

INSTITUTO DE ESPAÑA

**LEONARDO TORRES QUÉVEDO:
EL INVENTOR ESPAÑOL
MÁS UNIVERSAL**

POR EL EXCMO. SR. D.

FRANCISCO GONZÁLEZ DE POSADA

ACADÉMICO DE LA REAL ACADEMIA
NACIONAL DE MEDICINA



MADRID, 2009

Excmo. Sr. Presidente del Instituto de España
Excmos. Señores Académicos
Señoras y señores:

CONSIDERACIONES INTRODUCTORIAS: EL BIENIO TORRES QUEVEDO, 1907-08

El año 2007 fue declarado "año de la Ciencia" por la UNESCO. Por nuestra parte, completando el lema formalmente oficial, hemos considerado oportuno introducir en el panorama cultural científico español el siguiente: "Año de la Ciencia *2007-2008* Bienio Torres Quevedo". Dos acontecimientos de importancia técnica mundial tuvieron lugar en el año 1907 relacionados con la enorme capacidad inventiva de Leonardo Torres Quevedo (Santa Cruz de Iguña, Molledo, Cantabria, 1852; Madrid, 1936):

- a) La botadura del dirigible "Torres Quevedo n.º 1" en el Parque Aerostático Militar de Guadalajara; y
- b) La inauguración del Transbordador del Monte Ulía en San Sebastián.

Estos dos hechos relevantes se sitúan en el proceso de la "Conquista del Aire", feliz logro de la humanidad, que caracterizó las primeras décadas del siglo XX.

En el verano de 2008 voló con notable éxito el dirigible "Torres Quevedo n.º 2", que se bautizaría oficialmente con el nombre de "Torres Quevedo". El sistema patentado del ingeniero español fue adquirido por la casa Astra de París y desde ésta alcanzó una impresionante difusión internacional.

Late, cronológicamente, 1907-2007-08, la idea de *conmemoración* centenarial, que entendemos al modo de Ortega: "Conmemorar es recordar con vistas al futuro".

El Instituto de España desea unirse a la conmemoración torresquevediana, lo que constituye para este modesto *apóstol* de lo científico y técnico español de valor universal, a la cabeza la obra de don Leonardo, un alto honor, por lo que manifiesto mi gratitud.

Pero otros inventos fueron tan relevantes o más que los correspondientes a estos capítulos de la Conquista del Aire y, sobre todo, de suma actualidad. Pueden recordarse con estos títulos: 1) máquinas de calcular analógicas; 2) la obra escrita, capital en la historia universal de la ciencia y de la técnica, de índole teórica *Ensayos sobre Automática*; 3) la asociada a ésta de demostración práctica, *El aritmómetro electromecánico*, cuya concepción y realización debe considerarse como el primer ordenador del mundo en el sentido actual; y 4) el *telekino*, primer dispositivo de mando a distancia.¹

Esta conferencia está condicionada por la necesidad de ofrecer síntesis extremas de numerosos trabajos precedentes. El lector interesado tiene desarrollos suficientes en las fuentes documentales que se ofrecen en las referencias finales.

UNAS BREVES NOTAS BIOGRÁFICAS

Leonardo Torres Quevedo nació en la aldea de Santa Cruz de Iguña, municipio de Molledo, en la actual región de Cantabria, el 28 de diciembre de 1852. Fueron sus padres Luis Torres Vildósola y Urquijo, ingeniero de caminos de origen vasco y andaluz, y Valentina Quevedo de la Maza, de neta ascendencia montañesa. Comenzó sus estudios de formación secundaria en Bilbao y los completó en París. En 1870 se instala con su familia en Madrid y al año siguiente ingresa en la Escuela Oficial del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, cuyos estudios termina en 1876. Ejerce durante unos meses la profesión en trabajos ferroviarios, pero renuncia a ella, según testimonio personal, "para dedicarse a pensar en sus cosas", y realiza un viaje por Europa, para volver

¹ Perspectivas generales de sus obras e inventos, con numerosos documentos originales del propio Torres Quevedo, pueden verse en González de Posada (1992) y en la *trilogía* de libros de INTEMAC (1996), (2002) y (2006).

muy pronto al valle de Iguña donde contrae matrimonio con Luz Polanco Navarro. En 1889 se traslada definitivamente a Madrid y su biografía se identifica, a partir de entonces, con su obra inventora. Muere en Madrid el 18 de diciembre de 1936.

