos químicos metiendo los dedos y probando^[36]. Tolerar que hubiera un frasco de cristales de cianuro dando vueltas por su cajonera era más de lo mismo. Concebir que alguien ingiera por accidente una dosis letal de cianuro, aunque sea alguien con las costumbres endiabladamente descuidadas de Turing, puede parecer llevar la imaginación un poco lejos. Sin

embargo, Don Bayley, que trabajó con él en un laboratorio durante más de un año, dijo que Turing era muy capaz de meter la manzana en un charco de cianuro sin darse cuenta^[37].

Sara sospechaba que Turing podía haber inhalado ácido cianhídrico de la cacerola de líquido burbujeante en el laboratorio de su casa^[38]. Es una posibilidad. Los «cocineros» de droga ilegales que trabajan en reducidos laboratorios de droga pueden morir de una exposición accidental al ácido cianhídrico que emana de sus guisos químicos^[39]. La «habitación de las pesadillas» de Turing era una pequeña zona que había quedado sobrante cuando se instaló el baño del segundo piso de Hollymeade, tan estrecha que no era apta para fines domésticos^[40]. Cottrell y el patólogo de la policía percibieron un «fuerte olor» a cianuro en la habitación de las pesadillas^[41]. Puede que Turing estuviera trabajando en el laboratorio e inhalase el ácido de manera constante durante más de media hora. Si hay una exposición prolongada, el cianuro se puede ir acumulando en el cuerpo hasta que se alcanza, finalmente, una dosis letal^[42]. El doctor Charles Bird, que llevó a cabo el examen *post mortem*, se percató de que la tráquea y los pulmones de Turing estaban llenos de un fluido acuoso que «olía fuertemente a almendras amargas»^[43]. Si esto es lo que ocurrió, entonces, ¿por qué Turing no se alarmó por el fuerte olor del gas? Se puede responder sencillamente que él no era capaz de olerlo. Un porcentaje sustancial de la población es genéticamente incapaz de detectar el olor del cianuro. Una investigación llevada a cabo en un laboratorio de patología de Estados Unidos halló que tan solo una de cada cinco personas podía oler de inmediato una fuente de cianuro en un laboratorio, fuente que, según el investigador, despedía «un fuerte olor a almendras tostadas»^[44]. Además, la capacidad de una persona para detectar el olor de cianuro puede ir «apagándose» espontáneamente a medida que la concentración tóxica del gas asciende^[45]. Durante su formación, se advirtió cuidadosamente a los miembros del personal de defensa británico que trabajaban con gas cianuro en condiciones de laboratorio que su capacidad para detectar el olor del gas podía abandonarlos justo cuando más la fueran a necesitar^[46]. Tras la inhalación de una concentración baja pero fatal de cianuro, los síntomas no suelen aparecer de inmediato. Turing pudo haberse ido a la cama con normalidad, pudo haberse puesto el pijama y haberse quitado el reloj antes de la arremetida de las náuseas y la falta de aire. Si llevase el pijama puesto y hubiera estado trabajando en el laboratorio a altas horas, como hacía con el ordenador, le habría dado tiempo de llegar a la cama incluso después de una inhalación repentina y accidental de una dosis mayor del gas^[47]. Por supuesto, también es posible que la inhalación de cianuro fuera deliberada y se tuviera la pretensión de que pareciera accidental.

El informe *post mortem* de Bird no ofrece pruebas decisivas sobre cómo penetró el cianuro en el cuerpo de Turing. Tras una exposición a cianuro por cualquiera de las tres vías —inhalación, ingestión o inyección—, el veneno se distribuye ampliamente

por todos los órganos y tejidos. Un manual bélico de química del ejército estadounidense para personal médico del campo de batalla describe un indicador para distinguir víctimas envenenadas por inhalar cianuro frente a las que lo son por ingerirlo. En un examen *post mortem*, el hígado suele mostrar mayor concentración del veneno si la víctima lo ha ingerido, mientras que, si lo ha inhalado, en el hígado la concentración suele ser mucho menor, en comparación con otros órganos internos^[48]. Es de notar que Bird indicó en su informe, sin ningún comentario adicional, que el hígado de Turing era «normal», mientras que otros órganos «olían a almendras amargas»^[49].

El informe *post mortem* de Bird tampoco proporciona ninguna prueba clara sobre la concentración de cianuro en el cuerpo de Turing. Aparte de utilizar su propio sentido del olfato —a pesar del riesgo—, no parece que Bird hubiera llevado a cabo ninguna prueba para determinar la cantidad de cianuro en los diversos órganos; tampoco ninguno de los dos informes que presentó en la investigación incluía medidas de la concentración de cianuro^[50]. Las subjetivas palabras de Bird, del tipo «olía fuertemente», no dicen gran cosa de las concentraciones que había en realidad. Incluso aquellas personas que tienen la capacidad de oler cianuro muestran una variación individual en su sensibilidad: diferentes sujetos perciben la misma muestra de cianuro con más o menos intensidad. Los investigadores dividen a aquellos que son capaces de oler cianuro en cinco categorías, desde los que apenas huelen a los que lo huelen muchísimo, los cuales, supuestamente, son capaces de oler concentraciones de cianuro tan diminutas como de una parte por millón^[51]. Bird podía estar en cualquier lugar de este espectro, y las impresiones subjetivas que registró sobre el olor solo nos dan una orientación muy burda respecto a la concentración de cianuro. También en el estómago de Turing descubrió Bird un fluido que «olía fortísimamente a almendras amargas»^[52]. Este «fortísimo» olor se podría explicar por el hecho de que el ácido gástrico tiende a liberar el cianuro en forma de gas de cualquier fluido portador de cianuro que haya en los intestinos^[53]. Pero ¿cómo llegó el cianuro al estómago en primer lugar: al tragar líquido de un frasco de mermelada o por algún otro medio? Inhalar gas cianuro, especialmente durante un largo periodo de tiempo, puede hacer que, al tragar, pase cianuro al estómago^[54]. ¿O es que Turing se tragó el líquido acuoso, cargado de cianuro, que estaba invadiendo su sistema respiratorio? Muchas personas han experimentado el paso de los fluidos del sistema respiratorio por el esófago, y hasta el estómago, si han sufrido dolencias como la gripe, la bronquitis, la rinitis o la neumonía. Bird no consignó que hubiera en el esófago trazas de posibles fluidos provenientes del sistema respiratorio^[55]. En resumen, la situación es compleja y la cautela no sobraba. Bird concluyó tan solo que la causa de la muerte fue envenenamiento por cianuro; y, sobre la base de las investigaciones declaradas, al menos eso parece cierto.

En 2011, se emitió en la televisión británica una dramatización de la vida de

Turing, *Britain's Greatest Codebreaker* [El mejor criptoanalista de Gran Bretaña], producida por Patrick Sammon y Paul Sen. Gran parte de la acción de este bien narrado docudrama consiste en unas conversaciones ficticias entre Turing y su psicoterapeuta, el doctor Greenbaum. Turing comenzó a ver a Franz Greenbaum, que vivía en Wilmslow Road, a un paseíto en bicicleta de la casa de Turing, en 1952. Como era propio de Turing, enseguida forjó una amistad no solo con el analista, sino también con sus dos jóvenes hijas. (A menudo pasaba los domingos con la familia Greenbaum y fue a Maria, la hija de siete años de Greenbaum, a quien Turing dio la caja de dulces «zurda» que se ha mencionado antes). La dramatización de televisión da por sentado el veredicto de suicidio del forense y, hacia el final del guion, el personaje de Turing discute sobre el suicidio con el personaje de Greenbaum. En el artículo de seguimiento de Sammon y Sen «Turing Committed Suicide: Case Closed» [Turing se suicidó: caso cerrado], los autores retratan a Greenbaum como alguien que sentía que «el suicidio era un escenario probable» y que, como terapeuta de Turing, veía «la muerte de Alan más como un suicidio que como un accidente»^[56]. Estas no son afirmaciones del propio Greenbaum. Un año después de la muerte de Turing, el auténtico Greenbaum le escribió una carta a Sara: «No tengo ni el menor asomo de duda de que Alan murió por accidente»^[57]. Otra de las pruebas a favor del suicidio que adelantaron Sammon y Sen resulta débil. Describen el hecho de que Turing preparara un testamento aproximadamente cuatro meses antes de su muerte como «prueba de premeditación»^[58]. Sin embargo, no es inusual que una persona haga testamento a la edad de cuarenta y un años. En cualquier caso, ese testamento de Turing parece el polo opuesto de las últimas instrucciones de un hombre que espere morir pronto. Incluía un pequeño legado para su ama de llaves, la señora Clayton, junto con un bono anual adicional «por cada año completo en que trabaje para mí a partir del treinta y uno de diciembre de mil novecientos cincuenta y tres inclusive»^[59]. Es improbable que Turing, un hombre de pocas palabras, hubiera incluido esta fórmula en su testamento a no ser que en verdad tuviera pensado que los bonos de la señora Clayton se fueran acumulando durante sus futuros años de servicio.

La tercera posibilidad, que Turing fuera asesinado, puede parecer inverosímil, aunque cosas más extrañas se han hecho en aras del interés nacional. Estábamos en plena Guerra Fría. ¿Pudo haber habido una «operación despiadada» contra el propio Alan Turing? Había sido un jefe supremo casi omnisciente del criptomundo aliado y el conocimiento que poseía tenía una vida útil larga. Al parecer, mientras estuvo en Manchester, había continuado involucrado hasta cierto punto en algunos proyectos delicados del gobierno británico. Cuando se estaba diseñando el ordenador Ferranti de Manchester, Newman y Turing instruyeron a los ingenieros para que incluyeran servicios especiales que, según conjeturó Kilburn más adelante, debían tener fines criptológicos^[60]. En diciembre de 1953, Turing escribió un programa para el ordenador de Manchester cuya función bien podía ser la de producir «libretas de un

solo uso», como los criptógrafos denominan a la cinta de claves que se emplea solo una vez^[61]. Inicialmente, el gobierno le pidió a Manchester unos trescientos metros de cinta de teletipo perforada con un millón de números aleatorios. Los éxitos de criptoanálisis alcanzados en Bletchley Park habían hecho que los aliados —lo cual no deja de ser natural— desconfiaran de las máquinas de cifrado que generaban claves como Tunny, y los años de la posguerra vieron un giro hacia un método más seguro de libreta de un solo uso. La cinta de teletipo única con números aleatorios reemplazó a todos los efectos los doce rotores generadores de claves de Tunny. Sin embargo, un problema significativo de esta cinta de papel única era la ingente cantidad que se necesitaba para cifrar el voluminoso tráfico secreto diario de la nación (incluso el tráfico de naturaleza diplomática o comercial, ni digamos ya el militar). Los Colosos del GCHQ pronto empezaron a usarse para producir cinta de teletipo de un solo uso^[62]. El sistema de Turing para el ordenador de Manchester podía escupir cinta a una velocidad de cuarenta mil números aleatorios por hora.

Es más, el ordenador de Manchester se empleaba para hacer los cálculos de las armas atómicas. Turing fue consultado al comienzo, en 1950, cuando las autoridades se dirigieron a la universidad a propósito de «una serie de cálculos muy extensos»^[63]. Los científicos atómicos del gobierno necesitaban urgentemente los resultados de doscientos cálculos complejos, cada uno de los cuales llevaría unas tres semanas si se hacía a mano^[64]. Las autoridades se vieron en un aprieto y explicaron claramente a los magos del ordenador de Manchester: «Necesitamos desesperadamente su ayuda»^[65]. Tras este primer contacto de urgencia, enseguida se desarrolló una relación permanente. En octubre de 1953, el British Atomic Weapons Research Establishment [la institución británica para la investigación de armas atómicas] firmó un acuerdo formal para comprar grandes segmentos de tiempo del ordenador de Manchester y destinarlos a su propio trabajo ultrasecreto^[66]. También en 1953 los científicos estadounidenses Ethel y Julius Rosenberg fueron condenados por pasarles secretos a los rusos sobre las armas atómicas. Los Rosenberg fueron ejecutados más o menos un año antes de que Turing muriera. A ambos lados del Atlántico, la ansiedad sobre la seguridad había alcanzado su apogeo.

Algunos pueden haber considerado que Turing sabía demasiado sobre demasiadas cosas. En 1950, el senador Joseph McCarthy había iniciado la histérica «era McCarthy» en Estados Unidos y, a punto de terminar 1953, el maccarthismo estaba muy crecido. McCarthy declaró que los homosexuales que estaban al tanto de los secretos nacionales eran una amenaza para la seguridad estadounidense^[67]. ¿Llevaron los servicios secretos a cabo asesinatos encubiertos en Gran Bretaña? David Cornwell —más conocido como el novelista John Le Carré— trabajó para las secciones 5 y 6 de los servicios de seguridad británicos (MI5 y MI6) durante las décadas de 1950 y 1960, y en 2010 le dijo al *Sunday Telegraph*: «Llevamos a cabo mucha acción directa. Asesinatos, a distancia»^[68]. «Hicimos cosas muy malas», añadió. Hay una

remota posibilidad de que Turing fuera asesinado, pero, en cuanto a las pruebas reales, todo lo que se puede decir a favor de esta hipótesis —y no es mucho— es que Turing estuvo claramente en el radar de los servicios de seguridad durante los años anteriores a la «crisis de Kjell» (que se ha contado en el capítulo 10). Un cabo suelto enigmático es el curioso asunto de los zapatos de Turing: ¿quién los sacó del dormitorio?

Es posible que nunca se lleguen a aclarar las circunstancias exactas de la muerte de Turing. No debe afirmarse que se suicidó, porque sencillamente no lo sabemos. Quizá deberíamos limitarnos a encogernos de hombros, aceptar que el jurado aún no se ha decidido y centrarnos en la vida de Turing y en su extraordinario trabajo.

APÉNDICE

PROFUNDIZANDO: UNA SENCILLA MÁQUINA DE TURING

Una máquina de Turing consiste en un lector y una cinta de memoria ilimitada (véase la Figura 36). La cinta, que está dividida en cuadrados, se mueve hacia delante y hacia atrás ante el lector. Cada cuadrado puede estar en blanco o puede tener un único símbolo, por ejemplo «0» o «1». El lector solo puede ver en cada momento un cuadro de la cinta —así que, como mucho, puede ver un símbolo.

El lector tiene mecanismos que le permiten borrar el símbolo del cuadrado escaneado, *imprimir* un símbolo en el cuadrado escaneado y *mover* la cinta a la derecha o a la izquierda, a razón de un cuadrado cada vez. El lector también puede alterar la posición del dial (o de un dispositivo que funcionalmente sea equivalente). Este dial está ubicado dentro del lector. Imaginémoslo como algo semejante a un viejo reloj de bolsillo, pero con una única manecilla o aguja. Esta manecilla puede señalar cualquier posición de un montón de posiciones diferentes localizadas en torno al extremo del dial. Las posiciones se llaman «I», «II», «III», y así sucesivamente (exactamente como las horas marcadas en la esfera de un reloj de bolsillo). Es útil tener un término para las posiciones del dial; actualmente se usa «estados» (el propio Turing, amenazadoramente, las denominó «configuraciones *m*»). La función de este dial es proporcionar al lector una rudimentaria memoria a corto plazo.

Turing introdujo las máquinas de Turing en su trabajo de 1936 «On Computable Numbers». El primer ejemplo que expuso allí de máquina de Turing es muy sencillo de comprender. La máquina comienza el trabajo con una cinta blanca y el lector se limita a imprimir alternativamente ceros y unos a lo largo de la cinta: 0 1 0 1 0 1... Obviamente, esta no es la computación más útil del mundo, pero sirve muy bien para ilustrar cómo funciona la máquina. Para hacer que el ejemplo sea algo más interesante, el lector deja un cuadrado en blanco entre cada cero y cada uno (véase la Figura 37). El lector trabaja de izquierda a derecha desde su punto de partida.



Figura 36. Una máquina de Turing.

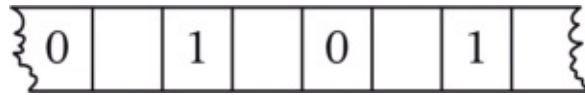


Figura 37. Una máquina de Turing que está llevando a cabo las instrucciones expuestas en la Figura 38 imprimirá una secuencia alternativa de ceros y unos a lo largo de su cinta, dejando un único cuadrado en blanco después de cada símbolo que imprime.

Turing hizo uso de lo que él denominaba una «tabla de instrucciones» para disponer las acciones de la máquina de Turing (véase la Figura 38). «La tabla de instrucciones» era su término para lo que ahora denominamos programa informático. Una tabla de instrucciones de una máquina de Turing tiene cuatro columnas que están rellenas con abreviaciones. «R» abrevia la instrucción «Reubicar el lector un cuadrado a la derecha». (En realidad esto se hace moviendo la cinta un cuadrado hacia la *izquierda*). «L» abrevia «Reubicar el lector un cuadrado a la izquierda» (lo que se consigue moviendo la cinta hacia la *derecha*). «Po» es la abreviación de «Imprimir o en el cuadrado leído» y algo semejante sucede con «P1». Así que la línea superior de la tabla de la Figura 38 dice: «Si estás en el estado I y el cuadrado que estás leyendo está en blanco, entonces imprime 0 en él, mueve el lector un cuadrado a la derecha y ve al estado II». El estado II significa: «Acabo de imprimir cero» y, si se cambia la posición del dial a II, el lector es capaz de «recordar» lo que acaba de hacer. El estado IV significa «Acabo de imprimir 1»; el estado III quiere decir: «Acabo de dejar un cuadrado blanco después de imprimir 0»; y el estado I significa: «Acabo de dejar un cuadrado blanco después de imprimir 1».

Las operaciones que se acaban de mencionar —borrar, imprimir, cambiar de estado y moverse a la derecha o a la izquierda— son las operaciones básicas o atómicas de cualquier máquina de Turing. Como Turing mostró, sus máquinas son capaces de llevar a cabo tareas altamente complejas encadenando grandes cantidades de estas acciones básicas simples. Es un hecho destacable que, a pesar de su austeridad espartana, las máquinas de Turing pueden computar todo lo que un ordenador del mercado actual sea capaz de computar. Incluso se puede decir algo más: como las máquinas de Turing son abstracciones —máquinas nocionales— que tienen acceso a una cinta o espacio de trabajo *ilimitados*, son capaces de terminar computaciones que ningún ordenador físico podría completar en la práctica.

Estado	Cuadrado escaneado	Operaciones	Siguiente estado
I	blanco	P0, R	ii
II	blanco	R	iii
III	blanco	P1, R	iv
IV	blanco	R	i

Figura 38. Un programa sencillo para una máquina de Turing. Una máquina que actúe de acuerdo con esta tabla de instrucciones trabaja sin fin imprimiendo la secuencia deseada de números y dejando alternativamente cuadrados en blanco.

Las máquinas de Turing también son capaces de ejecutar computaciones *sin fin*, como ilustra la máquina que imprime 0 1 0 1 sin cesar. Otro ejemplo de una máquina de Turing cuyas computaciones no cesan nunca es la máquina que calcula cada cifra decimal sucesiva de un número real «infinito» como π . Un número infinito no tiene una cifra final tras la coma decimal. El número π , que se define como la relación entre la longitud de una circunferencia y su diámetro, es 3,14159265... Turing describió π como un «número computable», con lo que tan solo quería decir que una máquina de Turing es capaz de escribir cada una de las cifras decimales infinitas de π , una tras otra. Turing también demostró que, en contraste con π , algunos números infinitos son «incomputables».

En su exposición de «On Computable Numbers», Turing continuó demostrando que la tabla de instrucciones por sí misma podía ser almacenada en la cinta de memoria de una máquina de Turing. La tabla de instrucciones de la Figura 38 se puede escribir linealmente como sigue, utilizando el punto y coma (;) para separar cada instrucción de sus vecinas e insertando «—» en lugar de «espacio en blanco»: I—P0R; II—R; III—P1R; IV—R. El programador puede colocar su lista de instrucciones en la cinta (con cada símbolo en un cuadrado separado). De hecho, Turing enseñó cómo construir un código que permite que cada instrucción posible sea representada mediante un patrón de ceros y unos; así que, en definitiva, estos son los únicos símbolos que el programa necesita escribir en la cinta.

El siguiente paso de Turing fue introducir su máquina universal. La máquina *universal* de Turing tiene una tabla de instrucciones especial —que los ingenieros denominan «predeterminada»— en su lector que no se puede cambiar. La tabla de instrucciones —Turing la expone, con todos sus intrincados detalles, en «On Computable Numbers»— permite a la máquina universal leer y obedecer cualquier lista de instrucciones de una máquina de Turing que el programador almacene en la cinta de memoria. Fue una idea sencilla pero profunda, y el primer paso fundamental

hacia el ordenador moderno.



BRIAN JACK COPELAND (nacido en 1950) es profesor de Filosofía en la Universidad de Canterbury, Nueva Zelanda, donde es director del Archivo de Turing para la Historia de la Computación. También es Profesor Honorario de Filosofía en la Universidad de Queensland, Australia. Ha escrito libros sobre vida y obra de Alan Turing y ha publicado más de 100 artículos sobre la filosofía y la historia de la informática, y la lógica matemática y filosófica.

Notas

[1] La madre de Turing, Sara, ofrece un retrato íntimo y a menudo divertido de su hijo en su biografía *Alan M. Turing*, Cambridge, Heffer, 1959. <<

[2] Donald Michie en una conversación con el autor en octubre de 1995. <<

[3] Michie en una conversación con el autor en octubre de 1995. <<

[4] Robin Gandy, texto mecanografiado, en una nota necrológica sobre Turing (en los Turing Papers, King's College Library, referencia de catálogo A 6); Newman, L., prólogo a *Alan M. Turing*, de Sara Turing, p. ix. <<

[5] Sara Turing, *Alan M. Turing*, pp. 56-58. <<

[6] J. H. Wilkinson en una entrevista con Christopher Evans en 1976 («The Pioneers of Computing: An Oral History of Computing», Londres, Science Museum, © junta directiva del Science Museum). Los archiveros del Science Museum de Londres me facilitaron esta entrevista en una cinta de audio en 1995 y yo la transcribí en 1997. <<

[7] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 9. <<

[8] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 17. <<

[9] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 19. <<

[10] Las cartas de Turing a sus padres están entre los documentos de los Turing Papers, King's College Library (referencia de catálogo K 1). Cuando las fechas no figuran o aparecen incompletas, se ha seguido la datación realizada por Sara Turing.

<<

[11] Geoffrey O'Hanlon citado en Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 39. <<

[12] *The Sirburnian*, trimestre de verano de 1954. <<

[13] Carta de Turing a sus padres, sin fecha, 1926. <<

[14] «Canon Donald Eperson», *The Times*, 25 de mayo de 2001, p. 23. <<

[15] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 30. <<

[16] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 32. <<

[17] Turing le agradece esto a su madre en su carta fechada el 20 de noviembre de 1929. <<

[18] Carta de Turing a Sara, 31 de enero de 1932. <<

[19] Su beca en el King's fue renovada en abril; carta de Turing a Sara, el 12 de abril de 1938. <<

[20] Hinsley, F. H. et al. *British Intelligence in the Second World War*, vol. 2. Londres, Her Majesty's Stationery Office, 1981, p. 29. <<

[21] Véase el artículo de Turing «Computing Machinery and Intelligence», capítulo 11 de mi *The Essential Turing*. Oxford, Oxford University Press, 2004. <<

[22] *The Essential Turing*, p. 449. <<

[1] La fecha y el emplazamiento de las conferencias de Newman fueron anunciados en el *Cambridge University Reporter*, 18 de abril de 1935, p. 826. Wordsworth, «The Prelude», en Knight, W., ed., *The Poetical Works of William Wordsworth*. Cirencester, Echo, 2006, vol. 3, libro 3, verso 57. <<

[2] Yorick Smythies asistió al ciclo de conferencias de Newman en 1934 y tomó notas detalladas, que se conservan en la biblioteca del St John's College. Para más información, véase mi artículo «From the *Entscheidungsproblem* to the Personal Computer», en Baaz, M., Papadimitriou, C. H., Scott, D. S., Putnam, H. y Harper, C. L., eds., *Kurt Gödel and the Foundations of Mathematics*, Cambridge, Cambridge University Press, 2011. <<

[3] Feferman, S. «Gödel's Life and Work», en Feferman, S. et al., eds., *Kurt Gödel: Collected Works*, vol. 1. Oxford, Oxford University Press, 1986. <<

[4] Gödel, K. «Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I», *Monatshefte für Mathematik und Physik*, vol. 38, 1931, pp. 173-198. Existe una traducción al inglés en Davis, M., ed., *The Undecidable: Basic Papers on Undecidable Propositions, Unsolvability Problems and Computable Functions*, Nueva York, Raven, 1965. En español, se puede encontrar *Sobre proposiciones formalmente indecibles de los Principia Mathematica y sistemas afines*, traducido por Luis Manuel Valdés Villanueva y Alfonso García Suárez, Oviedo, Krk, 2006. Para ser exactos, en 1931, Gödel probó que el sistema de aritmética dispuesto por Bertrand Russell y Alfred Whitehead en su influyente obra *Principia Mathematica* es coherente, aunque incompleto, en el sentido de que hay afirmaciones verdaderas de la aritmética que no son demostrables dentro del sistema. Utilizando los descubrimientos de Turing, Gödel pudo más tarde generalizar considerablemente su resultado. Los detalles están explicados en mi *The Essential Turing*, pp. 47-48. <<

[5] Actualmente, esta vía de escape tiene, con todo, sus defensores: véase Mortensen, C. *Inconsistent Mathematics*, Dordrecht, Holanda, Kluwer, 1995; Priest, G. *In Contradiction: A Study of the Transconsistent*. Oxford, Oxford University Press, 2006; Sylvan, R., Copeland, B. J. «Computability is Logic-Relative», en Priest, G., Hyde, D., eds., *Sociative Logics and their Applications*, Londres, Ashgate, 2000. <<

[6] Hilbert, D. «Mathematical Problems: Lecture Delivered before the International Congress of Mathematicians at Paris in 1900», *Bulletin of the American Mathematical Society*, vol. 8, 1902, pp. 437-479 (p. 445). <<

[7] Max Newman en una entrevista con Christopher Evans («The Pioneers of Computing: An Oral History of Computing», Londres, Science Museum, © junta directiva del Science Museum). Los archiveros del Science Museum de Londres me facilitaron esta entrevista en una cinta de audio en 1995 y yo la transcribí en 1997. <<

[8] Carta de R. B. Braithwaite a Margaret Boden, 21 de octubre de 1982. Quiero agradecer a Boden que me haya facilitado una copia de esta carta. <<

[9] Newman, M. H. A., «Dr Alan Turing, An Appreciation», *Manchester Guardian*, 11 de junio de 1954. <<

[10] Gödel citado en Wang, H., *From Mathematics to Philosophy*, Nueva York, Humanities Press, 1974, p. 85. Para la evaluación de Gödel de la relevancia matemática de los resultados de Turing, véase mi *The Essential Turing*, pp. 45, 48. <<

[11] Véase el «Postscriptum» de Gödel en Davis, *The Undecidable*. (La posdata, fechada en 1964, se refiere al trabajo de Gödel de 1934 «On Undecidable Propositions of Formal Mathematical Systems»). <<

[12] Carta de Turing a Sara, 4 de mayo de 1936. <<

[13] Newman, M. H. A. «Alan Mathison Turing, 1912-1954», *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society*, vol. 1, 1955, pp. 253-263 (p. 256). <<

[14] El famoso problema de la parada de la máquina de Turing no estaba entre estos, a pesar de que en la literatura hay un sinfín de declaraciones que afirman que Turing lo introdujo en «On Computable Numbers». El problema de la parada se debe a Martin Davis, que lo formuló en su *Computability and Unsolvability*, Nueva York, McGraw-Hill, 1958, p. 70. Davis piensa que es probable que usara el término «problema de la parada» por primera vez en un ciclo de conferencias que dictó en el Control Systems Laboratory en la universidad de Illinois en 1952 (carta de Davis al autor, 12 de diciembre de 2001). <<

[15] *The Essential Turing*, pp. 39, 73-74. <<

[16] La tesis de Turing a veces también se denomina la «tesis de Church-Turing». Para más información, véase mi «Computable Numbers: A Guide», en *The Essential Turing*, y mi «The Church-Turing Thesis» en *The Stanford Encyclopaedia of Philosophy*, en plato.stanford.edu/entries/church-turing/ <<

[17] Es decir, no se pueden resolver mediante ningún procedimiento sistemático del tipo del que Turing y otros estaban considerando. Hay un concepto más amplio de procedimiento sistemático para el que la tesis de Turing no se sostiene, pero este no es de importancia para el histórico ataque de Turing a Hilbert. Véase mi «Narrow Versus Wide Mechanism», *Journal of Philosophy*, vol. 97, 2000, pp. 5-32, reimpresso en Scheutz, M., ed., *Computationalism: New Directions*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 2002. Véase también mi artículo escrito en colaboración con Diane Proudfoot «Artificial Intelligence» en Margolis, E., Samuels, R. Stich, S., eds., *Oxford Handbook of Philosophy and Cognitive Science*, Oxford, Oxford University Press, 2011. <<

[18] Newman, «Alan Mathison Turing, 1912-1954», p. 256. <<

[19] Hilbert, D. «Über das Unendliche», *Mathematische Annalen*, vol. 95, 1926, pp. 161-190 (p. 180). <<

[20] Newman en una entrevista con Evans; y Newman, M. H. A. «Dr A. M. Turing», *The Times*, 16 de junio de 1954, p. 10. <<

[21] Véase Copeland et al., *Colossus: The Secrets of Bletchley Park's Codebreaking Computers*, Oxford, Oxford University Press, segunda edición, 2010, pp. 102 y siguientes. <<

[22] Para información sobre el motor analítico, véase Lovelace, A. A., Menabrea, L. F. (1843), «Sketch of the Analytical Engine Invented by Charles Babbage, Esq.» en Bowden, B. V, ed., *Faster than Thought*, Londres, Pitman, 1953; Bromley, A. «Charles Babbage's Analytical Engine, 1838», *Annals of the History of Computing*, vol. 4 (1982), pp. 196-217; Swade, D. *The Difference Engine: Charles Babbage and the Quest to Build the First Computer*, Nueva York, Viking, 2001. <<

[23] Bush, V. «The Differential Analyser: A New Machine for Solving Differential Equations», *Journal of the Franklin Institute*, vol. 212, 1931, pp. 447-488; Bush, V. «Instrumental Analysis», *Bulletin of the American Mathematical Society*, vol. 42, 1936, pp. 649-669. <<

[24] Robin Gandy en una conversación con el autor en octubre de 1995. <<

[25] Las notas de la conferencia de Gödel las ha publicado Cassou-Nogues, P., «Gödel's Introduction to Logic in 1939», *History and Philosophy of Logic*, vol. 30, 2009, pp. 69-90. <<

[26] La fórmula ha de estar más allá de lo que Gödel llamaba el cálculo de predicados monádicos, cuya decidibilidad puede demostrar la máquina universal de Turing. Un predicado monádico es, por ejemplo: «Es un entero» frente a un predicado *diádico* (o de dos lugares) como: «Son iguales» o: «Es mayor que». Turing mostró que el cálculo general de predicados, que permite tanto predicados monádicos como diádicos, no es decidible. Otra advertencia: la palabra «finito» es importante. Si se permite a la máquina computadora llevar a cabo un número *infinito* de pasos, entonces el resultado de Turing ya no se sostiene. Véase el reciente artículo escrito por mí y por Oron Shagrir «Do Accelerating Turing Machines Compute the Uncomputable?», *Minds and Machines*, vol. 21, 2011, pp. 221-239. <<

[27] Véase *The Essential Turing*, pp. 46-47. <<

[28] Newman, «Alan Mathison Turing, 1912-1954», p. 258. Carta de Turing a Sara, 29 de mayo de 1936. <<

[29] Church en una entrevista con William Aspray, el 17 de mayo de 1984 (transcripción número 5 en la serie «The Princeton Mathematics Community in the 1930's», universidad de Princeton). <<

[30] Newman, «Alan Mathison Turing, 1912-1954», p. 258. <<

[31] Newman, W. «Max Newman – Mathematician, Codebreaker, and Computer Pioneer» en Copeland et al., *Colossus*, p. 178. <<

[32] Turing, A. M. «On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem», *Proceedings of the London Mathematical Society*, vol. 42 (1936-1937), pp. 230-265. A menudo, se cita incorrectamente 1937 como la fecha de publicación de «On Computable Numbers». De hecho, el artículo se publicó en dos partes; ambas aparecieron en 1936 (la primera el 30 de noviembre y la segunda el 23 de diciembre). <<

[33] Carta de Church a Stephen Kleene, 29 de noviembre de 1935; en Davis, M., «Why Gödel Didn't Have Church's Thesis», *Information and Control*, vol. 54 (1982), pp. 3-24 (p. 8). <<

[34] Gödel, K. «Some Basic Theorems on the Foundations of Mathematics and their Implications», en Feferman, S. et al., eds., *Kurt Gödel: Collected Works*, vol. 3, Oxford, Oxford University Press, 1995, pp. 304-305. [En español, las *Obras completas* de Gödel, traducidas por Jesús Mosterín, están publicadas por Alianza Editorial (2006)]. Véase también «Undecidable Diophantine Propositions» (en *Collected Works*, vol. 3), p. 168. <<

[35] Véase *The Essential Turing*, capítulo 2. <<

[36] Donald Davies en una entrevista con Christopher Evans en 1975 («The Pioneers of Computing: An Oral History of Computing», Londres, Science Museum, © junta directiva del Science Museum). Los archiveros del Science Museum de Londres me facilitaron esta entrevista en una cinta de audio en 1995 y yo la transcribí en 1997. <<

[37] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 58. <<

[38] Cartas de Turing a Sara, 24 de mayo de 1935 y 29 de mayo de 1936. <<

[39] Church, A. Reseña de «On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem», *Journal of Symbolic Logic*, vol. 2 (1937), pp. 42-43. <<

[1] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 51. <<

[2] Hay algunas imágenes del *Berengaria* en www.norwayheritage.com/p_ship.asp?sh=beren <<

[3] Carta de Turing a Sara, 28 de septiembre de 1936. <<

[4] Carta de Turing a Sara, 6 de octubre de 1936. <<

[5] Allen, J. T. «How a Different America Responded to the Great Depression», Pew Research Center, 2010. Disponible en pewresearch.org/pubs/1810/public-opinion-great-depression-compared-with-now. <<

[6] Carta de Turing a Sara, 3 de noviembre de 1936. <<

[7] Newman, L. Prólogo al libro de Sara, *Alan M. Turing*, p. ix. <<

[8] Carta de Turing a Sara, 6 de octubre de 1936. <<

[9] Carta de Turing a Sara, 14 de octubre de 1936. <<

[10] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 64. <<

[11] Carta de Lyn Newman a sus padres, 9 de noviembre de 1937. (Archivo de Max y Lyn Newman, biblioteca del St. John's College, Cambridge), citado por William Newman en «Max Newman – Mathematician, Codebreaker, and Computer Pioneer», p. 179. <<

[12] Newman, «Max Newman – Mathematician, Codebreaker, and Computer Pioneer», p. 179. <<

[13] *Movietone News.* <<

[14] *Movietone News.* <<

[15] Carta de Turing a Sara, 3 de diciembre de 1936. <<

[16] Carta de Turing a Sara, 11 de diciembre de 1936. <<

[17] Carta de Turing a Sara, 1 de enero de 1937. <<

[18] *The Essential Turing*, p. 192. <<

[19] Hilbert, D. «Probleme der Grundlegung der Mathematik», *Mathematische Annalen*, vol. 102, 1930, pp. 1-9 (p. 9). <<

[20] Ibid. <<

[21] La intuición no se puede eliminar si se da por sentado lo que Gödel denominaba la «actitud racionalista» de Hilbert. Para más información sobre esto y sobre materias relacionadas, véase el trabajo escrito por mí y por Oron Shagrir «Turing versus Gödel on Computability and the Mind», en Copeland, B. J., Posy, C., Shagrir, O., eds., *Computability: Gödel, Turing, Church and Beyond*, Cambridge, MIT Press, 2013. <<

[22] Hilbert, «Über das Unendliche», p. 180. <<

[23] *The Essential Turing*, pp. 146, 193. <<

[24] Carta de Turing a Sara, 19 de octubre de 1937. <<

[25] Para más detalles, véase mi «Narrow Versus Wide Mechanism», *Journal of Philosophy*, vol. 97 (2000), pp. 5-32; reimpresso en Scheutz, M., ed., *Computationalism: New Directions*, Cambridge, MIT Press, 2002. <<

[26] «Systems of Logic Based on Ordinals» publicado en *Proceedings of the London Mathematical Society* en 1939 (serie 2, vol. 45, pp. 161-228). Es el capítulo 3 de *The Essential Turing*. Incluso Robin Gandy lo calificó como «un bodrio de lectura», en una carta a Max Newman (sin fecha, en los Turing Papers, referencia de catálogo A 8). <<

[27] Soare, R. I. «Turing–Post Relativized Computability and Interactive Computing» en Copeland, Posy y Shagrir, *Computability: Turing, Gödel, Church and Beyond*. Véase también el artículo escrito por mí y por Richard Sylvan, «Beyond the Universal Turing Machine», *Australasian Journal of Philosophy*, vol. 77 (1999), pp. 46-66. <<

[28] Sobre esto, veáse mi artículo «Turing's O-Machines, Penrose, Searle, and the Brain», *Analysis*, vol. 58, 1998, pp. 128-138, y el capítulo escrito por mí y por Diane Proudfoot, «Artificial Intelligence», en Margolis, Samuels, Stich, *Oxford Handbook of Philosophy and Cognitive Science*. <<

[29] Carta de Turing a Sara, 7 de mayo de 1938. <<

[30] Carta de Turing a Sara, 18 de abril de 1937. <<

[31] Carta de Turing a Sara, 12 de abril de 1938. <<

[32] Carta de Turing a Sara, 7 de mayo de 1938. <<

[33] Macrae, N. *John von Neumann*, American Mathematical Society, 2008, p. 138.