Torres Quevedo poseía una extraordinaria capacidad inventiva, como demuestra el elevado número de patentes que registró, en temas tan dispares como los funiculares, la señalización, el telekino, los globos dirigibles, las máquinas taquigráficas, el buque campamento, la binave, los enclavamientos ferroviarios, las máquinas de escribir, la paginación de libros, el puntero proyectable o el proyector didáctico. Aquí, empero, nos ceñiremos a cuatro logros fundamentales, de resonancia en la historia contemporánea de la ciencia y de la técnica. Las máquinas algébricas, la automática, los transbordadores y los dirigibles.

1. LAS MÁQUINAS ALGÉBRICAS

Las máquinas de calcular se dividen en analógicas, si utilizan variables continuas, y digitales, si emplean variables discretas. Las computadoras analógicas son máquinas de cálculo en las que los números se representan mediante cantidades de una o varias magnitudes físicas determinadas, magnitudes físicas que pueden ser de muy diversa naturaleza: longitudes, desplazamientos, rotaciones de ejes, potenciales eléctricos, intensidades de corriente, etc. En las computadoras de este tipo, unas ecuaciones matemáticas (algébricas) se representan mediante un proceso operacional, de cantidades físicas, que resuelven un problema físico análogo, o analógico, cuya solución numérica —medida de la cantidad de otra magnitud, o de la única puesta en juego— es la solución de la ecuación matemática. En resumen, un problema matemático se resuelve mediante un modelo físico, de tal manera que el resultado físico es una cantidad de una magnitud física cuya medida en la unidad coherente es el resultado matemático de la ecuación algebraica.

El sistema físico analógico queda constituido en modelo físico de la ecuación matemática. Estas calculadoras analógicas son, pues, de las denominadas de variables continuas. Sus principios se han ido adaptando a nuevas técnicas, cada vez más precisas, acordes con el desarrollo de la física; así, han avanzado desde un tipo geométrico o prefísico hasta el actual tipo electrónico, pasando por las etapas intermedias de tipo mecánico y electromecánico.

Los estudios y aportaciones de Torres Quevedo en este campo de las máquinas analógicas se sitúan en la segunda fase, en las de tipo mecánico. Tanto sus concepciones teóricas como sus creaciones tecnológicas se basan en la cinemática de mecanismos, de modo que establece relaciones entre los valores simultáneos de los desplazamientos o giros realizados por varios móviles: la máquina impone a las variables las relaciones expresadas por las fórmulas matemáticas. Él las denominó máquinas algébricas, nombre con el que han pasado a la historia.

En 1893, cumplidos los cuarenta años, presenta ante la Academia de Ciencias de Madrid su Memoria sobre las máquinas algébricas, que fue calificada por Eduardo Saavedra, ingeniero de caminos y académico, como "suceso extraordinario en el curso de la producción científica española". En síntesis, esta primera máquina para resolver ecuaciones pretende, según Saavedra, "resolver las ecuaciones numéricas de todos los grados [...] con magnitudes continuas. Tiene por objeto producir de una manera continua y automática los valores sucesivos, por los que va pasando un polinomio racional y entero, a medida que la variable crece o disminuye y en este concepto podría denominarse generador de polinomios. Tres órganos esenciales componen la nueva máquina, a saber: el generador de cantidades, el generador de monomios y el generador de sumas".

¿Cuáles habían sido los antecedentes? Antes de Torres Quevedo se habían realizado numerosos intentos. El antecedente más remoto podríamos situarlo en la calculadora aritmética de Blaise Pascal, que sería perfeccionada por F. K. Roth. En 1810, Jacques Étienne Bérard propone su balanza algébrica, que era una máquina basada en la ley de la gravedad, y en 1839 Leon L. Lalanne, otro modelo fundado en el principio de la romana. James C. Maxwell, en 1855, y J. Thomson, en 1860, diseñan un integrador —un analizador diferencial— de disco mecánico, realizado con cierta perfección casi un siglo después, en 1845, por V. Bush y S. H. Caldwell. Eduardo Stamm aborda, en 1863, el problema en toda su generalidad, y su aparato, perfeccionado en 1892 por Federico Carducci, presentaba todavía graves inconvenientes mecánicos. En 1886, sir Charles V. Boys inventa una máquina con grupos de palancas que determinan las raíces de una ecuación. Torres Quevedo, que había estado "recluido", aislado en soledad científica y cultural en el valle de Iguña, es más que probable que, una vez en Madrid y después del estéril viaje a Suiza para presentar el proyecto de su transbordador, y dedicado por completo a las máquinas algébricas,

contrastara su visión con los conocimientos que pudiera haber adquirido en París por estas fechas.

Los tres generadores de la máquina de Torres Quevedo son sistemas mecánicos que establecen las relaciones convenientes entre sus movimientos para representar las correspondientes operaciones algebraicas.

El generador de cantidades, original del cántabro y bautizado por Saavedra con el nombre de aritmóforo, sirve para representar los números mediante una escala logarítmica en una rueda graduada de 1 a 10 (para obtener todas las mantisas posibles de los logaritmos) y otra rueda contadora de vueltas (para representar las características crecientes o decrecientes de los logaritmos).

El generador de monomios, llamado tren epicicloidial, convierte en suma, mediante el empleo de logaritmos, la operación necesaria para construir un monomio: $\log Ax^n = \log A + n \log x$. No puede considerarse original; hasta cierto punto, había sido ya utilizado por Stamm.

El generador de sumas o generador de polinomio —el llamado husillo sin fin, que es el órgano fundamental de la máquina— constituía, en opinión de Saavedra, "lo más curioso y original del invento" y "un mecanismo acerca del cual no hay el menor antecedente". Este sistema mecánico inventado por Torres Quevedo permitía calcular el logaritmo de una suma resolviendo el complejo y difícil problema de su representación mecánica. Considerando la suma de dos términos del polinomio, u y v , que son los monomios $u = A_m x^m$ y $v = A_p x^p$, pretende obtener el $\log(u + v)$, de tal manera que sea factible su mecanización. Mediante un cambio de variables apropiado resuelve el problema, habida cuenta de que la suma de dos logaritmos la ha resuelto previamente.

Por otra parte, las condiciones que considera Torres Quevedo que deben reunir las máquinas algebraicas para superar satisfactoriamente las dificultades prácticas son tres: la primera, emplear aritmóforos logarítmicos (para mayor precisión de los valores entre extremos grandes y para la uniformidad o constancia de los errores relativos); en segundo lugar, prescindir de transmisiones por contacto, acudiendo siempre a enlaces geométricos (para evitar errores de resbalamiento), y, por último, admitir exclusivamente mecanismos sin fin (para no limitar la amplitud de las variables). Con estas tres condiciones se propone reducir los errores sin limitar los valores de las variables.

Su insistencia en ese campo se refleja en la publicación de distintos estudios sobre el particular, de los que destacaríamos la comunicación

"Sur les machines algébriques" en la Academia de Ciencias de París, en 1895, y, en 1900, la memoria *Sur les machines á calculer*.

La comisión que juzgó esta última memoria estaba constituida por J. Henri Poincaré, Paul Appell y Marcel Deprez, cuyo dictamen reza: "En resumen, el señor Torres ha dado una solución teórica general y completa al problema de la construcción de las relaciones algebraicas y trascendentes por medio de máquinas; además, ha construido, efectivamente, máquinas de manejo cómodo para la resolución de ciertos tipos de ecuaciones algebraicas que se presentan frecuentemente en las aplicaciones. La Comisión pide a la Academia que ordene la inserción de la Memoria del señor Torres en la colección de sabios extranjeros". La máquina de calcular las raíces de una ecuación de ocho términos se terminó de construir a mediados de la década 1910-1920.

En este apartado de computadoras analógicas llegó aún mucho más lejos; inventó medios curiosísimos para construir máquinas que hallaran raíces imaginarias y no sólo las raíces reales; construyó, asimismo, una máquina para resolver la ecuación de segundo grado con coeficientes complejos, e ideó un integrador original para resolver mecánicamente la ecuación $y' = dy/dx$.