<<

[34] Macrae, N. *John von Neumann*, p. 371. <<

[35] Chamberlain, citado en Faber, D. *Munich, 1938: Appeasement and World War II*, Nueva York, Simon and Schuster, 2008, p. 356. <<

[36] Escrito de Windsor en el periódico neoyorquino *Daily News*, 13 de diciembre de 1966. Citado en Higham, C., *Mrs Simpson: Secret Lives of the Duchess of Windsor*, Londres, Pan, 2005, p. 260. Existe una traducción al español: *La señora Simpson: las vidas secretas de la duquesa de Windsor, la mujer que puso en jaque a la monarquía británica*, Alfredo Blanco Solís, tr., Madrid, Aguilar, 2013. <<

[37] *Daily Express*, 30 de septiembre de 1938. <<

[38] Chamberlain citado en Faber, *Munich*, 1938, p. 7. <<

[39] Carta de Turing a Sara, 23 de enero de 1939. <<

[40] Wittgenstein, L. *Tractatus Logico-Philosophicus*, Londres, Kegan Paul, 1922, 5.6. Wittgenstein, L. *Philosophical Investigations*, Oxford, Blackwell, 1958, II xi. En español: *Tractatus Logico-Philosophicus*, Jacobo Muñoz Veiga e Isidoro Reguera Pérez, trs., Madrid, Alianza, 2005; e *Investigaciones filosóficas*, Alfonso García Suárez, tr., Barcelona, Crítica, 2008. <<

[41] Todas las citas de las conferencias de Wittgenstein sobre los fundamentos de las matemáticas proceden de Diamon, C., *Wittgenstein's Lectures on the Foundations of Mathematics Cambridge 1939*, Chicago, University of Chicago Press, 1989. <<

[42] Wittgenstein, *Philosophical Investigations*, §309. <<

[43] Carta de Turing a Sara, 14 de octubre de 1936. Sara ha escrito «probablemente», junto a la fecha. <<

[44] Turing explica la agrupación de cifras en libros en Turing, A. M, Bayley, D., «Speech Secrecy System “Delilah”, Technical Description», c. marzo de 1945 (National Archives, Kew, Londres, referencia de documento HW 25/36). Turing explicó: «Cada palabra o frase se consulta en una especie de diccionario o “libro”» (p. 1). <<

[45] En Tunny, la ofuscación se llevaba a cabo añadiendo a las letras del mensaje letras de la clave. La adición tomaba la forma de la operación conocida en lógica como XOR (disyunción exclusiva). En el sistema de Turing, por otra parte, la ofuscación se hacía mediante una multiplicación binaria (conjunción lógica más desplazamiento) y no por adición. Una nota breve del colega de Turing en Princeton Malcolm MacPhail proporciona un esbozo incompleto del sistema de Turing (la nota está impresa en Hodges, A., *Alan Turing: The Enigma*, Londres, Vintage, 1992, p. 138). <<

[46] Carta de Mavis Batey al autor, 12 de mayo de 2012. <<

[47] Porgy vive ahora en el Bletchley Park National Museum. <<

[48] *Movietone News.* <<

[1] Mahon, A. P. «History of Hut 8 to December 1941» en mi *The Essential Turing* (véase p. 275). <<

[2] Hinsley, F. H. «The Counterfactual History of No Ultra», *Cryptologia*, vol. 20, 1996, pp. 308-324 (véase p. 317). Hinsley, F. H., Stripp, A., eds., *Codebreakers: The Inside Story of Bletchley Park*, Oxford, Oxford University Press, 1994. <<

[3] Hinsley y Stripp, *Codebreakers*, p. 12. <<

[4] Foss, H. R. «Reminiscences on the Enigma», 30 de septiembre de 1949 (National Archives, referencia de documento HW 25/10). Una versión editada de los recuerdos de Foss aparece en Erskine, R., Smith, M., eds., *The Bletchley Park Codebreakers*, Londres, Biteback, 2011. <<

[5] Hinsley, F. H. et al. *British Intelligence in the Second World War*, vol. 3, parte 2, Londres, Her Majesty's Stationery Office, 1988, p. 946. <<

[6] Rejewski, M. «Remarks on Appendix 1 to *British Intelligence in the Second World War* by F. H. Hinsley», *Cryptologia*, vol. 6, 1982, pp. 75-83 (véase p. 76). <<

[7] Información de Frode Weierud. <<

[8] Una descripción detallada de la máquina Enigma puede encontrarse en *The Essential Turing*, en las páginas 220 y siguientes (de Copeland) y en las páginas 268 y siguientes (de Patrick Mahon). El propio relato de Turing, muy iluminador, sobre el funcionamiento de la máquina, está contenido en el primer capítulo de su tratado sobre Enigma de la época de la guerra, conocido sencillamente como el «Prof's Book» en Bletchley Park. «Prof» era su sobrenombre allí («Mathematical theory of ENIGMA machine by A M Turing», National Archives, referencia de documento HW 25/3). El «Prof's Book» está disponible en la página web *The Turing Archive for the History of Computing*, (www.AlanTuring.net/profs_book), que es un complemento de este libro. <<

[9] El cuarto rotor se diferenciaba de los otros tres en que, una vez que el operador lo había colocado en una de sus veintiséis posiciones, permanecía quieto durante la codificación del mensaje. Ya en 1941, algunas naves de superficie alemanas iban equipadas con la máquina de cuatro rotores. Para más información, véase Erskine, R., «Breaking German Naval Enigma On Both Sides of the Atlantic», en Erskine y Smith, *The Bletchley Park Codebreakers*. <<

[10] A no ser que el mensaje ya hubiera estado cifrado y que la máquina Enigma se emplease para cifrarlo por segunda vez. En este caso, no era alemán llano lo que se tecleaba, sino texto cifrado. <<

[11] La historia de Rejewski sobre el trabajo polaco con Enigma se puede leer en sus tres artículos: «How Polish Mathematicians Deciphered the Enigma», traducido al inglés por J. Stepenske, en *Annals of the History of Computing*, vol. 3, 1981, pp. 213-234; «The mathematical Solution of the Enigma Cipher» y «Summary of our methods for reconstructing Enigma and reconstructing daily keys, and of German efforts to frustrate those methods», ambos en Kozaczuk, W., *Enigma: How the German Machine Cipher Was Broken, and How It Was Read by the Allies in World War Two*, Londres, Arms and Armour Press, 1984, traducido al inglés por C. Kasperek. El libro de Kozaczuk también contiene «A Conversation with Marian Rejewski», muy interesante. <<

[12] Rejewski, «How Polish Mathematicians Deciphered the Enigma», p. 221. <<

[13] Palliole, P. *Notre Espion Chez Hitler*, París, Nouveau Monde, 2011, pp. 253-262.

<<

[14] Hay una breve biografía de Schmidt, basada en entrevistas con Palliole (el jefe de la contrainteligencia francesa durante la guerra) y con la hija de Schmidt, Gisela, en Sebag-Montefiore, H., *Enigma: The Battle for the Code*, Londres, Weidenfield and Nicolson, 2000. <<

[15] Una persona de Bletchley Park, cuyo nombre ha llegado a nosotros sencillamente como «señora B. B.» fue la que sugirió la solución correcta, pero por desgracia nadie se fijó en ella. Véase Erskine y Smith, *The Bletchley Park Codebreakers*, p. 45. <<

[16] Denniston, A. G. «How News was brought from Warsaw at the end of July 1939», mayo de 1948 (National Archives, referencia de documento HW 25/12), p. 4. Publicado con una introducción editorial y notas en Erskine, R., «The Poles Reveal Their Secrets: Alistair Denniston's Account of the July 1939 Meeting at Pyry», *Cryptologia*, vol. 30, 2006, pp. 294-305. <<

[17] Rejewski, «How Polish Mathematicians Deciphered the Enigma», p. 227. <<

[18] Twinn, P. «The Abwehr Enigma», en Hinsley y Stripp, *Codebreakers*, pp. 126-127; Denniston, «How News was brought from Warsaw at the end of July 1939», pp. 4-5; Knox, A. D. «Warsaw», 4 de agosto de 1939 (National Archives, referencia de documento HW 25/12). <<

[19] Mayer, A. S. «The Breaking up [sic] of the German Cipher machine “Enigma” by the Cryptological Section in the 2nd Department of the General Staff of the Polish Armed Forces», 31 de mayo de 1974, p. 2. (National Archives, referencia de documento HW 25/16). Durante la guerra, Mayer fue jefe de inteligencia polaco. (Gracias a Ralph Erskine por esta referencia). Véase también Hinsley, F. H. et al., *British Intelligence in the Second World War*, vol. 1, Londres, Her Majesty’s Stationery Office, 1979, p. 490. <<

[20] Cartas de Peter Twinn al autor, 28 de enero de 2001, 21 de febrero de 2001. <<

[21] El símil pertenece a Frank Birch (citado en Batey, M. «Breaking Italian Naval Enigma», en Erskine y Smith, *The Bletchley Park Codebreakers*, p. 82). <<

[22] Carta de Twinn al autor, 28 de enero de 2001. <<

[23] Carta de Twinn a Christopher Andrew, 29 de mayo de 1981 (citada en la página 453 de Andrew, C. W., *Secret Service: The Making of the British Intelligence Community*, Londres, Guild, 1985). <<

[24] Vincent, E. R., memorias inéditas, Corpus Christi College Archives, Cambridge, citadas en la página 94 de Andrew, *Secret Service*. <<

[25] Carta de Knox a Denniston, en septiembre de 1939. National Archives, referencia de documento HW 14/1. <<

[26] Carta de Denniston a T. J. Wilson, 3 de septiembre de 1939 (National Archives, referencia de documento FO 366/1059). El nombre de Turing aparece en la «lista de emergencia» de Denniston en marzo de 1939 («Staff and Establishment of G.C.C.S.», National Archives, referencia de documento HW 3/82). Véase también Erskine, R. «GC and CS Mobilizes “Men of the Professor Type”», *Cryptologia*, vol. 10, 1986, pp. 50-59. <<

[27] De Grey, N. «1939-1940 Sitz and Blitz», sin fecha, parte de la «De Grey's History of Air Sigint», National Archives, referencia de documento HW 3/95, p. 3.

<<

[28] Carta de Denniston a Wilson, 7 de septiembre de 1939. National Archives, referencia de documento FO 366/1059. <<

[29] Churchill, W. L. S., *Blood, Toil, Tears and Sweat: The Great Speeches*, ed. D. Cannadine, Londres, Penguin, 2007, p. 149. Existe una versión española de los mejores discursos de Churchill en *¡No nos rendiremos jamás! Los mejores discursos de Churchill*, María Alejandra Devoto Carnicero, tr., Madrid, La Esfera de los Libros, 2005. <<

[30] Milner-Barry, S. «Hut 6: Early Days», en Hinsley y Stripp, *Codebreakers*, p. 90.

<<

[31] Hilton, P. «Living with Fish: Breaking Tunny in the Newmanry and the Testery», en Copeland, B. J. et al., *Colossus: The Secrets of Bletchley Park's Codebreaking Computers*, Oxford, Oxford University Press, 2006, nueva edición de 2010, p. 196.

<<

[32] Escrito por Caughey en mi *Colossus*, p. 160. <<

[33] Carta de Rachel Cross al autor, 20 de noviembre de 2001. <<

[34] Escrito por Ireland en mi *Colossus*, pp. 160-161. <<

[35] De Grey, «1939-1940 Sitz and Blitz», pp. 14-15, 17; Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 3, parte 2, p. 952. <<

[36] De Grey, «1939-1940 Sitz and Blitz», p. 17. <<

[37] De Grey, «1939-1940 Sitz and Blitz», p. 17; Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 3, parte 2, p. 952; Batey, M. *Dilly: The Man Who Broke Enigmas*, Londres, Dialogue, 2009, p. 99. <<

[38] Rejeswi citado en Kozaczuk, *Enigma*, p. 97. <<

[39] Hilton, «Living with Fish: Breaking Tunny in the Newmanny and the Testery», p. 198. <<

[40] Turing citado por Alexander, C. H. O'D. «Cryptographic History of Work on the German Naval Enigma», c. 1940 (National Archives, referencia de documento HW 25/1), pp. 19-20. Un facsímil digital del texto mecanografiado de Alexander se encuentra en *The Turing Archive for the History of Computing*, en www.AlanTuring.net/alexander_naval_enigma <<

[41] Roskill, S. W. *The War At Sea 1939–1945*, vol. 1, Londres, Her Majesty's Stationery Office, 1954, pp. 615-616. <<

[42] «Mathematical theory of ENIGMA machine by A M Turing», p. 136. <<

[43] Como medida de precaución, el indicador se transmitía una segunda vez, al final del mensaje, igual que al comienzo. Tal y como se empleaba el procedimiento, también incluía dos letras «falsas» adicionales para crear un indicador de ocho letras en vez de uno de seis. <<

[44] Hay una descripción del procedimiento completo hecha por Mahon en la página 272 de *The Essential Turing*, y otra descripción, algo más comprimida pero más precisa, del propio Turing en la página 281. Véase también Alexander, «Cryptographic History of Work on the German Naval Enigma», p. 7. <<

[45] «Mathematical theory of ENIGMA machine by A M Turing», p. 139. <<

[46] Alexander, «Cryptographic History of Work on the German Naval Enigma», p. 23. <<

[47] «A Cryptographic Dictionary», GC&CS, 1944, United States National Archives and Records Administration, Washington, D. C., referencia de documento RG 457, Historic Cryptographic Collection, caja 1413, NR 4559. Hay un facsímil digital en *The Turing Archive of the History of Computing*, en www.AlanTuring.net/crypt_dic_1944 <<

[1] Mahon, «History of Hut 8 to December 1941», p. 286. <<

[2] Denniston, «How News was brought from Warsaw at the end of July 1939», p. 3.

<<

[3] Mahon, «History of Hut 8 to December 1941», p. 303. <<

[4] Mahon, «History of Hut 8 to December 1941», pp. 281, 285. <<

[5] «Mathematical theory of ENIGMA machine by A M Turing», p. 137. <<

[6] En 1937, los números no se tecleaban como palabras. Se utilizaba un método anterior en el que las teclas situadas en la fila superior del teclado funcionaban también como teclas para los números. La Q hacía las veces de 1, la W de 2, la E de 3, etc. La letra P (la primera letra de la fila inferior en el teclado alemán) se utilizaba para el número 0. La secuencia de letras resultante se enmarcaba con un par de letras Y para mostrar que esto tenía que leerse como un número. De ahí que YWEEPY representase el número 2330. Véase *The Essential Turing*, pp. 278-279. <<

[7] «A Cryptographic Dictionary» (GC & CS), p. 90. <<

[8] Mahon, «History of Hut 8 to December 1941», pp. 294, 297. <<

[9] «HMS “Griffin” Report of Proceedings 26 to 28 April including capture of German trawler “POLARES”», 13 de mayo de 1940. (National Archives, referencia de documento ADM 199/476). «Interrogation of Crew of German Armed Trawler SCHIFF 26», División de Inteligencia Naval, junio de 1940 (National Archives, referencia de documento ADM 186/805). <<

[10] «Statement by Mr Foord of conversation with Lieutenant Engelién», anexo al «HMS “Griffin” Report of Proceedings 26 to 28 April». <<

[11] Diario de Reitz, citado en «Interrogation of Crew of German Armed Trawler SCHIFF 26», p. 5. <<

[12] Diario de Reitz, citado en «Interrogation of Crew of German Armed Trawler SCHIFF 26», p. 8. <<

[13] Diario de Reitz, citado en «Interrogation of Crew of German Armed Trawler SCHIFF 26», p. 8. <<

[14] Alexander, «Cryptographic History of Work on the German Naval Enigma», p. 24; «Mathematical theory of ENIGMA machine by A M Turing», p. 139. Los papeles del *Schiff 26* le dijeron a Turing que la tabla de bigramas «daba un bigrama por otro», mientras que con anterioridad él pensaba que la tabla daba un bigrama como equivalencia de cada letra individual («Mathematical theory of ENIGMA machine by A M Turing», pp. 136, 139). <<

[15] Alexander, «Cryptographic History of Work on the German Naval Enigma», p. 24. Véase también Erskine, R. «The First Naval Enigma Decrypts of World War II», *Cryptologia*, vol. 21, 1997, pp. 42-46, y Erskine, R. «Breaking German Naval Enigma On Both Sides of the Atlantic», en Erskine y Smith, *The Bletchley Park Codebreakers*. Dos tratamientos, con dimensiones de libro, de la batalla por la Enigma de la marina son el de Kah, D., *Seizing the Enigma: The Race to Break the German U-Boat Codes, 1939-1943*, Londres, Arrow, 1996; y el de Sebag-Montefiore, *Enigma: The Battle for the Code*. <<

[16] Erskine, «The First Naval Enigma Decrypts of World War II», p. 43. <<

[17] Murray, J. (nacida Clarke), «Hut 8 and Naval Enigma, Part I», en Hinsley y Stripp, *Codebreakers*, p. 114. <<

[18] Murray, «Hut 8 and Naval Enigma, Part I», pp. 113-115. <<

[19] Mahon, «History of Hut 8 to December 1941», p. 287. <<

[20] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 68. <<

[21] La carta de Birch aparece citada en Mahon, «History of Hut 8 to December 1941», pp. 287-288. <<

[22] Mahon, «History of Hut 8 to December 1941», p. 288. <<

[23] Morgan, C. «N.I.D (9) Wireless Intelligence» (National Archives, referencia de documento ADM 223/463); en las páginas 38 y 39 está el relato de Morgan de la operación Ruthless y se incluye la circular de Ian Fleming al director de la inteligencia naval (12 de septiembre de 1940). <<

[24] Morgan, «N.I.D (9) Wireless Intelligence», p. 39. <<

[25] La carta de Birch está en Morgan, «N.I.D (9) Wireless Intelligence», p. 39. <<

[26] *The Essential Turing*, pp. 235-237. <<

[27] Denniston, «How News was brought from Warsaw at the end of July 1939, p. 4.

<<

[28] En realidad, la utilidad de las bombas había ido disminuyendo hasta este punto. Los principales contratiempos habían surgido en diciembre de 1938, cuando a los operadores alemanes se les dieron dos rotores extras entre los que elegir; y en enero de 1939, cuando el número de letras que se mezclaban en el clavijero aumentó de cinco a ocho. Véase *The Essential Turing*, p. 246. <<

[29] «Enigma–Position», Knox, A. D., Twinn, P. F. G., Welchman, W. G., Turing, A. M., 1 de noviembre de 1939 (National Archives, referencia de documento HW 14/2); «Squadron-Leader Jones’ Section», GC & CS, c. 1946 (National Archives, referencia de documento HW 3/164), p. 1. <<

[30] «“Squadron-Leader Jones” Section», p. 1. <<

[31] «Meeting held on 6th July 1950 to discuss “bombes”» (en el GCHQ), Birch, De Grey, Alexander, Fletcher, Foss, Zambra (National Archives, referencia de documento HW 25/21). <<

[32] Mahon, «History of Hut 8 to December 1941», p. 293. <<

[33] El procedimiento de Turing aparece descrito con todos sus cruentos detalles en *The Essential Turing*, en las páginas 250 a 253 y (con palabras del propio Turing) en las páginas 315 a 319. <<

[34] 1676, para ser precisos. «“Squadron-Leader Jones” Section», p. 14. <<

[35] Baring, S. (nacida Norton). *The Road to Station X*, York, Wilton, 2000, p. 86. <<

[36] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 70. <<

[37] Good, I. J., Michie, D., Timms, G. General Report on Tunny, with Emphasis on Statistical Methods», 1945. (National Archives, referencia de documento HW 25/4; HW 25/5, dos volúmenes), p. 278. Se puede encontrar un facsímil digital en *The Turing Archive for the History of Computing* en www.AlanTuring.net/tunny_report
<<

[38] «General Report on Tunny, with Emphasis on Statistical Methods», p. 278. <<

[39] «“Squadron-Leader Jones” Section», p. 4. <<

[40] «Operations of the 6312th Signal Security Detachment, ETOUSA», 1 de octubre de 1944 (United States National Archives and Records Administration, College Park, Maryland, referencia de documento RG 457; History Cryptographic Collection, caja 970, NR 2943), p. 60. Gracias a Frode Weierud por proporcionarme una copia de este documento. <<

[41] Mahon, «History of Hut 8 to December 1941», p. 291. <<

[42] Hay una descripción de la bomba en las páginas 235-246 de *The Essential Turing*.