2. AUTOMÁTICA

En 1914, Torres Quevedo publica en la *Revista de la Real Academia de Ciencias*, de Madrid, una memoria con el título *Ensayos sobre Automática. Su definición. Extensión teórica de sus aplicaciones*. En esta obra pionera, donde se introduce hasta el nombre de la nueva ciencia, nos muestra dos tipos de autómatas "según que las circunstancias que regulan su acción actúen de un modo continuo o que, por el contrario, lo hagan bruscamente o por intermitencias". Es decir, si la variación tiene lugar de forma continua, se trata de sistemas analógicos (sus máquinas algebraicas, el integrador), y si la variación es por intermitencias se trata de sistemas digitales, numéricos o discretos; en este segundo caso introduce la idea de los circuitos de conmutación mediante relés, única posibilidad en aquella época.

En esa memoria enuncia los fundamentos teóricos de la automática, expone un proyecto de sistemas para realizar operaciones aritméticas por procesos digitales, desarrolla un procedimiento original para comparar dos cantidades (operando con unos dispositivos que registran

los valores numéricos, k' y k'' , en unas regillas mediante sistemas electromecánicos con conmutadores rotatorios, de tal manera que una escobilla, extremo final del comparador, hace con tacto con uno de los plots de otra regla: 1, si k' es mayor que k'' ; 2, si ambos valores numéricos son iguales, o 3, si k' es menor que k''), diseña un autómata sencillo (que calcula la fórmula $a = ax(y-z)^2$, de tal modo que para cada conjunto de valores de a, x, y, z el autómata ejecuta todos los cálculos, imprime los resultados y comunica que la operación ha concluido, para lo cual el autómata consta de dos aritmómetros —para la resta y el producto—, un comparador, para efectuar adecuadamente la resta $y-z$, y un tambor con un conjunto de punteros o plots que pueden contactar con unas escobillas) y se refiere a Charles Babbage y a su célebre máquina analítica, destacando que la causa de su fracaso había sido el uso exclusivo de procedimientos mecánicos.

Torres Quevedo, cuya aportación en el tema de las máquinas analógicas lo sitúa en la fase mecánica, se decide en automática por el uso de sistemas electromecánicos, haciendo ver que en éstos radica el futuro. El antecedente de esta memoria lo encontramos ya en un artículo, publicado en Buenos Aires tres años antes en la revista *La Ingeniería*, titulado "Sobre un nuevo sistema de máquinas de calcular electromecánicas".

Los autómatas, según nuestro autor, tendrán sentidos (aparatos sensibles a las circunstancias externas), poseerán miembros (aparatos capaces de ejecutar operaciones), dispondrán de energía necesaria y, además, y sobre todo, tendrán capacidad de discernimiento (objeto principal de la automática), de elección entre diferentes opciones.

Tres son los aparatos o máquinas principales que fueron simultáneamente alumbradores y consecuencia de sus concepciones sobre automática: el telekino o telekino, el ajedrecista y el aritmómetro electromecánico.

El telekino es un autómata que ejecuta las órdenes que se le envían (por telegrafía sin hilos). Constituye el primer aparato de radiodirección (o teledirección) del mundo. Con él se introduce el mando a distancia mediante ondas hertzianas. Cada señal emitida hace avanzar un paso a una rueda; según el número de señales recibidas —establecido por un código— mediante un conmutador se actúa en un circuito determinado y se efectúa la maniobra correspondiente. Posee un mecanismo de contacto retardado del conmutador para que reciba la orden completa, un automatismo de vuelta a la posición inicial del con-

mutador y un dispositivo de seguridad que paraliza el motor si se produce una avería o no se reciben señales durante un determinado período de tiempo.