<<

[43] Para más información sobre la bomba, véase *The Essential Turing*, pp. 246-257 y (en palabras del propio Turing), pp. 313-335; también Carter, F. «The Turing Bombe», *The Rutherford Journal for the History and Philosophy of Science and Technology*, vol. 3, 2010 www.rutherfordjournal.org/article030108.html, <<

[44] Alexander, «Cryptographic History of Work on the German Naval Enigma», p. 25. <<

[45] Good, I. J. «From Hut 8 to the Newmanry», en mi *Colossus*, p. 205. <<

[46] Mahon, «History of Hut 8 to December 1941», p. 288. <<

[47] Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 1, p. 180. <<

[48] Batey, *Dilly*, pp. 102-103. <<

[49] Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 1, p. 178. <<

[50] Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 1, p. 183. <<

[51] Churchill, *Blood, Toil, Tears and Sweat*, p. 165. <<

[52] De Grey, «1939-1940 Sitz and Blitz», pp. 58-59; Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 1, pp. 186, 188 y apéndice 7. <<

[53] «“Squadron-Leader Jones” Section», p. 2; «Hut 6 Bombe Register», CG & CS, 1940-1945 (National Archives, referencia de documento HW 25/19; HW 25/20, 2 vols.). <<

[54] Welchman, G. *The Hut Six Story: Breaking the Enigma Codes*, Mortimer, M&M Baldwin, 2000, segunda edición, p. 81. Turing describe tanto la lectura simultánea como el panel diagonal en *The Essential Turing*, pp. 319-331; véanse también las pp. 254-255. <<

[55] «“Squadron-Leader Jones” Section», p. 2. <<

[56] De Grey, «1939-1940, Sitz and Blitz», p. 58. <<

[57] Carta de Turing a Sara, sin fecha. <<

[58] De Grey, «1939-1940, Sitz and Blitz», pp. 81-82. <<

[59] De Grey, «1939-1940, Sitz and Blitz», pp. 65, 70-76; Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 1, pp. 320, 326. <<

[60] Churchill, *Blood, Toil, Tears and Sweat*, p. 188. <<

[61] Carta de Mavis Batey al autor, 23 de enero de 2012. <<

[62] Batey, *Dilly*, p. xxii. <<

[63] Batey (nacida Lever), «Breaking Italian Naval Enigma»; Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 1, pp. 403-406. <<

[64] Knox, citado por Ralph Erskine en Batey, *Dilly*, p. xv. <<

[65] Churchill, citado en Batey, *Dilly*, p. 118. <<

[66] Mahon, «History of Hut 8 to December 1940», p. 290; Alexander, «Cryptographic History of Work on the German Naval Enigma», p. 28. <<

[67] Caslon, C. «Operation “Claymore-Report of Proceedings», 8 de marzo de 1941 (National Archives, referencia de documento DEFE 2/142). «Raid on Military and Economic Objectives in the Lofoten Islands», *The London Gazette*, suplemento, 23 de junio de 1948 (National Archives, referencia de documento DEFE 2/142). <<

[68] Alexander, «Cryptographic History of Work on the German Naval Enigma», p. 27. <<

[69] Alexander, «Cryptographic History of Work on the German Naval Enigma», p. 22. <<

[70] Mahon, «History of Hut 8 to December 1940», p. 290; Alexander, «Cryptographic History of Work on the German Naval Enigma», pp. 27-28. <<

[71] Alexander, «Cryptographic History of Work on the German Naval Enigma», p. 31. <<

[72] Hinsley, citado en Smith, M. *Station X: The Codebreakers of Bletchley Park*, Londres, Channel 4, 1998, p. 57. <<

[73] Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 1, p. 337 y apéndice 12; Hinsley, F. H. «BP, Admiralty, and Naval Enigma», en Hinsley y Stripp, *Codebreakers*, p. 79. <<

[74] Holland, L. «Report on Operation E.B.», 10 de mayo de 1941 (National Archives, referencia de documento ADM 199/447). «Ship's Log for the Month of May 1941», barco *Edinburgh* (National Archives, referencia de documento ADM 53/114202). <<

[75] Mahon, «History of Hut 8 to December 1940», p. 291; Hinsley, «BP, Admiralty, and Naval Enigma», p. 79. <<

[76] Bain, D. K. «U-boat Attacks on Convoy O.B. 318 on 7, 9 and 10 May 1941», 9 de junio de 1941 (National Archives, referencia de documento ADM 1/11133). <<

[77] Balme entrevistado en la televisión británica, Channel 4, 1998. <<

[78] Baker-Cresswell, A. J. «Capture of U 110», 10 de mayo de 1941 (National Archives, referencia de documento ADM 1/11133). <<

[79] Baker-Cresswell, «Capture of U 110». <<

[80] Balme, D. E. «Boarding Primrose», 11 de mayo de 1941 (National Archives, referencia de documento 1/11133). <<

[81] Balme entrevistado en la televisión británica, Channel 4, 1998. <<

[82] Erskine, R. «Naval Enigma: A Missing Link», *International Journal of Intelligence and Counterintelligence*, vol. 3, 1989, pp. 493-508 (p. 497). <<

[83] Mahon, «History of Hut 8 to December 1940», p. 290. <<

[84] Mahon, «History of Hut 8 to December 1940», p. 281. Mahon describe el banburismo en las páginas 281 a 285. Véase también Alexander, «Cryptographic History of Work on the German Naval Enigma», capítulo 9. <<

[85] Turing, A. M. «The Applications of Probability to Cryptography», sin fecha. (National Archives, referencia de documento HW 25/37), p. 7. <<

[86] Mahon, «History of Hut 8 to December 1940», p. 281. <<

[87] Good, «From Hut 8 to the Newmanry», p. 207. <<

[88] Michie, D. «Codebreaking and Colossus», en mi *Colossus*, pp. 239-240. <<

[89] Carta de Turing a Max Newman, c. 1942 (en los Turing Papers, King's College Library, Cambridge, referencia de catálogo D 2). <<

[90] Alexander, «Cryptographic History of Work on the German Naval Enigma», p. 28. <<

[91] Noskwith, R. «Hut 8 from the Inside», en Erskine y Smith, *The Bletchley Park Codebreakers*, p. 186; Erskine, «Naval Enigma: A Missing Link», p. 499. <<

[92] Mahon, «History of Hut 8 to December 1941», p. 290. <<

[93] Hinsley, F. H. et al. *British Intelligence in the Second World War*, vol. 2, Londres, Her Majesty's Stationery Office, 1981, pp. 168-171. <<

[94] Churchill, W. L. S. *The Second World War*, vol. 2: *Their Finest Hour*. Londres, Cassell, 1949, p. 529. Existe una traducción al español: *La Segunda Guerra Mundial. El triunfo y la tragedia*, María Alejandra Devoto Carnicero, tr., Barcelona, Planeta DeAgostini, 2006. <<

[95] Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 2, p. 171. <<

[96] Diario de *sir* Alexander Cadogan, subsecretario permanente del Foreign Office, 15 de julio de 1941 (citado en Andrew, C. W. *Codebreaking and Signals Intelligence*, Londres, Cass, 1986, p. 3). <<

[97] Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 2, pp. 169-170, 172-175. <<

[98] Hinsley, «The Counterfactual History of No Ultra», p. 234. <<

[99] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 71. <<

[100] Carta de Turing a Sara, 31 de agosto de 1941. <<

[101] Carta de Turing a Sara, 31 de agosto de 1941. <<

[102] Ocard Wilde «The Ballad of Reading Gaol». Existe una versión en español: *La balada de la cárcel de Reading*, Jesús Munárriz, tr., Madrid, Hiperión, 1994. Joan Clarke, según se informa en Hodges, *Alan Turing: The Enigma*, p. 216. <<

[103] Denniston, A. G. «The Government Code and Cypher School Between the Wars», en Andrew, *Codebreaking and Signals Intelligence*, p. 50. <<

[104] Clarke, W. F. «The Years Between – 1918-1939», *Cryptologia*, vol. 12, 1988, pp. 52-58 (p. 55). Gracias a Ralph Erskine por esta referencia. <<

[105] La carta completa está en las pp. 338-340 de *The Essential Turing*. <<

[106] Milner-Barry, P. S. «“Action This Day”: The letter from Bletchley Park Cryptanalystis to the Primer Minister, 21 October 1941», *Intelligence and National Security*, vol. 1, 1986, pp. 272-273. <<

[107] Memorandum de Churchill a Ismay, 22 de octubre de 1941 (National Archives, referencia de documento HW 1/155). Hay un facsímil en la página xii de Erskine y Smith, *The Bletchley Park Codebreakers*. <<

[1] Churchill, *Blood, Toil, Tears and Sweat*, pp. 177-178. <<

[2] Algunos estaban en la fábrica de Letchworth, esperando la instalación. «Meeting held on 6 July 1950 to discuss “Bombes”: Mr Fletcher’s Registers». <<

[3] Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 2, pp. 422-450. <<

[4] Frick, S. «Boris Hagelin and Crypto AG: Pioneers of Encryption», en De Leeuw, K., Bergstra, J., eds., *The History of Information Security: A Comprehensive Handbook*, Ámsterdam, Elsevier, 2007. <<

[5] Simpson, E. «Solving JN-25 at Bletchley Park: 1943-5», en Erskine y Smith, *The Bletchley Park Codebreakers*, p. 128. <<

[6] Harry Fensom, en mi *Colossus*, pp. 285-286. <<

[7] Madsen, W. «The Demise of Global Communications Security»www.scribd.com/doc/27362786/Exclusive-Report-The-Demise-of-Global-Communications-Security, <<

[8] Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 2, p. 427. <<

[9] Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 2, pp. 434, 441, 444, 446. <<

[10] Citado en Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 2, pp. 448-449. <<

[11] Mensaje T286/136; citado en «Hitler as Seen by Source», por FLL (probablemente F. L. Lucas), 24 de mayo de 1945 (National Archives, referencia de documento HW 13/58), p. 9. Brian Oakley fue el primero en sugerir que Lucas era el autor de este documento (Ettinger, J. «Listening in to Hitler at Bletchley Park 1941-1945: Fish and Colossus», junio de 2009, p. 5). <<

[12] Mensaje T400/79 (National Archives, referencia de documento DEFE 3/318).
Gracias a William Newman por suministrarme una copia de este documento. <<

[13] Alexander, «Cryptographic History of Work on the German Naval Enigma», p. 36. <<

[14] Alexander, «Cryptographic History of Work on the German Naval Enigma», p. 36. <<

[15] Alexander, «Cryptographic History of Work on the German Naval Enigma», p. 46. Erskine, R. «Naval Enigma: The Breaking of Heimisch and Triton», *Intelligence and National Security*, vol. 3, 1988, pp. 162-183 (pp. 170-171). Erskine, R. «Captured *Kriegsmarine* Enigma Documents at Bletchley Park», *Cryptologia*, vol. 32, 2008, pp. 199-219 (pp. 204-205). <<

[16] Beesly, P. *Very Special Intelligence: The Story of the Admiralty's Operational Intelligence Centre 1939-1945*, Londres, Hamilton, 1977, p. 153. <<

[17] Good, «From Hut 8 to the Newmanny», en mi *Colossus*, p. 205. <<

[18] Michie, «Codebreaking and Colossus», en *Colossus*, p. 235. <<

[19] Michie, citado en Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 70. <<

[20] Sara Turing, *Alan M. Turing*, pp. 71-72. <<

[21] Alexander, «Cryptographic History of Work on the German Naval Enigma», p. 42. Don Horwood en una conversación con el autor, octubre de 2001. <<

[22] Roskill, S. W. *The War At Sea 1939–1945*, vol. 2. Londres, Her Majesty's Stationery Office, 1956, p. 378. <<

[23] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 71. <<

[24] «American Research and Development of Telephonic Scrambling Device and Research of Unscrambling Telephonic Devices», circular de E. G. Hastings a *sir* John Dill, 2 de diciembre de 1942 (National Archives, referencia de documento HW 14/60). <<

[25] El informe de Hastings sobre la decisión de Marshall en «American Research and Development of Telephonic Scrambling Device and Research of Unscrambling Telephonic Devices». <<

[26] Carta del jefe de personal interino Joseph McNarney a *sir* John Dill, 9 de enero de 1943 (National Archives, referencia de documento HW 14/60). <<

[27] Diario de Alexander Fowler; carta de Evelyn Loveday a Sara Turing, 20 de junio de 1960 (Turing Papers, King's College Library, referencia de catálogo A 20). <<

[28] Chauncey, G. *Gay New York: Gender, Urban Culture, and the Making of the Gay Male World, 1890–1940*, Nueva York, Basic Books, 1994. <<

[29] Carta de Joe Eachus al autor, 18 de noviembre de 2001. <<

[30] Travis tomó el puesto en febrero de 1942 («British 4-Wheel Bombes», GCHQ, c. 1950, National Archives, referencia de documento HW 25/21, p. 1). <<

[31] Hay una reconstrucción de un sistema de cifrado de voz por codificación (SIGSALY) en el Washington National Cryptologic Museum. <<

[32] Turing, A. M. «Memorandum to Op-20-G on Naval Enigma», publicado en *The Essential Turing*, con una introducción de Ralph Erskine, Colin Burke y Philip Marks. <<

[33] Turing, A. M. «Visit to National Cash Register Corporation of Dayton, Ohio», c. 1942 (National Archives and Records Administration, referencia de documento RG 38 CNSG Library, 5750/441). Un facsímil digital está disponible en *The Turing Archive for the History of Computing* en www.AlanTuring.net/turing_ncr <<

[34] Good, «From Hut 8 to the Newmanry», p. 212. <<

[35] Robert Mumma en una entrevista con Rik Nebeker en 1995 (IEEE History Center, New Brunswick, Nueva Jersey, Estados Unidos). Gracias a Ralph Erskine por darme noticia de esta entrevista. <<

[36] «USA 4-Wheel Bombes», c. 1950, GCHQ (National Archives, referencia de documento HW 25/21). <<

[37] Mahon, A. P. «The History of Hut Eight 1939–1945», GC & CS, junio de 1945 (National Archives and Records Administration, referencia de documento 457, Historic, Cryptographic Collection, caja 1413, NR 4559), pp. 88-92. Un facsímil digital está disponible en *The Turing Archive for the History of Computing* en www.AlanTuring.net/mahon_hut_8 <<

[38] «Meeting held on 6th July 1950 to discuss “bombes”», p. 1. <<

[39] Alexander, «Cryptographic History of Work on the German Naval Enigma», p. 90. <<

[40] Donovan, P. «The Flaw in the JN-25 Series of Ciphers», *Cryptologia*, vol. 28, 2004, pp. 325-340. Gracias a John Mack y Peter Donovan por la información. <<

[41] *General Report on Tunny*. Este informe registraba que los primeros mensajes en el enlace experimental se transmitieron entre Viena y Atenas (p. 297). <<

[42] *General Report on Tunny*, p. 395. <<

[43] *General Report on Tunny*, p. 5. <<

[44] *General Report on Tunny*, p. 4. <<

[45] Good, «From Hut 8 to the Newmanry», p. 214. <<

[46] Erskine, R. Freeman, P. «Brigadier John Tiltman: One of Britain's Finest Cryptologists», *Cryptologia*, rol. 27, 2003, pp. 289-318. <<

[47] Bauer, F. L. «The Tiltman Break», en mi *Colossus*, p. 372. <<

[48] Hay traducciones manuscritas de la GC & CS de manuales alemanes de la máquina Enigma prebélica en los National Archives (referencia de documento HW 25/9). <<

[49] Tutte, W. T. «My Work at Bletchley Park», en mi *Colossus*, p. 356. <<

[50] «Professor Bill Tutte», *Daily Telegraph*, 9 de mayo de 2002. <<

[51] Tutte, «My Work at Bletchley Park», p. 360. <<

[52] El método de deltear y la turingería están descritos con detalle en mi «Machine Against Machine» y «Turingery», en *Colossus*. <<

[53] Véase más en *Colossus*, pp. 3-6. <<

[54] Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 2, pp. 625-627. <<

[55] El método de Tutte está descrito en el capítulo 5 y el apéndice 4 de mi *Colossus*.

<<

[56] Newman en una entrevista con Christopher Evans. <<

[1] Quiero agradecerle la información a Brian Oakley. <<

[2] Flowers en una entrevista con Christopher Evans en 1977 («The Pioneers of Computing: An Oral History of Computing», Londres, Science Museum, © junta directiva del Science Museum). Los archiveros del Science Museum de Londres me facilitaron esta entrevista en una cinta de audio en 1995 y yo la transcribí en 1997. <<

[3] *Post Office Magazine*, julio de 1943. Ken Myers en una conversación con el autor, en julio de 2001. Comentarios introductorios de E. W. Ayers a la conferencia dictada por Flowers para la inauguración del Martlesham Heath Centre, institución de los ingenieros eléctricos de la oficina de correos, 24 de marzo de 1977. <<

[4] Don Horwood en una conversación con el autor, en octubre de 2001. <<

[5] Flowers, T. H. «Colossus–Origin and Principles», texto mecanografiado, sin fecha, p. 3. <<

[6] Carta de Newman a Edward Travis, 12 de marzo de 1943 (National Archives, referencia de documento HW 14/70). <<

[7] Gran parte del material de este capítulo deriva de mis numerosas conversaciones con Flowers durante el periodo 1996-1998. <<

[8] Du Boisson, escrito en mi *Colossus*, p. 298. <<

[9] Fensom, H. «How Colossus was Built and Operated—One of Its Engineers Reveals Its Secrets», en mi *Colossus*, p. 298. <<

[10] *General Report on Tunny*, p. 394; conversaciones con Michie y Good. <<

[11] Flowers, «Colossus–Origin and Principles», p. 3. <<

[12] Flowers en una entrevista con Evans. <<

[13] Flowers, T. H. «D-Day at Bletchley Park», en mi *Colossus*, p. 82. <<

[14] Myers, escrito en mi *Colossus*, p. 170. Horwood, D. C. «A Technical Description of Colossus 1», agosto de 1973 (National Archives, referencia de documento Hw 25/24), p. 41. <<

[15] Véase también Good, I. J., «From Hut 8 to the Newmanny», en *Colossus*, p. 221.