Su idea inicial estuvo orientada hacia las pruebas de dirigibles con objeto de no poner en peligro vidas humanas. Sin embargo, por su naturaleza, el telekino permitirá a Torres Quevedo dar el salto de las máquinas algebraicas (analógicas) a las máquinas electromecánicas (digitales). En 1903 presentó una memoria *Sur le télékino* en la Academia de Ciencias de París e hizo una demostración experimental con un primer prototipo y patentó su invento. Pruebas públicas se repitieron con un triciclo en el frontón Beti-Jai de Madrid, en 1904; en una barca de la ría bilbaína del Nervión, en 1905; en un bote en el estanque de la Casa de Campo de Madrid, en 1906; y, ese mismo año, ante Alfonso XIII y una gran multitud en Bilbao.

El *ajedrecista* es una máquina de tipo electromecánico, la primera en su género, aunque fuera sólo para un pequeño problema —jaque de torre y rey contra rey— con resultado determinista. El ajedrecista constituye una de las primeras manifestaciones de inteligencia artificial mediante la introducción en la máquina de un programa. La máquina juega al ajedrez —piensa y mueve las piezas— y gana siempre. El adversario mueve el rey negro, con libertad en el marco de las reglas del ajedrez, y la máquina le da sucesivos jaques por sus movimientos inteligentes hasta concluir con el jaque mate que, además, es anunciado por un gramófono.

Torres Quevedo construyó dos ajedrecistas, uno en 1912 y otro en 1920. El segundo perfecciona al primero en intrascendentes aspectos constructivos mecánicos y electrónicos, y se presentó en el Congreso de Cybernétique celebrado en el Conservatoire des Arts et des Métiers de París en 1922. En ambos, la estructura mecánica para lograr el movimiento de las piezas blancas consiste en un conjunto de ejes, tambores, trenes epicicloidales y lanzaderas que permiten las traslaciones longitudinales y transversales de las piezas por el tablero. La estructura electromecánica se basa en un conjunto de electroimanes y dispone de automatismos electromecánicos que se corresponden con las diferentes posibilidades de las reglas del juego.

La concepción de una calculadora digital mediante sistemas electromecánicos convirtió a Torres Quevedo en pionero de la automática actual en buena parte de sus principales componentes y tareas, verbigracia, dispositivos para registrar valores numéricos, realizar diferentes

operaciones, ejecutar todos los cálculos, imprimir los resultados e informar que la operación ha concluido. Con el *aritmómetro electromecánico*² da un paso más y crea una computadora digital (electro mecánica). Construyó un modelo de demostración que presentó en 1920 en París, con motivo del centenario del primer aritmómetro práctico de Thomas de Colmar: "mi aparato está fundado en los mismos principios que el de Thomas de Colmar, pero difiere completamente en su funcionamiento. En el mío todos los movimientos son automáticos [...] no tiene ninguna relación con las máquinas algebraicas". (Las operaciones se hacen con magnitudes discretas.)

En opinión de Torres Quevedo, "estas máquinas pertenecen a un capítulo nuevo de la ciencia de las máquinas que se podría llamar automática". "El autómeta actúa como una persona circunspecta y reflexiva: examina las circunstancias en que se encuentra para decidir lo que debe hacer y lo hace." Conviene recordar, para ponderar la importancia del trabajo de Torres Quevedo, que, hasta Babbage, las operaciones aritméticas se realizan paso a paso. En el proyecto de Babbage se introducen previamente las instrucciones y los datos; la máquina habría de realizar todas las operaciones y registrar todos los resultados. Su fracaso se debió al uso de elementos mecánicos. La originalidad y el éxito del español se debieron a la introducción de elementos electromecánicos. En este período que estamos comentando —que corresponde al decenio de 1910 a 1920—, va destacando las ventajas inherentes al sistema electromecánico que preconiza sobre los procedimientos mecánicos, incluidos los suyos de la etapa anterior. Su principal mérito en el aritmómetro consistió en proyectar la máquina, de modo que ella sola, sin necesidad de control humano alguno, comparaba y decidía.

3. LOS DIRIGIBLES AUTORRÍGIDOS

A modo de frontispicio me atrevo a reiterar que: "La historia universal de la aerostación no puede escribirse sin referencias destacadas y primiciales a la obra en dirigibles de Torres Quevedo".