<<

[16] Wells, B. «The PC-User's Guide to Colossus», en mi *Colossus*, p. 127. <<

[17] Horwood, «A Technical Description of Colossus 1». <<

[18] Du Boisson, escrito en mi *Colossus*, p. 163. <<

[19] Fensom y Myers en *Colossus*, p. 166. <<

[20] Caughey, C. M. *World Wanderer*, Auckland, 1996, p. 134. <<

[21] Caughey, escrito en *Colossus*, p. 166. <<

[22] *General Report on Tunny*, pp. 35, 394. <<

[23] Lee, J. A. N. *Computer Pioneers*, Los Alamitos, IEEE, Computer Society Press, 1995, p. 306 (véanse también las páginas 492 y 671. Véase además, Lee, J. A. N, Holtzman, G. «50 Years After Breaking the Codes», *Annals of the History of Computing*, vol. 17, 1999, pp. 32-43 (p. 33). <<

[24] Golden, F. «Who Built the First Computer?», *Time*, 29 de marzo de 1999, número 13, p. 82. <<

[25] *General Report on Tunny*, p. 35. <<

[26] Carta de Michie al autor, 28 de noviembre de 2001. <<

[27] Véase mi artículo «Turingery» en *Colossus*. <<

[28] Michie, D. «Colossus and the Breaking of the Wartime “Fish” Codes», *Cryptologia*, vol. 26, 2001, pp. 17-58 (p. 27). <<

[29] Michie, D. «Colossus and the Breaking of “Fish”», texto mecanografiado, 2002, p. 14. <<

[30] Turing, A. M. «The Applications of Probability to Cryptography», sin fecha. (National Archives, referencia de documento HW 25/37), p. 5. Para más información sobre el teorema de Bayes en Bletchley Park, véase Simpson, E. «Bayes at Bletchley Park», *Significance*, vol. 7, 2010, pp. 76-80; y Simpson, «Solving JN-25 at Bletchley Park 1943-5». <<

[31] Michie, D. «Codebreaking and Colossus» en mi *Colossus*, p. 232. <<

[32] Hilton, «Living with Fish: Breaking Tunny in the Newmarty and the Testery», p. 195. <<

[33] Don Bayley en una conversación con el autor, en diciembre de 1997. <<

[34] Don Bayley en una conversación con el autor, en diciembre de 1997. Donald Michie en una conversación con el autor, en febrero de 1998. <<

[35] Don Bayley en una conversación con el autor, en diciembre de 1997. <<

[36] Flowers, en una entrevista con Evans. <<

[37] Los cianotipos están en los National Archives (referencia de documento HW 25/36). <<

[38] Turing, A. M., Bayley, D. «Speech Secrecy System “Delilah”, Technical Description», c. marzo de 1945 (National Archives, referencia de documento Hw 25/36, pp. 3-4. <<

[39] Turing y Bayley, «Speech Secrecy System “Delilah”, Technical Description», p. 8. <<

[40] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 74. <<

[41] Citado en *Alan M. Turing*, p. 75. <<

[42] Don Bayley en una conversación con el autor, en diciembre de 1997. <<

[43] Gandy, citado por Sara Turing en *Alan M. Turing*, p. 119. <<

[44] Carta de Don Bayley al autor, 1 de noviembre de 1997. <<

[45] Citado por Sara Turing, en *Alan M. Turing*, p. 75. <<

[46] Carta de A. C. Pigou a Sara Turing, 26 de noviembre de 1956 (en los Turing Papers, King's College Library, Cambridge, referencia de catálogo A 10). <<

[47] *General Report on Tunny*, p. 35. <<

[48] Carta de Ismay a Angwin, 15 de marzo de 1944 (National Archives, referencia de documento Hw 25/21). <<

[49] Flowers, T. H. «The Design of Colossus», *Annals of the History of Computing*, vol. 5, 1983, pp. 239-252 (p. 246). <<

[50] Flowers, T. H. «The Design of Colossus», p. 245. <<

[51] Flowers, T. H. «The Design of Colossus», p. 246. <<

[52] Diario personal de Flowers, 31 de mayo de 1944. <<

[53] Carta de Chandler a Brian Randell, 24 de enero de 1976; manuscrito inédito de Gil Hayward: «1944-1946» (2002). <<

[54] Hayward, «1944–1946». <<

[55] Véase también Tutte, W. T. «My Work at Bletchley Park», en *Colossus*, p. 367.

<<

[56] Coombs, A. W. M. «The Making of Colossus», *Annals of the History of Computing*, vol. 5, 1983, pp. 253-259. <<

[57] Harrison, G. A. *Cross Channel Attack*, Washington, US Army Center for Military History, 1951, cap. 8; Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 3, segunda parte, p. 126. <<

[58] Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 3, segunda parte, p. 69. <<

[59] Mensaje KV2624, 2 de mayo de 1944 (National Archives, referencia de documento DEFE 3/45); Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 3, segunda parte, p. 78. <<

[60] Levine, J. *Operation Fortitude*. Londres, Collins, 2011. <<

[61] Mensaje BAY/KV179, 1 de junio de 1944 (HW 20/389); Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 3, segunda parte, p. 61. <<

[62] Mensaje KV2388, 29 de abril de 1944 (DEFE 3/44); Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 3, segunda parte, pp. 78-79. <<

[63] Mensaje KV2295, 28 de abril de 1944 (DEFE 3/44); mensaje KV6705, 7 de junio de 1944 (DEFE 3/166); Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 3, segunda parte, pp. 800-801. <<

[64] Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 3, segunda parte, p. 79. <<

[65] «Forecast of the Strength and Quality of Divisions on “Overlord” Y Date», 25 de mayo de 1944 (reproducido en el apéndice 10 de Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 3, segunda parte). <<

[66] Ellis, L. F. *Victory in the West*, vol. 1: *The Battle of Normandy*, Londres, Her Majesty's Stationery Office, 1962, p. 216. <<

[67] Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 3, segunda parte, p. 128. <<

[68] Ellis, *Victory in the West*, vol. 1, p. 199. <<

[69] D'Este, C. *Decision in Normandy*, Londres, Collins, 1983, pp. 111-112; Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 3, segunda parte, p. 128. <<

[70] Harrison, *Cross Channel Attack*, p. 333. <<

[71] «Hitler as Seen by Source», p. 8. <<

[72] Hinsley, *British Intelligence in the Second World War*, vol. 3, segunda parte, p. 29. <<

[73] A partir de información de Roberts y en las tablas «Times» y «Raw Materials – Production», de *General Report on Tunny*, pp. 289 y 394. <<

[74] A partir de «Row Materials – Production», *General Report on Tunny*, p. 394. <<

[75] Mensaje T442/6, citado en «Hitler as Seen by Source», p. 2. <<

[76] Currie, H. «An ATS Girl in the Testery», en mi *Colossus*, p. 267. <<

[77] Mensaje T536/39, citado en «Hitler as Seen by Source», p. 4. <<

[78] «Hitler as Seen by Source», p. 2. <<

[79] Carta de Bayley al autor, 1 de junio de 2012. <<

[80] Carta de Newman a John von Neumann, 8 de febrero de 1946 (en el John von Neumann Archive en la Librería del Congreso, Washington, D. C.). Un facsímil digital de la carta se encuentra en *The Turing Archive for the History of Computing*, en www.AlanTuring.net/newman_vonneumann_8feb46 <<

[81] Michie en una conversación en octubre de 1995. <<

[82] Newman, «Max Newman–Mathematician, Codebreaker, and Computer Pioneer», pp. 184-185. <<

[83] Du Boisson, escrito en *Colossus*, p. 160. <<

[84] Good, «From Hut 8 to the Newmanry», p. 210. <<

[85] Newman citado por Good, «From Hut 8 to the Newmanry», p. 205. <<

[86] Caughey, escrito en *Colossus*, pp. 165-166. <<

[87] Weierud, F. «Bletchley Park's Sturgeon—The Fish That Laid No Eggs», en *Colossus*, pp. 325-326. <<

[88] Estos híbridos, los «Colorobs», llegaron a construirse. Véase Lavington, S. «In the Footsteps of Colossus: A Description of Oedipus», *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 28, 2006, pp. 44-55 (p. 46). <<

[89] Du Boisson, escrito en *Colossus*, p. 172. <<

[90] Thurlow, escrito en *Colossus*, pp. 172-173. <<

[91] Caughey, escrito en *Colossus*, p. 165. <<

[92] Currie, «An ATS Girl in the Testery», p. 268. <<

[93] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 67. <<

[94] Newman, «Max Newman–Mathematician, Codebreaker, and Computer Pioneer», p. 177. <<

[95] *General Report on Tunny* www.AlanTuring.net/tunny_report, <<

[96] Bauer, F. L. *Decrypted Secrets: Methods and Maxims of Cryptology*, Berlín, Springer Verlag, segunda edición, 2000, pp. 424-425. Información adicional de Ralph Erskine. <<

[97] Newman, «Max Newman–Mathematician, Codebreaker, and Computer Pioneer», p. 177. <<

[98] Denniston, citado en Morris, C. «Navy Ultra's Poor Relations», en Hinsley y Stripp, *Codebreakers*, p. 237. <<

[1] Croarken, M. «The Creation of the NPL Mathematics Division», en Copeland et al., *Alan Turing's Electronic Brain*, Oxford, Oxford University Press, 2012. <<

[2] Magnello, E. «The National Physical Laboratory» es una historia del NPL (en mi *Alan Turing's Electronic Brain*). <<

[3] Actas del comité ejecutivo del National Physical Laboratory del 19 de marzo de 1946, biblioteca del NPL. Hay un facsímil digital disponible en *The Turing Archive for the History of Computing* en www.AlanTuring.net/npl_minutes_mar1946 <<

[4] Dos breves notas biográficas sobre Womersley son la de Darwin, G. C., «Mr. J. R. Womersley», *Nature*, vol. 181, 1958, p. 1240 y la de Smithies, F. «John Ronald Womersley», *Journal of the London Mathematical Society*, vol. 34, 1959, pp. 370-372. <<

[5] Hay información adicional en mi «The Origins and Development of the ACE Project», en *Alan Turing's Electronic Brain*. <<

[6] Womersley, J. R. «A.C.E. Project—Origin and Early History», en mi *Alan Turing's Electronic Brain*, pp. 38-39. Un facsímil digital está disponible en *The Turing Archive for the History of Computing* en www.AlanTuring.net/ace_early_history <<

[7] Womersley, «A.C.E. Project–Origin and Early History». <<

[8] Jack Good en una conversación con el autor, febrero de 2004. Carta de Good al autor, 14 de junio de 2007. <<

[9] «Research Programme for the Year 1945-46», National Physical Laboratory, octubre de 1944, biblioteca del NPL. Un facsímil digital está disponible en *The Turing Archive for the History of Computing* en www.AlanTuring.net/research_programme_1945-46 <<

[10] Womersley, «A.C.E. Project–Origin and Early History». <<

[11] Womersley, «A.C.E. Project–Origin and Early History». <<

[12] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 74. <<

[13] Carta de Don Bayley al autor, 6 de mayo de 1998. <<

[14] Womersley, «A.C.E. Project–Origin and Early History». <<

[15] Goldstine, D *The Computer from Pascal to von Neumann*, Princeton, Princeton University Press, 1972, p. 150. <<

[16] Flowers en mi *Colossus*, p. 101. Para más información sobre ENIAC, véase Goldstine, *The Computer from Pascal to von Neumann*; Burks, A. W. «From ENIAC to the Stored-Program Computer: Two Revolutions in Computers», en Metropolis, N. Howlett, J. Rota, G. C., eds., *A History of Computing in the Twentieth Century*, Nueva York, Academic Press, 1980; y Goldstine, H. H., Goldstine, A. «The Electronic Numerical Integrator and Computer, 1946» en Randell, B., ed., *The Origins of Digital Computers: Selected Papers*, Berlín, Springer, 1982. <<

[18] Campbell-Kelly, M. «The ACE and the Shaping of British Computing», en mi *Alan Turing's Electronic Brain*, p. 151. <<

[19] Womersley, J. R. «“ACE” Machine Project», National Physical Laboratory, sin fecha, en los Woodger Papers, Science Museum, Kensington, Londres. Hay disponible un facsímil digital en *The Turing Archive for the History of Computing*, en www.AlanTuring.net/womersley_ace_machine <<

[20] Mike Woodger en una conversación con el autor, en junio de 1998. <<

[21] El diseño de Turing «Proposed Electronic Calculator» está en mi *Alan Turing's Electronic Brain*. Sobre la fecha en que se terminó: carta de Woodger al autor, 27 de noviembre de 1999; y Woodger, M., nota manuscrita, sin fecha, en los Woodger Papers, referencia de catálogo M15/78. Woodger atestigua la existencia de un archivo del NPL en el que se da como fecha del informe completo de Turing 1945. Desafortunadamente, este archivo fue destruido en 1952. <<

[22] Turing, A. M. «Proposed Electronic Calculator», en mi *Alan Turing's Electronic Brain*, p. 393. <<

[23] Wilkinson en una entrevista con Christopher Evans en 1976 («The Pioneers of Computing: An Oral History of Computing», Londres, Science Museum, © junta directiva del Science Museum). Los archiveros del Science Museum de Londres me facilitaron esta entrevista en una cinta de audio en 1995 y yo la transcribí en 1997. <<

[24] Darwin, C. «Automatic Computing Engine (ACE)», National Physical Laboratory, 17 de abril de 1946 (National Archives, referencia de documento DSIR 10/385). Hay disponible un facsímil digital en *The Turing Archive for the History of Computing*, en www.AlanTuring.net/darwin_ace <<

[25] Womersley, «ACE Machine Project». <<

[26] Actas del comité ejecutivo del National Physical Laboratory del 19 de marzo de 1946. Biblioteca del NPL. Hay disponible un facsímil digital en *The Turing Archive for the History of Computing*, en www.AlanTuring.net/npl_minutes_mar1946. <<

[27] Womersley, J. R. «“ACE Machine Project”, National Physical Laboratory, folio E.881, 13 de febrero de 1946, en los Woodger Papers. Hay disponible un facsímil digital en *The Turing Archive for the History of Computing*, en www.AlanTuring.net/ace_machine_project. <<

[28] Bell, C. G., Newell, A. *Computer Structures: Readings and Examples*, Nueva York, McGraw-Hill, 1971, p. 42. <<

[29] Flowers, T. H. «D-Day at Bletchley Park», en mi *Colossus*, p. 82. <<

[30] Goldstine, *The Computer from Pascal to von Neumann*, p. 182. <<

[31] Von Neumann, J., declaración ante un notario público, Nueva Jersey, 8 de mayo de 1947; Warren, S. R. «Notes on the Preparation of “First Draft of a Report on the EDVAC” by John von Neumann», 2 de abril de 1947. Gracias a Harry Huskey por proporcionarme copias de estos documentos. <<

[32] Von Neumann, J. «First Draft of a Report on the EDVAC», Moore School of Electrical Engineering, Universidad de Pensilvania, 1945; reimpresso al completo por Stern, N., *From ENIAC to UNIVAC: An Appraisal of the Eckert–Mauchly Computers*, Bedford, Massachusetts, Digital Press, 1981. <<

[33] Warren, «Notes on the Preparation of “First Draft of a Report on the EDVAC”, by John von Neumann». <<

[34] Von Neumann, declaración, 8 de mayo de 1947. <<

[35] Carta de Von Neumann a Norbert Wiener, 29 de noviembre de 1946 (en el archivo Von Neumann de la Librería del Congreso, Washington, D. C.). <<

[36] Von Neumann, J. *Theory of Self-Reproducing Automata*, A. W. Burks (ed)., Urbana, Illinois, University of Illinois Press, 1966, p. 50. <<

[37] Carta de Stanley Frankel a Brian Randell, 1972, publicada en Randell, B., «On Alan Turing and the Origins of Digital Computers», en Meltzer y Michie,, eds., *Machine Intelligence 7*, Edimburgo, Edinburgh University Press, 1972. Gracias a Randell por proporcionarme una copia de esta carta. <<

[38] Huskey, H. D. «The Development of Automatic Computing» en *Proceedings of the First USA-JAPAN Computer Conference*, Tokio, 1972, p. 702. <<

[39] Carta de Julian Bigelow al autor, 12 de abril de 2002. Véase también Aspray, W. *John von Neumann and the Origins of Modern Computing*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 1990, p. 178. Existe una traducción al español: *John von Neumann y los orígenes de la computación moderna*, Barcelona, Gedisa, 1993, Elena Alterman, tr. <<

[40] Womersley, «A.C.E. Project–Origin and Early History». <<

[41] Véase *Alan Turing's Electronic Brain* para información detallada sobre el diseño del ACE. <<

[42] Carta de Huskey al autor, 4 de febrero de 2002. <<

[43] Compárese la Figura 10 de «Proposed Electronic Calculator» de Turing (en la página 431 de mi *Alan Turing's Electronic Brain*) con la Figura 3 del informe de Von Neumann (en la página 198 de Stern, *From ENIAC to UNIVAC*). <<

[44] *Evening News*, 23 de diciembre de 1946. El recorte está entre unos que conservaba Sara Turing y ahora se hallan en el Modern Archive Centre, King's College, Cambridge (referencia de catálogo K 5). <<

[45] Para una explicación de RISC véase Doran, R. «Computer Architecture and the ACE Computers» en *Alan Turing's Electronic Brain*. <<

[46] Wilkes cuenta su fascinante historia en Wilkes, M. V., *Memoirs of a Computer Pioneer*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 1985. <<

[47] Memorando de Turing a Womersley, sin fecha, aproximadamente en diciembre de 1946, en los Woodger Papers (referencia de catálogo M15/77). Hay un facsímil digital en *The Turing Archive of the History of Computing*, en www.AlanTuring.net/turing_womersley <<

[48] Robin Gandy en una conversación con el autor, octubre de 1995. <<

[49] Don Bayley en una conversación con el autor, diciembre de 1997. <<

[50] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 73. <<

[51] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 58. <<

[52] Hartree, D. R., Womersley, J. R. «A Method for the Numerical or Mechanical Solution of Certain Types of Partial Differential Equations», *Proceedings of the Royal Society of London*, vol. 161 (serie A), pp. 353-366; Womersley, J. R. «The Application of Differential Geometry to the Study of the Deformation of Cloth Under Stress», *Shirley Institute Memoirs*, vol. 16, 1937, pp. 1-21. <<

[53] Gandy en una conversación con el autor, en octubre de 1995. <<

[54] Sara Turing, *Alan M. Turing*, pp. 69-70; Donald Michie en una conversación con el autor, febrero de 1998. <<

[55] Henry John Norton, escrito en mi *Alan Turing's Electronic Brain*, p. 209. <<

[56] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 76. <<

[57] Carta de Max Newman a Norris McWhirter, 18 de agosto de 1982 (citada por William Newman, en la página 186 de mi *Colossus*). <<

[58] Carta de Don Bayley al autor, 15 de diciembre de 1997. Actas del comité ejecutivo del National Physical Laboratory del 23 de octubre de 1945, biblioteca del NPL. Hay un facsímil digital en *The Turing Archive of the History of Computing*, en www.AlanTuring.net/npl_minutes_oct1945 <<