En 1900, Torres Quevedo ha alcanzado un lugar preminente en la ciencia española debido al notable reconocimiento de su capacidad

² Presentación de González de Posada en INTEMAC (1996).

inventora en la vecina y científicamente desarrollada Francia; de hecho, ha concluido el edificio teórico y las demostraciones prácticas necesarias de sus máquinas analógicas. Elige otro tema: los dirigibles, cuestión que, en aquellos momentos, es de suma actualidad. ¡Qué bien recuerda y describe Arrillaga³ la coyuntura del problema y la actitud del inventor!:

"No habíamos acabado de maravillarnos de ver mecánicamente determinadas las raíces reales e imaginarias de cualesquiera funciones algebraicas, cuando se vieron solicitadas a la vez las Academias de Ciencias de París y de Madrid a entender en algo sobre Aeronáutica, que en los comienzos del siglo XX perseguían afanosamente los estudiosos y los técnicos del mundo entero y que con su genial capacidad también hubo de comprender Torres Quevedo penetrando, con paso firme, si así vale decir, en el dominio de los aires".

Puede afirmarse que a la *Aerostación* dedica D. Leonardo sus principales esfuerzos, con relativa continuidad, en las dos primeras décadas del siglo. Es cierto que no con exclusividad, pero sin lugar a dudas sí con perseverancia. En la primera década también presta atenciones especiales al *telekino* —complemento previsto inicialmente para sus dirigibles, con la finalidad de gobernarlos, al menos en pruebas, desde tierra, mediante *mando a distancia* evitando la tripulación y así las posibles pérdidas de vidas humanas⁴— y al transbordador; y, en la segunda, sobre todo, a la Automática, con los *ajedrecistas* y el *aritmómetro*, y al *transbordador del Niágara*; pero estos veinte años de dedicación a la Aerostación, en el contexto de la eficacia inventora en y desde la fama, se inician con la concepción de lo que sería el "Torres Quevedo", se alimentan con los "Astra-Torres" y las diferentes series de Airships Ltd. ('Coastal', 'Coastal Star' y 'North Sea'), y se concluyen con el "Hispania".

³ Arrillaga, F. de P. (1916), "Discurso", en *Discursos leídos en la Solemne sesión celebrada bajo la Presidencia de S. M. el Rey el día 12 de marzo de 1916*, págs. 35-54. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid. (pág. 8).

⁴ No debe olvidarse que la pasión por el peligro, por la emoción y por alcanzar fama había multiplicado las ascensiones trágicamente concluidas. La 'conquista del aire' ha sido entre las de la ciencia y la técnica la que probablemente ha costado mayor número de víctimas humanas. Esta cuestión estaba presente y operante al comienzo de siglo. Torres Quevedo pretende tenerla en cuenta.

Los problemas de la Aerostación en 1900

La *Aeronáutica* tenía en el gozne del cambio de siglo dos campos de estudio e investigación: la *Aerostación*, que cobija los aparatos más ligeros que el aire; y la *Aviación*, que comprende los aparatos más pesados que el aire; una aerostación relativamente avanzada, floreciente y en auge, y una aviación, entonces en sus albores con un desarrollo insignificante (el primer 'vuelo' de los hermanos Wright no tendría lugar hasta 1904).

En 1900, entre los aparatos más ligeros que el aire —los *aeróstatos*, constituidos por una cubierta impermeable cuyo interior, dividido o no en compartimentos, se llena de hidrógeno u otro gas más ligero que el aire, que sostiene la barquilla, motores y aparatos complementarios— se habían desarrollado los *globos* y estaban en estudio los *globos dirigibles*; es decir, que aún lo sustantivo era el *globo* (ascensión, flotación) y que se comienza a adjetivar con *dirigible* para acabar más tarde sustantivamente como *dirigible*, es decir "que puede ser dirigido". El tránsito del *globo* a secas al *globo dirigible* tiene lugar cuando se inician los trabajos para dotar de *dirección* a los aeróstatos. Hasta muy avanzado el siglo XIX la atención de científicos e ingenieros se había centrado en la calidad de los globos: sistema de ascenso, mantenimiento, maniobrabilidad, gases utilizados y tiempo de permanencia en vuelo. Tres problemas fundamentales se presentan en este tránsito del globo al dirigible: 1) la *propulsión*, 2) la *dirección*, y 3) la *estabilidad*, en dos vertientes: geométrica (o de forma) y aeronáutica (o de vuelo).

De las primeras patentes (1902) a la botadura del "Torres Quevedo" en Guadalajara (1907)

El inicio 'formal' explícito público de la dedicación de Torres Quevedo a los *dirigibles* —"aeróstatos"— se produce en 1902: el *Brevet français*, que es la patente primera, y, en este sentido, principal⁵. Solicitaba privilegio de invención en Francia por "Perfectionnements aux aérostats dirigeables" centrándose su preocupación en el problema de la *estabilidad* cuando el resto aún seguía preocupado prioritariamente por

⁵ Solicitada el 5 de mayo de 1902 y concedida, con el n.º 320.901, el 23 de diciembre de 1902.

el de la *propulsión*. Posteriormente solicita un *Certificat d'Addition*⁶ y presenta unas primeras Memorias —“Nota sobre el cálculo de un globo dirigible de quilla y armaduras interiores”— con principios teóricos generales de la Aeronáutica y concepciones prácticas, a las Academias de Ciencias de Madrid (informada por Echeagaray⁷) y de París (informada por Appell⁸), en las que indica las causas de inestabilidad consecuentes con las posiciones y cantidades de las fuerzas presentes: peso, empuje ascensional, propulsión y resistencia del aire, que pueden originar momentos (pares de fuerzas) con tendencia a inclinar el globo y/o la barquilla, efectos que son tanto mayores cuanto mayor sea la velocidad.

Las ideas originales se refieren todas ellas al dominio de la Mecánica clásica y la considerada como principal —la introducción de una viga funicular con armaduras y tirantes en el interior del globo— un problema especial de concepción de una viga compleja como estructura mixta, rígida-flexible, de acero y cuerdas que se atirantan con el inflado del globo y se destensan con el desinflado, facilitando la recogida y guarda del dirigible. Su aportación ingenieril —gran novedad— consistió en introducir el armazón —la *viga*— en el interior del globo (así la barquilla puede ser pequeña y estar próxima al globo). Para mantener el equilibrio logra la estabilidad de forma y, sobre todo, en vuelo, mediante unos pares de tirantes en forma de triángulo isósceles con vértices en los extremos inferior y superior de la viga. La estructura interior está constituida por un conjunto de barras que hacen que unos triángulos sean rígidos y que otros sean flexibles que adquieren rigidez con la presión interior del gas, permaneciendo unidos por medio de tirantes. En la parte inferior del globo, unida a la viga interior, se proyecta un dispositivo rígido —la quilla— para sostenimiento de la barquilla.

Por Real Orden del Ministerio de Fomento de 4 de enero de 1904 se crea el Centro de Ensayos de Aeronáutica, dependiente de la Direc-

⁶ El 10 de julio de ese año solicitó un “Certificado de Adición” a la patente principal que se le concedió el 30 de marzo de 1903.

⁷ Echeagaray, J. (1902), *Navegación aérea*. [Informe de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales acerca de la Memoria sobre la estabilidad de los globos presentada por Don Leonardo Torres]. Establecimiento tipográfico de los Hijos de J. A. García, Madrid.

⁸ Appell, P. (1902), “Mémoire ‘Sur un avant projet de ballon dirigeable à quille intérieure’” [Presentado por Leonardo Torres Quevedo en la sesión del 26 de mayo de 1902], en *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, CXXXV, 141-146.

ción General de Obras Públicas, para que lo dirija Torres Quevedo. En este año 1904 presenta un nuevo proyecto sobre “Globos atrantados” en el que vislumbra la posibilidad de eliminar todos los elementos rígidos de la estructura interior (viga) y la quilla, de acuerdo con el cual se comienza la construcción en 1905, con la colaboración del Auxiliar técnico del Centro Alfredo Kindelán, del primer dirigible de 640 m³.