[59] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 108. <<

[60] Carta de A. C. Pigou a Sara Turing, 26 de noviembre de 1956 (en los Turing Papers, Modern Archive Centre, King's College Library, Cambridge, referencia de catálogo A 10). <<

[61] Peter Harding citado en la página web del Walton Athletic Club. <<

[62] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 111. <<

[63] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 86. <<

[64] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 113. <<

[65] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 85. <<

[66] Carta de Turing a Sara, sin fecha. <<

[67] Lyn Newman en su prólogo a *Alan M. Turing*, de Sara Turing, p. xiii. <<

[68] *Daily Telegraph*, 27 de diciembre de 1946. <<

[69] Carta de Turing a Sara, diciembre de 1946. <<

[70] Carta de Turing a Sara, sin fecha. <<

[71] *The Times*, 1947. <<

[72] «Status of the Delay Line Computing Machine at the P.O. Research Station», National Physical Laboratory, 7 de marzo de 1946, en los Woodger Papers (referencia de catálogo M12/105). Hay un facsímil digital disponible en *The Turing Archive for the History of Computing*, en www.AlanTuring.net/delay_line_status <<

[73] Flowers en una conversación con el autor, en julio de 1998. <<

[74] Huskey, H. D. «The ACE Test Assembly, the Pilot ACE, the Big ACE, and the Bendix G15», en *Alan Turing's Electronic Brain*, p. 282. <<

[75] Actas del comité ejecutivo del National Physical Laboratory del 19 de marzo de 1946, biblioteca del NPL. Hay un facsímil digital disponible en *The Turing Archive for the History of Computing*, en www.AlanTuring.net/npl_minutes_mar1946 <<

[76] Turing, «Proposed Electronic Calculator», p. 409. <<

[77] Turing, en «The Turing–Wilkinson Lecture Series (1946-7)», *Alan Turing's Electronic Brain*, p. 465. <<

[78] Allen Coombs en una entrevista con Christopher Evans en 1976. («The Pioneers of Computing: An Oral History of Computing», Londres, Science Museum, © junta directiva del Science Museum). Los archiveros del Science Museum de Londres me facilitaron esta entrevista en una cinta de audio en 1995 y yo la transcribí en 1997. <<

[79] Carta de Michael Woodger al autor, 21 de mayo de 2003. <<

[80] Don Bayley en una conversación con el autor, diciembre de 1997. <<

[81] Thomas, H. A., «A Plan for the Design, Development and Production of the “ACE”», 12 de abril de 1947, p. 5 (en los Woodger Papers). Hay un facsímil digital disponible en *The Turing Archive for the History of Computing*, en www.AlanTuring.net/turing_archive/archive/1/102/102.php <<

[82] Huskey, «The ACE Test Assembly, the Pilot ACE, the Big ACE, and the Bendix G15», p. 281. <<

[83] Huskey, «The ACE Test Assembly, the Pilot ACE, the Big ACE, and the Bendix G15», p. 285. <<

[84] Turing, A. M. «Report on visit to U.S.A., January 1st-20th, 1947», National Physical Laboratory, 3 de febrero de 1947 (National Archives, referencia de documento DSIR 10/385). Hay un facsímil digital disponible en *The Turing Archive for the History of Computing*, en www.AlanTuring.net/turing_usa_visit <<

[85] Womersley, J. R. «A.C.E. Project», National Physical Laboratory, sin fecha (National Archives, referencia de documento DSIR 10/385). Hay un facsímil digital disponible en *The Turing Archive for the History of Computing*, en www.AlanTuring.net/womersley_ace_project <<

[86] Wilkinson en una entrevista con Evans. <<

[87] Woodger en una conversación con el autor, en junio de 1998. <<

[88] Wilkinson en una entrevista con Evans. <<

[89] Cartas de Huskey al autor, 3 de junio de 2003; 18 de enero de 2004. <<

[90] Carta de Huskey al autor, 18 de enero de 2004. Woodger, M. «ACE Test Assembly», septiembre-octubre de 1947. National Physical Laboratory (en los Woodger Papers). Hay un facsímil digital disponible en *The Turing Archive for the History of Computing*, en www.AlanTuring.net/ace_test_assembly <<

[91] Fieller, E. C. «Hollerith Equipment for A.C.E. Work – Immediate Requirements», National Physical Laboratory, 16 de octubre de 1947 (National Archives, referencia de documento DSIR 10/385). Hay un facsímil digital disponible en *The Turing Archive for the History of Computing*, en www.AlanTuring.net/hollerith_equipment
<<

[92] Actas del comité ejecutivo del National Physical Laboratory del 18 de marzo de 1947, biblioteca del NPL. Hay un facsímil digital disponible en *The Turing Archive for the History of Computing*, en www.AlanTuring.net/npl_minutes_mar1947 <<

[93] Hay un relato más detallado de la debacle de Thomas en mi «The Origins and Development of the ACE Project», en *Alan Turing's Electronic Brain*. <<

[94] Turing probablemente se marchara a Cambridge a finales de septiembre. Todavía estaba en el NPL cuando Geoff Hayes llegó a la división de matemáticas el 23 de septiembre de 1947. <<

[95] Carta de Darwin a *sir* Edwar Appleton, 23 de julio de 1947 (National Archives, referencia de documento DSIR 10/385). Hay un facsímil digital disponible en *The Turing Archive for the History of Computing*, en www.AlanTuring.net/darwin_appleton_23jul47 <<

[96] Hayes, G. «The Place of Pilot Programming», manuscrito, 2000. <<

[97] Actas del comité ejecutivo del National Physical Laboratory del 20 de abril de 1948, biblioteca del NPL. Hay un facsímil digital disponible en *The Turing Archive for the History of Computing*, en www.AlanTuring.net/npl_minutes_apr1948 <<

[98] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 89. <<

[99] Wilkinson en una entrevista con Evans. <<

[100] Woodger en una conversación con el autor, en junio de 1998. <<

[101] Smithies, «John Ronald Womersley». <<

[102] Womersley, J. R. «Oscillatory Motion of a Viscous Liquid in a Thin-Walled Elastic Tube—I: The Linear Approximation for Long Waves», *The Philosophical Magazine*, vol. 45, 1955, pp. 199-221. <<

[103] Mi *Alan Turing's Electronic Brain* contiene más información sobre MOSAIC, en las páginas 80-83. <<

[104] Para más información sobre el «gran ACE» del NPL, véase *Alan Turing's Electronic Brain*. <<

[105] Froggatt, R. J. «Logical Design of a Computer for Business Use», *Journal of the British Institution of Radio Engineers*, vol. 17, 1957, pp. 681-696; Bell y Newell, *Computer Structures: Readings and Examples*, pp. 44, 74; Yates, D. M., *Turing's Legacy: A History of Computing at the National Physical Laboratory 1945-1995*, Londres, Science Museum, 1997. <<

[106] Huskey, «The ACE Test Assembly, the Pilot ACE, the Big ACE, and the Bendix G15». <<

[1] Kilburn, T., Piggott, L. S. «Frederic Calland Williams», *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society*, vol. 24, 1978, pp. 583-604. <<

[2] J. R. Whitehead, citado en Kilburn y Piggot, «Frederic Calland Williams», p. 590.

<<

[3] J. R. Whitehead, citado en Kilburn y Piggot, «Frederic Calland Williams», p. 590.

<<

[4] Williams en una entrevista con Christopher Evans en 1976 («The Pioneers of Computing: An Oral History of Computing», Londres, Science Museum, © junta directiva del Science Museum). Los archiveros del Science Museum de Londres me facilitaron esta entrevista en una cinta de audio en 1995 y yo la transcribí en 1997. <<

[5] Williams citado en «How To Invent», *International Science and Technology*, febrero de 1964, pp. 49-53 (p. 52). <<

[6] «Interview with Dr. F. C. Williams, O.B.E. Group Leader at T.R.E.», texto mecanografiado, sin fecha, c. 1945, registros del TRE. <<

[7] Williams citado en Bennett, S. «F. C. Williams: his contribution to the development of automatic control» (un texto mecanografiado inédito de entrevistas con Williams en 1976, National Archive for the History of Computing, Universidad de Manchester, p. 1). <<

[8] Williams citado en Bennett, S. «F. C. Williams: his contribution to the development of automatic control», p. 1. <<

[9] Goldstine, H. H. *The Computer from Pascal to von Neumann*, Princeton, Princeton University Press, 1972, p. 96. <<

[10] Turing, «Proposed Electronic Calculator», pp. 426-227 (en *Alan Turing's Electronic Brain*). <<

[11] Carta de Williams a R. A. Watson-Watt, 6 de julio de 1950. La carta se discute en el borrador de un informe de la National Research Development Corporation, «Williams Cathode Ray Tube Storage: Evidence Relating to the Origin of the Invention and the Dissemination of Information on the Operation of the Storage System» («NRDC Draft Report»), p. 5. Hay una historia detallada del tubo de Williams en mi «The Manchester Computer: A Revised History. Part I. The Memory», *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 33, 2011, pp. 4-21. <<

[12] Sheppard, C. B. Conferencia 21 (p. 268), en Campbell-Kelly, M., Williams, M. R., eds., *The Moore School Lectures*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 1985. La fecha del informe de Sheppard sobre el trabajo de Sharpless es 24 de julio de 1946.

<<

[13] Williams en una entrevista con Evans. <<

[14] Actas del grupo de trabajo en sistemas de circuitos, TRE, 7 de agosto de 1946 (en el National Archive for the History of Computing, universidad de Manchester). <<

[15] NRDC Draft Report, pp. 2-3. <<

[16] Strachey, C. S. Notas manuscritas, en los Christopher Strachey Papeis, Bodleian Library, Oxford, carpeta C33. <<

[17] Para más detalles, véase mi «The Manchester Computer: A Revised History. Part I. The Memory». *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 33, 2011, pp. 12-13.

<<

[18] Para más detalles, véase mi «The Manchester Computer: A Revised History. Part I. The Memory», *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 33, 2011, pp. 22-37.

<<

[19] Wilkes, M. Kahn, H. J. «Tom Kilburn CBE FREng», *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society*, vol. 49, 2003, pp. 285-297 (pp. 285-286). <<

[20] Kilburn y Piggott, «Frederic Calland Williams», p. 584. <<

[21] NRDC Draft Report, p. 7. <<

[22] Williams en una entrevista con Evans. <<

[23] Bowker, G., Giordano, R. «Interview with Tom Kilburn», *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 15, 1993, pp. 17-32 (p. 19). Las notas oficiales de las conferencias están impresas como «The Turing–Wilkinson Lecture Series (1946-7)», en mi *Alan Turing's Electronic Brain*, y mi introducción a las notas proporciona una descripción de las conferencias (pp. 459-464). Los papeles manuscritos de Womersley sobre los preparativos para el ciclo de conferencias están en los Woodger Papers (referencia de catálogo M15) y aparecen reproducidos en *The Turing Archive for the History of Computing* en www.AlanTuring.net/womersley_notes_22nov46 <<

[24] Conan Doyle, A. *A Sturdy in Scarlet*. Londres: Penguin, 1981, p. 10; Álvaro Delgado, tr., *Estudio en escarlata*, Madrid, Alianza Editorial, 2000. <<

[25] Véase mi «The Manchester Computer: A Revised History. Part II. The Baby Machine», pp. 23-24. <<

[26] Good utilizaba estos términos en una carta a Newman sobre la arquitectura computacional (8 de agosto de 1948). La carta está en Good, I. J. «Early Notes on Electronic Computers», inédito, compilado en 1972 y 1976; hay una copia en el National Archive for the History of Computing de la universidad de Manchester, MUC/Series 2/a4, pp. 63-64. <<

[27] Kilburn, T. «A Storage System for Use with Binary Digital Computing Machines», informe para el TRE, 1 de diciembre de 1947 (National Archive for the History of Computing, universidad de Manchester), hay una versión mecanografiada de nuevo, completa, con notas editoriales de Brian Napper, en www.computer50.org/kgill/mark1/report1947.html. Estoy en deuda con Napper por sus muchas explicaciones y correspondencia. <<

[28] Carta de Napper al autor, 16 de junio de 2002. <<

[29] Browker y Giordano, «Interview with Tom Kilburn», p. 19. <<

[30] Para más detalles, véase mi «The Manchester Computer: A Revised History. Part I. The Memory», pp. 7-10. <<

[31] «Application from Professor M. H. A. Newman: Project for a Calculating Machine Laboratory in Manchester University», Royal Society of London, p. 2. <<

[32] Williams, F. C. «Early Computers at Manchester University», *Radio and Electronic Engineer*, vol. 45, 1975, pp. 327-331 (p. 328). <<

[33] Kilburn y Piggott, «Frederic Calland Williams», pp. 583-584. <<

[34] Kilburn y Piggott, «Frederic Calland Williams», p. 591. NRDC Draft Report, p. 7. Kilburn en una entrevista con el autor, en julio de 1997. <<

[35] Kilburn en una entrevista con el autor, en julio de 1997. Carta del TRE al NPL (9 de enero de 1947), en el National Archive for the History of Computing, universidad de Manchester. <<

[36] Newman, W. «Max Newman—Mathematician, Codebreaker, and Computer Pioneer», en mi *Colossus*, p. 185. <<

[37] Huskey, H. D. «The State of the Art in Electronic Digital Computing in Britain and the United States», capítulo 23 de mi *Alan Turing's Electronic Brain* (véase p. 536). <<

[38] «Application from Professor M. H. A. Newman: Project for a Calculating Machine Laboratory in Manchester University»; y «Report by Professor M. H. A. Newman on Progress of Computing Machine Project», actas del consejo de la Royal Society, 13 de enero de 1949 (en los archivos de la Royal Society of London). <<

[39] Michie en una conversación con el autor, en octubre de 1995; Good, «Early Notes on Electronic Computers», pp. vii, ix. <<

[40] Michie en unas memorias inéditas que me envió en marzo de 1997. <<

[41] Véase mi «The Manchester Computer: A Revised History. Part II The Baby Machine», pp. 26-27. <<

[42] Carta de Williams a Randell, 1972 (en Randell, B. «On Alan Turing and the Origins of Digital Computers», en Meltzer, B., Michie, D., eds., *Machine Intelligence* 7, Edimburgo, Edinburgh University Press, 1972; la carta está en la p. 9. Gracias a Randell por proporcionarme una copia. <<

[43] Williams en una entrevista con Evans. Por lo que sé, las afirmaciones de Williams grabadas en cinta de que «ni Tom Kilburn ni yo sabíamos lo más mínimo sobre ordenadores cuando llegamos a la universidad de Manchester» y de que «Newman nos explicó todo el asunto de cómo funciona un ordenador» aparecieron por primera vez en una transcripción en el *British Times Literary Supplement* en un artículo de 1998, mío y de Diane Proudfoot, publicado con motivo del quincuagésimo aniversario del Bebé de Manchester: «Enigma Variations», *Times Literary Supplement*, «Information Technology», 3 de julio de 1998, p. 6. <<

[44] Kilburn en una entrevista con el autor en julio de 1997. <<

[45] Good contaba esto en su introducción retrospectiva (escrita en 1972) para un pequeño trabajo, «The Baby Machine», que él había preparado el 4 de mayo de 1947, a petición de Kilburn (Good, «Early Notes on Electronic Computers», p. iv); también lo contó en su discurso de aceptación de 1998 del IEEE Computer Pioneer Award (me envió una copia de su texto mecanografiado revisado en enero de 1999). Las doce instrucciones de Good, ejecutadas por la máquina Bebé están detalladas en mi «The Manchester Computer: A Revised History. Part II The Baby Machine», p. 28. (Véase también Croarken, M. «The Beginnings of the Manchester Computer Phenomenon: People and Influences», *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 15, 1993, pp. 9-16; y Lee, J. A. N. *Computer Pioneers*, Los Alamitos, IEEE Computer Society Press, 1995, p. 744). <<

[46] Burks, A. W., Goldstine, H. H., Von Neumann, J. «Preliminary Discussion of the Logical Design of an Electronic Computing Instrument», Institute for Advanced Study, 28 de junio de 1946, en el volumen 5 de Taub, A. H., ed., *Collected Works of John von Neumann*, Oxford, Pergamon Press, 1961. Para más detalles, véase mi «The Manchester Computer: A Revised History. Part II The Baby Machine», pp. 29-31. <<

[47] Una comparación detallada entre las doce instrucciones de Good y el conjunto de instrucciones del Bebé se presenta en la barra lateral de la p. 26 de mi «The Manchester Computer: A Revised History. Part II The Baby Machine». <<

[48] El ordenador Bebé y su conjunto de instrucciones aparecen descritos en Williams, F. C., Kilburn, T., «Electronic Digital Computers», *Nature*, vol. 162, no. 4117, 1948, p. 487. <<

[49] Williams en una entrevista con Evans. <<

[50] Williams, «Early Computers at Manchester University», p. 330. <<

[51] Williams, «Early Computers at Manchester University», p. 330. <<

[52] Williams en una entrevista con Evans. <<

[53] Woodger en una conversación con el autor, en junio de 1998. <<

[54] La fecha de entrega del primer ordenador Ferranti aparece en una carta de Turing a Woodger, sin fecha, recibida el 12 de febrero de 1951 (en los Woodger Papers). Hay un facsímil digital disponible en *The Turing Archive for the History of Computing* www.AlanTuring.net/turing_woodger_feb51:. Para detalles de UNIVAC véase Stern, N. «The BINAC: A Case Study in the History of Technology», *Annals of the History of Computing*, vol. 1, 1979, pp. 9-20 (p. 17); y Stern, N. *From ENIAC to UNIVAC: An Appraisal of the Eckert–Mauchly Computers*, Bedford, Massachusetts, Digital, 1981, p. 149. <<

[55] El Atlas se describe en Lavington, S. *A History of Manchester Computers*, Manchester, NCC Publications, 1975, pp. 37-43. <<

[56] Ken Myers en una conversación con el autor en julio de 2001. Myers, K. «Wartime memories of Dollis Hill and Bletchley Park (B/P or Station X)», texto mecanografiado, c. 2000, p. 5. <<

[57] Carta de Good al autor, 5 de marzo de 2004. <<

[58] Carta de Good al autor, 5 de marzo de 2004. <<

[59] Como demostré en mi «The Manchester Computer: A Revised History. Part II The Baby Machine», pp. 30-31. <<

[60] Bigelow, J. «Computer Development at the Institute for Advanced Study», en Metropolis, N., Howlett, J., Rota, G. C., eds., *A History of Computing in the Twentieth Century*, Nueva York, Academic Press, 1980, pp. 305-306. <<

[61] Newman, M. H. A. «Alan Mathison Turing, 1912-1954», *Biographical Memoirs of Fellows of the Royal Society*, vol. 1, 1955, pp. 253-263 (p. 254). <<

[62] Carta de Williams a Randell. <<

[63] Carta de Williams a Randell. <<

[64] Para más detalles véase mi «The Manchester Computer: A Revised History. Part II The Baby Machine», pp. 31-32. <<

[65] Turing, «Programmers' Handbook for Manchester Electronic Computer», Computing Machine Laboratory, universidad de Manchester, sin fecha, c. 1950. Hay un facsímil digital disponible en *The Turing Archive for the History of Computing* en www.AlanTuring.net/programmers_handbook <<

[66] «The Manchester Computer: A Revised History. Part II The Baby Machine», p. 32. <<

[67] Kilburn en una entrevista con el autor en julio de 1997. <<

[68] Williams en una entrevista con Evans. <<

[69] Michie en una conversación con el autor, en febrero de 1998. <<

[70] *The Essential Turing*, p. 473. <<

[71] Carta de Geoffrey Jefferson a Turing, 10 de marzo de 1951 (Turing Papers, King's College Library, referencia de catálogo A 29). Jefferson era catedrático de neurocirugía en la universidad de Manchester. <<

[72] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 92. <<

[73] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 92. <<

[74] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 92. <<

[75] Woodger en una conversación con el autor, en junio de 1998. <<

[76] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 91. <<

[77] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 91. <<

[78] Eliza Clayton, declaración a la policía (Turing Papers, King's College Library, referencia de catálogo K 6). <<

[79] Newman, L. Prólogo al *Alan M. Turing*, de Sara Turing. <<

[80] Los versos están en los Turing Papers en la King's College Library (referencia de catálogo D 4). <<

[81] La historia está en los Turing Papers en la King's College Library (referencia de catálogo A 13). <<

[82] Carta de Lyn Newman a Antoinette Esher, 13 de noviembre de 1957 (Papers of Max and Lyn Newman, St John's College Library, Cambridge). Gracias a William Newman por la información sobre las cartas de Lyn. <<

[83] Carta de Turing a Lyn Newman, mayo, sin año (Turing Papers, King's College Library, referencia de catálogo A 13). <<

[84] Newman, «Max Newman–Mathematician, Codebreaker, and Computer Pioneer», p. 187. <<

[85] Newman, «Max Newman», pp. 186-187. <<

[86] Newman, «Max Newman», p. 186. <<

[87] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 66. <<

[88] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 93. <<

[89] Información aportada por William Newman. <<

[90] Carta de Lyn Newman a sus padres, 25 de enero de 1938 (en St John's College Library, Cambridge). <<

[91] Hay un diagrama del circuito del Bocinazos en Dodd, K. N., *The Ferranti Electronic Computer*, informe 10/53 del Armament Research Establishment (Diagrama 10). <<

[92] Turing, «Programmers' Handbook for Manchester Electronic Computer», p. 24.

<<

[93] Dodd, *The Ferranti Electronic Computer*, p. 59. <<

[94] Turing, «Programmers' Handbook for Manchester Electronic Computer», p. 24.

<<

[95] Véase, por ejemplo, Chadabe, J. «The Electronic Century, Part III: Computers and Analog Synthesizers», *Electronic Musician*, 2001 www.emusician.com/tutorials/electronic_century3,. Gracias al compositor neozelandés Jason Long tanto por esta referencia como por las charlas sobre la música hecha por ordenador. <<

[96] Prinz, D. G. *Introduction to Programming on the Manchester Electronic Digital Computer*, Ferranti Ltd., Moston, Manchester, sección 20. Hay un facsímil digital disponible en *The Turing Archive for the History of Computing*, en www.AlanTuring.net/prinz <<

[97] Turing, «Programmers' Handbook for Manchester Electronic Computer», p. 24.

<<

[98] Foy, N. «The Word Games of the Night Bird», *Computing Europe*, 15 de agosto de 1974, pp. 10-11 (entrevista con Christopher Strachey). <<

[99] Campbell-Kelly, M. «Christopher Strachey, 1916–1975: A Biographical Note», *Annals of the History of Computing*, vol. 7, 1985, pp. 19-42 (p. 23). <<

[100] Scott, D. S. «An Appreciation of Christopher Strachey and his Work», en Stoy, J. E., *Denotational Semantics: The Scott–Strachey Approach to Programming Language Theory*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 1977, p. xx. <<

[101] Carta de Strachey a Woodger, 13 de mayo de 1951 (en los Woodger Papers). <<

[102] Levy, S. *Hackers: Heroes of the Computer Revolution*, Nueva York, Anchor, 1984, p. 7. <<

[103] Gandy en una conversación con el autor, en octubre de 1995. <<

[104] Strachey en «The Word Games of the Night Bird», p. 10. <<

[105] Strachey en «The Word Games of the Night Bird», p. 11. <<

[106] Strachey en «The Word Games of the Night Bird», p. 11. <<

[107] Strachey en «The Word Games of the Night Bird», p. 11. <<

[108] Strachey en «The Word Games of the Night Bird», p. 11. <<

[109] La grabación original de 1951 está en el National Sound Archive en la British Library, Londres (número de referencia H3942). Una copia digital, hecha por Chris Burton, está disponible en internet en www.digital60.org/media/mark_one_digital_music. En Australia también hubo unos desarrollos tempranos en la música hecha por ordenador y el CSIRAC de Trevor Pearcey tocó música en la primera Australian Computer Conference en Sídney, también en 1951. Véase Doornbusch, P., *The Music of CSIRAC: Australia's First Computer Music*, Melbourne, Common Ground, 2005. El libro de Doornbusch incluye un CD con la música reconstruida. <<

[110] Turing citado en «The Mechanical Brain», *The Times*, 11 de junio de 1949. <<

[111] *The Essential Turing*, p. 484. <<

[112] Strachey, C. S. «The Thinking Machine», *Encounter*, vol. 3, 1954, pp. 25-31 (p. 26). <<

[113] Turing, «Programmers' Handbook for Manchester Electronic Computer», p. 25.
Turing, A. M. «Generation of Random Numbers», apéndice a Tootill, G. C.
«Informal Report on the Design of the Ferranti Mark I Computing Machine»,
Manchester Computing Machine Laboratory, noviembre de 1949. <<

[114] Capítulo 7 («Freedom») de mi *Artificial Intelligence*.<<

[115] Newman, M. H. A. «Alan Mathison Turing, 1912–1954», p. 255. <<

[116] Strachey, «The Thinking Machine», p. 26. <<

[117] La carta está en los Turing Papers, King's College Library, referencia de catálogo D 4. <<

[118] Strachey, B. R *emarkable Relations: The Story of the Pearsall Smith Women*, Nueva York, Universe Books, 1982, p. 275. Véase también Campbell-Kelly, «Christopher Strachey, 1916–1975: A Biographical Note», p. 20. <<

[119] Strachey, C. S. «Logical or Non-Mathematical Programmes», *Proceedings of the Association for Computing Machinery*, Toronto, septiembre de 1952, pp. 46-49. <<

[120] Cartas de Strachey a Woodger, 5 de marzo de 1951 y 13 de mayo de 1951 (en los Woodger Papers). Carta de Strachey a Turing, 15 de mayo de 1951 (Turing Papers, King's College Library, referencia de catálogo D 5). Para más detalles, véase *The Essential Turing*, pp. 356-358. <<

[121] Documentos de Christopher Strachey, Bodleian Library, Oxford. <<

[122] Strachey, C. S. Nota manuscrita en los documentos de Christopher Strachey, carpeta C30. <<

[123] Samuel, A. L. «Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers», *IBM Journal of Research and Development*, vol. 3, 1959, pp. 211-229. <<

[124] Shurkin, J. «Computer Pioneer and His Historic Program Still Active at Stanford», Stanford University News Service, 1983. (Gracias a Hubert Dreyfus por esta referencia). <<

[125] Strachey, «The Thinking Machine», p. 26. <<

[1] Brooks, R. A., Flynn, A. M. «Fast, Cheap and Out of Control: A Robot Invasion of the Solar System», *Journal of the British Interplanetary Society*, vol. 42, 1989, pp. 478-485. <<

[2] Véase Proudfoot, D. «Anthropomorphism and AI: Turing's Much Misunderstood Imitation Game», *Artificial Intelligence*, vol. 175, 2011, pp. 950-957 (p. 954). <<

[3] Véase Brooks, R. A. «Intelligence without Reason», en Steels, L., Brooks, R., eds., *The Artificial Life Route to Artificial Intelligence: Building Situated Embodied Agents*, New Haven, Connecticut, Lawrence Erlbaum, 1994. <<

[4] *The Essential Turing*, p. 431. <<

[5] Michie, D. *On Machine Intelligence*, Edimburgo, Edinburgh University Press, 1974, p. 51. <<

[6] Simon, H. A., Newell, A. «Heuristic Problem Solving: The Next Advance in Operations Research», *Operations Research*, vol. 6, 1958, pp. 1-10 (p. 8). <<

[7] *The Essential Turing*, p. 460. <<

[8] *The Essential Turing*, pp. 460, 393. <<

[9] *The Essential Turing*, p. 463. <<

[10] Brooks, «Intelligence Without Reason». <<

[11] *The Essential Turing*, p. 420. <<

[12] *The Essential Turing*, p. 420. <<

[13] *The Essential Turing*, pp. 460-461. <<

[14] Michael Woodger según un informe de Michie y Meltzer en Meltzer, B., Michie, D., eds., *Machine Intelligence 5*, Nueva York: Elsevier, 1970, p. 2. <<

[15] Weizenbaum, J. «ELIZA —a Computer Program for the Study of Natural Language Communication Between Man and Machine», *Communications of the Association for Computing Machinery*, vol. 9, 1966, pp. 36-45. <<

[16] Colby, K. M., Watt, J. B., Gilbert, J. P. «A Computer Method of Psychotherapy: Preliminary Communication», *The Journal of Nervous and Mental Disease*, vol. 142, 1966, pp. 148-152 (p. 152). <<

[17] Weizenbaum, J. *Computer Power and Human Reason: From Judgement to Calculation*, San Francisco, W. H. Freeman, 1976, pp. 3-4. <<

[18] Weizenbaum, *Computer Power and Human Reason*, p. 7. <<

[19] De mi *Artificial Intelligence*, Oxford, Blackwell, 1993, p. 24. <<

[20] Tomado de Winograd, T. A., *Understanding Natural Language*, Nueva York, Academic Press, 1972, pp. 8-15; y Winograd, T. A., *Procedures as a Representation for Data in a Computer Program for Understanding Natural Language*, Cambridge, Massachusetts, MIT Project MAC, 1971, p. 44. <<

[21] Haugeland, J. *Artificial Intelligence: The Very Idea*, Massachusetts, MIT Press, 1985, p. 190. <<

[22] Simon, H. A. *The Shape of Automation: For Men and Management*, Nueva York, Harper & Row, 1965, p. 96. <<

[23] Minsky citado en Dreyfus, H. L. y Dreyfus, S. E., *Mind Over Machine*, Nueva York, Macmillan/Free Press, 1986, p. 78; Lenat, D. B., Feigenbaum, E. A., «On the Thresholds of Knowledge», *Artificial Intelligence*, vol. 47, 1991, pp. 185-250 (p. 224). <<

[24] Michie en una conversación con el autor, febrero de 1998. <<

[25] Michie en una conversación con el autor, octubre de 1995. <<

[26] *The Essential Turing*, p. 449. <<

[27] Newell, A., Shaw, J. C., Simon, H. A. «Empirical Explorations with the Logic Theory Machine: A Case Study in Heuristics», *Proceedings of the Western Joint Computer Conference*, vol. 15, 1957, pp. 218-39, reimpresso en Feigenbaum, E. A., Feldman, J., eds., *Computers and Thought*, Nueva York, McGraw-Hill, 1963. <<

[28] Whitehead, A. N., Russell, B. *Principia Mathematica*. Cambridge: Cambridge University Press, 1910. Hay una traducción al español de J. Manuel Domínguez Rodríguez, Madrid, Ediciones Paraninfo, 2003. <<

[29] Shaw en una entrevista con Pamela McCorduck (McCorduck, P. *Machines Who Think*, Nueva York, W. H. Freeman, 1979, p. 143). <<

[30] Carta de Arthur Samuel al autor, 6 de diciembre de 1988. Samuel, A. L. «Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers», *IBM Journal of Research and Development*, vol. 3, 1959, pp. 211-229 (reimpreso en Feigenbaum y Feldman, *Computers and Thought*). <<

[31] Donald Michie en una conversación con el autor, febrero de 1998. <<

[32] Para más detalles, véase *The Essential Turing*, pp. 353-361. <<

[33] Para más detalles, véase *The Essential Turing*, pp. 563-564. <<

[34] Carta de A. C. Pigou a Sara Turing, 26 de noviembre de 1956 (en los Turing Papers, King's College Library, Cambridge, referencia de catálogo A 10). <<

[35] *The Essential Turing*, pp. 574-575. <<

[36] Michie en una conversación con el autor, febrero de 1998. <<

[37] *The Essential Turing*, capítulo 9. <<

[38] Diario de Michael Woodger. <<

[39] *The Essential Turing*, p. 393. <<

[40] *The Essential Turing*, p. 391. <<

[41] *The Essential Turing*, capítulo. 10. <<

[42] Carta de Darwin a Turing, 11 de noviembre de 1947 (en los Turing Papers, King's College Library, Cambridge, referencia de catálogo D 5). Hay un facsímil digital en *The Turing Archive for the History of Computing* en www.AlanTuring.net/darwin_turing_11nov47 <<

[43] Robin Gandy en una conversación con el autor, octubre de 1995. <<

[44] Actas del comité ejecutivo del National Physical Laboratory del 28 septiembre de 1948, biblioteca del NPL, p. 4. Hay un facsímil digital en *The Turing Archive for the History of Computing* en www.AlanTuring.net/npl_minutes_sept1948 <<

[45] *The Essential Turing*, p. 431. <<

[46] Samuel, «Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers». <<

[47] *The Essential Turing*, capítulo 16 (véase p. 575). <<

[48] Turing, «Proposed Electronic Calculator», p. 389. <<

[49] *The Essential Turing*, p. 503. <<

[50] Para más detalles, véase *The Essential Turing*, pp. 248-253. <<

[51] *The Essential Turing*, p. 431. <<

[52] Newell, A., Simon, H. A., «Computer Science as Empirical Inquiry: Symbols and Search», *Communications of the Association for Computing Machinery*, vol. 19, 1976, pp. 113-126 (p. 120). <<

[53] Good en una conversación con el autor, febrero de 2004. <<

[54] «Garry Kasparov vs. Deep Blue» es un excelente reportaje de Frederic Friedel sobre la partida disponible en www.chessbase.com/columns/column.asp?pid=146 <<

[55] Chomsky, N. *Powers and Prospects: Reflections on Human Nature and the Social Order*, Londres, Pluto, 1996, p. 40. <<

[56] Ed Fredkin entrevistado en *Better Mind the Computer*, BBC TV. <<

[57] *The Essential Turing*, p. 475. <<

[58] *The Essential Turing*, pp. 485-486. <<

[59] *The Essential Turing*, p. 475. <<

[60] Good, I. J. «Speculations Concerning the First Ultraintelligent Machine», *Advances in Computers*, vol. 6, 1965, pp. 31-88 (p. 33). <<

[61] Good, I. J. «Some Future Social Repercussions of Computers», *International Journal of Environmental Studies*, vol. 1, 1970, pp. 67-79 (p. 76). <<

[62] Else, L. «Ray Kurzweil: A Singular View of the Future», *New Scientist Opinion*, 2707, 6 de mayo de 2009 www.newscientist.com, <<

[63] The Law of Accelerating Returns, KurzweilAI.net, 7 de marzo de 2001 www.kurzweilai.net/articles/art0134.html?printable=1,. Véase también el artículo que escribí con Diane Proudfoot «Our Posthuman Future», *The Philosophers' Magazine*, vol. 57, 2012, pp. 73-78; también disponible en www.thephilosophersmagazine.com <<

[64] Un artículo del *Wilmslow Advertiser* ofrece la información presentada en el juicio subsiguiente («University Reader Put on Probation», 4 de abril de 1952, p. 8). Quiero agradecer a la Cheshire Record Office que me proporcionase este artículo y copias de los registros del juzgado (Registro del Juzgado, Wilmslow, 27 de febrero de 1952, y Knutsford, 31 de marzo de 1952; y la lectura de cargos en las sesiones del distrito de Chester en Knutsford, 31 de marzo 1952, *The Queen v. Alan Mathison Turing and Arnold Murray*). Mi relato está basado en estos materiales. <<

[65] Capítulo 14 de *The Essential Turing*, «Can Automatic Calculating Machines Be Said to Think?». <<

[66] Carta de Turing a Philip Hall, sin fecha (en los Turing Papers, King's College Library, Cambridge, referencia de catálogo D 13). <<

[67] Carta de Turing a Norman Routledge, sin fecha (en los Turing Papers, King's College Library, Cambridge, referencia de catálogo D 14). <<

[68] Don Bailey en una conversación con el autor, 21 de diciembre de 1997. <<

[69] Carta de Turing a Hall. <<

[70] Carta de Turing a Hall. <<

[71] Don Bailey en una conversación con el autor, diciembre 1997. <<

[72] Carta de Turing a Routledge, 22 de febrero de [1953] (en los Turing Papers, King's College Library, Cambridge, referencia de catálogo D 14). <<

[73] Carta de Turing a Gandy, 11 de marzo de [1953] (en los Turing Papers, King's College Library, Cambridge, referencia de catálogo D 4). El nombre «Kjell Carlsen» está escrito en la esquina de una hoja de las notas matemáticas manuscritas de Turing.

<<

[74] Carta de Turing a Routledge, 22 de febrero. <<

[75] Carta de Turing a Gandy, 11 de marzo. <<

[76] Para más detalles, véase el capítulo 15 de *The Essential Turing*. <<

[77] Watson, J. D. *The Double Helix: A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA*, Nueva York, Touchstone, 2001, p. 197. Existe una edición en español con traducción de Adolfo Martín, *La doble hélice: un relato autobiográfico sobre el descubrimiento del ADN*, Barcelona, Salvat, 1994. <<

[78] Richards, B. «Turing, Richards, and Morphogenesis», *The Rutherford Journal for the History and Philosophy of Science and Technology*, vol. 1, 2005-2006 www.rutherfordjournal.org/article010109.html, <<

[79] Véase, por ejemplo, Economou A. D. et al., «Periodic stripe formation by a Turing mechanism operating at growth zones in the mammalian palate», *Nature Genetics*, vol. 44, 2012, pp. 348-351; y Kaandorp, J. A., Sloot, P. M. A., Merks, R. M. H., Bak, R. P. M., Vermeij, M. J. A. y Maier, C. «Morphogenesis of the branching reef coral *Madracis Mirabilis*», *Proceedings of the Royal Society B*, vol. 272, 2005, pp. 127-133. <<

[80] Langton, C. G. «Studying Artificial Life with Cellular Automata», *Physica D*, vol. 22, 1986, pp. 120-149 (p. 147). <<

[81] Langton, C. G., ed. *Artificial Life: The Proceedings of an Interdisciplinary Workshop on the Synthesis and Simulation of Living Systems*, Redwood City, California, Addison-Wesley, 1989. <<

[82] Langton, C. G. «Artificial Life», en Langton, *Artificial Life*, p. 1. <<

[83] Langton, «Artificial Life», en Langton, *Artificial Life*, p. 32. <<

[84] Carta de Turing a J. Z. Young, 8 de febrero de 1951 (en la p. 517 de *The Essential Turing*). <<

[85] *The Essential Turing*, p. 382. <<

[1] *The Essential Turing*, p. 495. <<

[2] *The Essential Turing*, p. 495 (la cursiva es mía). <<

[3] Harlow, J. M. «Recovery From the Passage of an Iron Bar Through the Head», *Massachusetts Medical Society Publications*, vol. 2, 1868, pp. 328-347. <<

[4] Diane Proudfoot y yo señalamos esto en nuestro artículo «On Alan Turing's Anticipation of Connectionism», *Synthese*, vol. 108, 1996, pp. 361-377. Véase también nuestro artículo en la *Scientific American* «Alan Turing's Forgotten Ideas in Computer Science», vol. 280, 1999, pp. 99-103, y la discusión en *The Essential Turing*, pp. 402-432. <<

[5] *The Essential Turing*, pp. 428-429. <<

[6] Carta Turing a J. Z. Young, 8 de febrero de 1951, en la p. 517 de *The Essential Turing*. <<

[7] *The Essential Turing*, pp. 422, 424. <<

[8] *The Essential Turing*, p. 424. <<

[9] *The Essential Turing*, p. 429. <<

[10] Farley, B. G., Clark, W. A. «Simulation of Self-Organising Systems by Digital Computer», *Institute of Radio Engineers Transactions on Information Theory*, vol. 4, 1954, pp. 76-84; Clark, W. A., Farley, B. G. «Generalisation of Pattern Recognition in a Self-Organising System», en *Proceedings of the Western Joint Computer Conference*, 1955. <<

[11] Gold, J. I., Shadlen, M. N. «Banburismus and the Brain: Decoding the Relationship between Sensory Stimuli, Decisions, and Reward», *Neuron*, vol. 36, 2002, pp. 299-308. <<

[12] Turing presentó su juego de las imitaciones en 1948 en un informe del NPL y luego, de manera más completa, lo introdujo dos años más tarde en la revista de filosofía *Mind*. Su emisión de radio de 1952 «Can Automatic Calculating Machines Be Said to Think?» proporcionó información adicional sobre el juego de las imitaciones. Los tres fragmentos se hallan en *The Essential Turing* (capítulos 10, 11 y 14). <<

[13] *The Essential Turing*, p. 495. <<

[14] Contra French, R. «Subcognition and the Limits of the Turing Test», *Mind*, vol. 99, 1990, pp. 53-65. El ingenioso ataque de French a la prueba de Turing da por sentado que se requiere que la máquina pase por ser un miembro de la cultura del propio juez, pero no hay tal restricción en ninguna de las diversas presentaciones que Turing ofreció de la prueba. <<

[15] Estrictamente, esto es una simplificación. Turing proporcionó un protocolo para puntuar la prueba que está basado en otra forma del juego de las imitaciones: el juego de hombre-mujer. Este juego implica a un juez y dos participantes: uno de cada sexo; el juez debe determinar, mediante preguntas y respuestas, cuál de los participantes es el hombre. (El objetivo del hombre en el juego, igual que el del ordenador, es intentar que el juez haga una identificación errónea). La actuación del hombre en el juego de «hombre imita a mujer» se utiliza como una referencia para evaluar la actuación del ordenador en el juego de «ordenador imita a humano» (véase *The Essential Turing*, p. 441). Si el ordenador (en el juego de «ordenador imita a humano») no lo hace peor que el hombre (en el juego de «hombre imita a mujer»), entonces gana el juego. Para más discusión al respecto, véase mi artículo «The Turing Test», en Moor, J., ed., *The Turing Test: The Elusive Standard of Artificial Intelligence*, Dordrecht, Holanda, Kluwer, 2003. <<

[16] *The Essential Turing*, p. 442. <<

[17] *The Essential Turing*, p. 452. <<

[18] Se informa de la prueba en Bobrow, D. «A Turing Test Passed», *ACM SIGART Newsletter*, diciembre de 1968, pp. 14-15. <<

[19] The Loebner Turing Test Competition, Dartmouth College, 2000. <<

[20] Loebner, H. «Why a Loebner Prize»,
2009 www.chatbots.org/awards/loebner_prize/why_a_loebner_prize, <<

[21] Esto es un extracto editado de una conversación entre Jabberwacky y Sundman, que puede encontrarse en www.loebner.net/Prizetf/2005_Contest/Jabberwacky/Jabberwacky_Judge_session2.htm El lector mismo puedes charlar (en inglés) con Jabberwacky en www.jabberwacky.com <<

[22] *The Essential Turing*, p. 489. <<

[23] Por ejemplo, por Andrew Hodges en *Alan Turing: The Enigma*, p. 415. <<

[24] *The Essential Turing*, p. 494. <<

[25] *The Essential Turing*, p. 449. <<

[26] *The Essential Turing*, p. 486. <<

[27] *The Essential Turing*, p. 485 (la cursiva es mía). <<

[28] *The Essential Turing*, p. 442. <<

[29] *The Essential Turing*, p. 495. <<

[30] *The Essential Turing*, capítulo 11. <<

[31] Carta de Wittgenstein a Malcolm, 1 de diciembre de 1950, en Malcolm, N., *Ludwig Wittgenstein: A Memoir*. Oxford, Oxford University Press, segunda edición, 1984, pp. 129-130 y nota. Existe una traducción al español: Mario García Aldonate, *Ludwig Wittgenstein*, Madrid, Mondadori, 1990. <<

[32] Lenat, D. B. «Building a Machine Smart Enough to Pass the Turing Test: Could We, Should We, Will We?», en Epstein, R., Roberts, G. y Beber, G., eds., *Parsing the Turing Test: Philosophical and Methodological Issues in the Quest for the Thinking Computer*, Berlín, Springer, 2008. <<

[33] Tversky, A. y Kahneman, D. «Extensional Versus Intuitive Reasoning: The Conjunction Fallacy in Probability Judgement», *Psychological Review*, vol. 90, 1983, pp. 293-315. <<

[34] *The Essential Turing*, p. 495 (la cursiva es mía). <<

[35] French, «Subcognition and the Limits of the Turing Test». <<

[36] French, «Subcognition and the Limits of the Turing Test», p. 17. <<

[37] *The Essential Turing*, p. 484. <<

[38] Se continúa analizando el ataque de French a la prueba de Turing en mi capítulo «The Turing Test», en Moor, *The Turing Test*. <<

[39] Searle presentó su famoso experimento mental de la habitación china en su artículo «Minds, Brains, and Programs», *Behavioural and Brain Sciences*, vol. 3, 1980, pp. 417-424 y 450-456; y también en su libro *Minds, Brains and Science: the 1984 Reith Lectures*, Londres, Penguin, 1989. [Existe una traducción al español, de Luis Valdés: *Mentes, cerebros y ciencia*, Madrid, Cátedra, 1985]. Véase también Preston, J., Bishop, M., eds., *Views Into The Chinese Room*, Oxford, Oxford University Press, 2002. <<

[40] Weiskrantz, L., Warrington, E. K., Sanders, H. D. y Marshall, J. «Visual Capacity in the Hemianopic Field Following a Restricted Occipital Ablation», *Brain*, vol. 97, 1974, pp. 709-728; Weiskrantz, L. *Blindsight*, Oxford, Oxford University Press, 1986. <<

[41] Searle, J. R. «Is the Brain's Mind a Computer Program?», *Scientific American*, vol. 262, 1990, pp. 20-25 (p. 20). <<

[42] Para un mayor análisis de la habitación china, véase mi «The Chinese Room from a Logical Point of View», en Preston y Bishop, *Views Into The Chinese Room*. <<

[43] Para el análisis de más objeciones a la prueba de Turing, véase *The Essential Turing*, pp. 437-438, y mi capítulo «The Turing Test» en Moor, *The Turing Test*. <<

[44] Opiniones de Turing, tal como las presentó Jack Good en una conversación con el autor, en julio de 2004. <<

[45] *The Essential Turing*, p. 569. <<

[46] *The Essential Turing*, p. 452. <<

[47] Carta de Good al autor, 20 de marzo de 2004. Good dijo: «Esto capta la esencia de la conversación, pero puede que las palabras exactas fueran algo diferentes». <<

[48] Véase también mi *Artificial Intelligence*, capítulo 8. <<

[49] *The Essential Turing*, pp. 452, 569. <<

[50] Michie, *On Machine Intelligence*, p. 51. <<

[51] De las notas de las conferencias de Gödel para su curso introductorio de lógica de 1939 en la universidad de Notre Dame; en Cassou-Nogues, «Gödel's Introduction to Logic in 1939». <<

[52] Gödel en una conversación con Hao Wang, registrada en Wang, H., *A Logical Journey: From Gödel to Philosophy*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 1996, p. 189. <<

[53] *The Essential Turing*, p. 459. <<

[54] Michie en una conversación con el autor, febrero de 1998. <<

[55] Gödel en una conversación con Hao Wang, registrada en Wang, *A Logical Journey*, p. 207. <<

[56] El comentario de Newman lo cita Turing en la p. 215 de *The Essential Turing*. <<

[57] *The Essential Turing*, p. 215. <<

[58] Para un tratamiento más detallado de estas cuestiones, véase en «Turing versus Gödel on Computability and the Mind» un capítulo mío y de Oron Shagrir en Copeland, B. J., Posy, C. y Shagrir, O., eds., *Computability: Gödel, Turing, Church and Beyond*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 2012. <<

[59] *The Essential Turing*, p. 463. <<

[1] Caroline Davies, en *The Guardian*, 10 de septiembre de 2009. <<

[2] La disculpa apareció en la página web oficial del primer ministro británico www.number10.gov.uk. Dos páginas firmadas por Gordon Brown y tituladas «Remarks of Prime Minister Gordon Brown, 10 September 2009» son ahora parte de la exposición Turing en el Bletchley Park National Museum. <<

[3] *Manchester Guardian*, 11 de junio de 1954; *Alderley and Wilmslow Advertiser*, 18 de junio de 1954. <<

[4] Leavitt, D. «Alan Turing, the father of the computer, is finally getting his due», *Washington Post*, 23 de junio de 2012 www.washingtonpost.com/opinions/alan-turing-father-of-computer-science-not-yet-getting-his-due/2012/06/22/gJQA5eUOvV_story.html: <<

[5] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 117. <<

[6] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 117. Del veredicto del forense también se informó en *The Times*, 12 de junio de 1954. <<

[7] Declaración de Eliza Clayton ante el forense (en los Turing Papers, King's College Library, referencia de catálogo K 6). <<

[8] Declaración de Eliza Clayton ante el forense. Hay algunos detalles adicionales del relato de la señora Clayton en el escrito mecanografiado de Sara Turing «Comments by friends on the manner of Alan Turing's death», sin fecha (en los Turing Papers, King's College Library, referencia de catálogo A 11). <<

[9] Declaración del sargento de policía Leonard Cottrell ante el forense (en los Turing Papers, King's College Library, referencia de catálogo K 6). <<

[10] Declaración del sargento de policía Leonard Cottrell ante el forense. <<

[11] Declaraciones de Eliza Clayton y del sargento de policía Leonard Cottrell ante el forense. <<

[12] Declaración de Eliza Clayton ante el forense. <<

[13] Declaración de Eliza Clayton ante el forense. <<

[14] El martes, *The Manchester Guardian* estaba todavía en el buzón de la puerta principal, pero el periódico del lunes se encontró en la habitación principal de la planta baja (declaración del sargento de policía Leonard Cottrell). Turing charló con un vecino mientras daban un paseo el lunes, de acuerdo con una nota escrita por Sara Turing en la parte superior del informe de la exploración *post mortem* (en los Turing Papers, King's College Library, referencia de catálogo K 6). La señora Clayton mencionó en su declaración ante el forense que los restos de las costillas de cordero estaban en la mesa del comedor. <<

[15] Bird C. A. K. «Post Mortem Examination Report», 8 de junio de 1954 (en los Turing Papers, King's College Library, referencia de catálogo K 6). <<

[16] Declaración del sargento de policía Leonard Cottrell; declaración de C. A. K. Bird ante el forense (en los Turing Papers, King's College Library, referencia de catálogo K 6). <<

[17] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 115. <<

[18] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 115. <<

[19] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 76. <<

[20] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 116. <<

[21] Carta de Turing a sus padres, 15 de marzo de 1925. <<

[22] Furbank en una conversación con el autor, septiembre de 2012; carta de Furbank a Gandy, 13 de junio de 1954 (en los Turing Papers, King's College Library, referencia de catálogo A 5). <<

[23] *The Inquest Handbook*, Londres, INQUEST, 2011, sección 4.3. <<

[24] Ferns citado en *The Daily Telegraph and Morning Post*, 11 de junio de 1954. <<

[25] Sara Turing en sus «Comments by friends on the manner of Alan Turing's death».

<<

[26] Eliza Clayton citada en los «Comments by friends on the manner of Alan Turing's death» de Sara Turing. <<

[27] Carta de Gandy a Sara Turing, citada en Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 118. <<

[28] Carta de N. Webb a Sara Turing, 13 de junio de 1954 (en los Turing Papers, King's College Library, referencia de catálogo A 17). <<

[29] Carta de Furbank a Gandy, 13 de junio de 1954; *Manchester Guardian*, 11 de junio de 1954. <<

[30] Carta de Bernard Richards al autor, 20 de agosto de 2012. <<

[31] Carta de Turing a Gandy, 11 de marzo de 1953 (en los Turing Papers, King's College Library, referencia de catálogo D 4). <<

[32] Carta de Turing a Maria Greenbaum, con matasellos del 10 de mayo de 1953 (en los Turing Papers, King's College Library, referencia de catálogo K 1/83). <<

[33] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 117. <<

[34] Carta de Bayley a Gandy, 14 de junio de 1954 (en los Turing Papers, King's College Library, referencia de catálogo A 5). <<

[35] Declaración del sargento de policía Leonard Cottrell. <<

[36] Carta de Franz Greenbaum a Sara Turing, 5 de enero de 1955 (en los Turing Papers, King's College Library, referencia de catálogo A 16); Sara Turing en sus «Comments by friends on the manner of Alan Turing's death». <<

[37] Don Bayley en una conversación con el autor, diciembre de 1997. <<

[38] Sara Turing en sus «Comments by friends on the manner of Alan Turing's death».

<<

[39] Burgess, J. L. y Chandler, D. «Clandestine Drug Laboratories», en Greenberg, M. I. et al., eds., *Occupational, Industrial, and Environmental Toxicology*, Filadelfia, Pensilvania, Mosby, 2003, segunda edición, p. 759. <<

[40] Sara Turing, *Alan M. Turing*, p. 115. <<

[41] Declaraciones del sargento de policía Leonard Cottrell y C. A. K. Bird ante el forense. <<

[42] *United States Army Medical Research Institute of Chemical Defense Medical Management of Chemical Casualties Handbook*, Aberdeen Proving Ground, Maryland, 1999, tercera edición. <<

[43] Bird, «Post Mortem Examination Report». <<

[44] Andrews, J. M., Sweeney, E. S., Grey, T. C., Wetzel, T. «The Biohazard Potential of Cyanide Poisoning During Postmortem Examination», *Journal of Forensic Sciences*, vol. 34, 1989, pp. 1280-1284. El *us Army Medical Management of Chemical Casualties Handbook* afirma que «aproximadamente el 50% de la población es genéticamente incapaz de detectar el olor a cianuro». Estudios anteriores hallaron que aproximadamente el 20% de los hombres son incapaces de oler cianuro. Kirk, R. L. y Stenhouse, N. S., «Ability to Smell Solutions of Potassium Cyanide», *Nature*, vol. 171, 1953, pp. 698-699; Fukumoto, Y. et al., «Smell Ability to Solution of Potassium Cyanide and Its Inheritance», *Jinrui-idengakuzasshi*, vol. 2, 1957, pp. 7-16. <<

[45] *US Army Medical Management of Chemical Casualties Handbook.* <<

[46] Información de Robert Taylor (un químico que se formó en un laboratorio del Ministerio de Defensa a comienzos de la década de 1960). <<

[47] *US Army Medical Management of Chemical Casualties Handbook.* <<

[48] *US Army Medical Management of Chemical Casualties Handbook*. Para una revisión de la literatura en relación con este proceso, véase Chiu-Wing Lam, King Lit Wong, «Hydrogen Cyanide», apéndice B15 en Gardner, D. E. et al., *Spacecraft Maximum Allowable Concentrations for Selected Airborne Contaminants*, vol. 4, Washington, National Academy Press: 2000, pp. 331-332. <<

[49] Bird, «Post Mortem Examination Report». <<

[50] Bird, «Post Mortem Examination Report», y declaración ante el forense. Bird sí que hizo una prueba química para establecer que realmente había cianuro. <<

[51] Kirk y Stenhouse, «Ability to Smell Solutions of Potassium Cyanide»; Fukumoto et al., «Smell Ability to Solution of Potassium Cyanide and Its Inheritance», p. 8; Andrews et al., «The Biohazard Potential of Cyanide Poisoning During Postmortem Examination», p. 1283. <<

[52] Bird, «Post Mortem Examination Report». <<

[53] Andrews et al., «The Biohazard Potential of Cyanide Poisoning During Postmortem Examination», p. 1280. <<

[54] Taylor, J., Roney, N., Harper, C., Fransen, M. y Swarts, S., *Toxicological Profile for Cyanide*, Atlanta, Georgia, U.S. Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2006, p. 37. <<

[55] Bird, «Post Mortem Examination Report». <<

[56] Sammon, P., Sen, P. «Turing Committed Suicide: Case Closed», 5 de julio de 2012 (www.turingfilm.com), en respuesta a mi «Turing Suicide Verdict in Doubt», 23 de junio de 2012, donde yo argumentaba —como hago en este capítulo— que, sencillamente, no sabemos si Turing se quitó la vida. <<

[57] Carta de Greenbaum a Sara Turing, 5 de enero de 1955. <<

[58] Sammon y Sen, «Turing Committed Suicide: Case Closed». <<

[59] Última voluntad y testamento de Turing, 11 de febrero de 1954 (en los Turing Papers, King's College Library, referencia de catálogo A 5). <<

[60] Kilburn en una entrevista con el autor, en julio de 1997; Tootill, G. C., «Informal Report on the Design of the Ferranti Mark I Computing Machine», noviembre de 1949, p. 1. <<

[61] Carta del brigada G. H. Hinds a F. C. Williams, 11 de diciembre 1952; carta de Williams a Hinds, 18 de diciembre de 1952. El trabajo no procedía del GCHQ sino del ministerio de Servicios y Abastecimientos, donde el brigada Hinds defendía la investigación y el desarrollo (Wilkes, *Memoirs of a Computer Pioneer*, p. 144). <<

[62] Véase mi *Colossus*, pp. 173-174. <<

[63] Carta de Portal, vizconde de Hungerford, a F. C. Williams, 30 de noviembre de 1950; carta de Williams a Portal, 13 de diciembre de 1950. <<

[64] Corner, J. «Problem for the Manchester Electronic Computer», 1950. <<

[65] Carta de Portal a Williams, 10 de enero de 1951. <<

[66] Carta de A. C. Ericsson a F. C. Williams, 19 de abril de 1955. <<

[67] Johnson, D. K. *The Lavender Scare: The Cold War Persecution of Gays and Lesbians in the Federal Government*, Chicago, Illinois, University of Chicago Press, 2004. <<

[68] «British spies carried out assassinations during Cold War, claims former agent Le Carre», *Mail Online*, 29 de agosto de 2010. <<