Este prototipo se ensaya en 1907 en el Parque Aerostático Militar de Guadalajara —hoy, popularmente, “Campo de los globos”—, detectándose la necesidad de cambiar las telas primitivas que habían resultado permeables al gas. Unas nuevas envolturas con las que, además, se aumentó el volumen a 950 m³, permitieron, en 1908, demostrar la eficacia del sistema torresquevediano. A pesar del éxito tuvo que abandonar, con enorme disgusto por su parte, las instalaciones militares de Guadalajara.

En París: los dirigibles “Astra-Torres”

Tomó, una vez más, el camino de París, trayecto y estación que conocía tan bien. Alquiló un cobertizo a la Casa Astra en el Parque de Sautrouville, en los alrededores de la capital. En octubre de 1909 se infló de hidrógeno su dirigible, cuya experimentación inicial había tenido lugar en Guadalajara, con ligeras modificaciones. A pesar de unos señalados contratiempos —entre ellos, la aeronave quedó prendida en unos hilos telegráficos sobre una vía férrea de tráfico intenso— que restaron brillantez a la prueba, quedaron manifestadas las ventajas del sistema torresquevediano. La prestigiosa casa Astra —considerada como una de las tres empresas de construcción aeronáutica más importantes del mundo— solicitó al ingeniero español que le cediese la exclusiva para la explotación de las patentes del globo⁹. Previa autorización de 31 de diciembre de 1909 del Ministerio de Fomento (Dirección General de Obras Públicas), del que dependía administrativamente el Centro de Ensayos de Aeronáutica, se firmó el contrato con la sociedad Astra “con la condición de dejar libre la explotación en

⁹ Influencia capital en esta decisión de la casa Astra tuvo el relato y análisis de estas pruebas del Coronel Espitallier en *La Technique Aeronautique*. Existe traducción en *Revista de Obras Públicas* n.º 1808, 233-237.

España de dicho sistema", cláusula *patriótica* que, desgraciadamente, no se utilizó.

En 1911, en Issy-les-Moulineaux —afueras de París, al sudoeste— se ensayó el primer dirigible de la casa Astra sistema "Torres Quevedo", el "Astra-Torres n° 1", de 1600 m³ de capacidad. En 1913 se entregó al Almirantazgo inglés el "Astra-Torres XIV", de 8000 m³ de capacidad, que superó la velocidad de 80 Km/h en los ensayos de recepción. En 1914 se construyó para el Ejército francés el "Astra-Torres XV", de 23.000 m³, dimensiones análogas a los Zeppelin alemanes y con velocidades próximas a los 100 Km/h. En la Primera Guerra Mundial fueron utilizados, con éxito, por Francia, Bélgica y Estados Unidos, sobre todo en las tareas de vigilancia de costas y de seguimiento de los submarinos alemanes en el océano Atlántico y el mar Mediterráneo. Inglaterra, de manera análoga, utilizó sus "Airships" en el Mar del Norte y el Canal de la Mancha.

Aportaría otros tres inventos complementarios de los dirigibles: 1) un "poste de amarre" (1911) con plataforma superior pivotante diseñado especialmente para amarrar al aire libre los dirigibles de su sistema; 2) un "cobertizo giratorio" (1912) que: a) como en el caso de las aeronaves torresquevedianas construidas, estaría formado por elementos flexibles y adquiriría su forma —y su rigidez— al inyectarle aire a presión; y b) es giratorio con la mera acción del viento, facilitando la entrada de las aeronaves; y 3) un nuevo tipo de buque denominado 'buque campamento' (1913).

El dirigible "Hispania"

Sus últimas aportaciones ingenieriles en este campo de la navegación aérea se centraron en el proyecto del dirigible "Hispania" (1919), transatlántico concebido para el servicio regular de viajeros entre España y América. La idea había sido propuesta por el ilustre ingeniero militar Emilio Herrera. El principio en el que se basaba la novedad de este nuevo proyecto consistía en repartir la carga (ahora se trataba de muchas personas y de un gran volumen de combustible) según la distribución del empuje ascensional.

Dos consideraciones finales sobre este tema: 1) Torres Quevedo desea estar presente, y a la cabeza, en la competición iniciada por la primacía del dirigible transatlántico. 2) Con su patriotismo, demost

do reiteradamente, decide llamarlo "Hispania", como símbolo de "mi deseo de que aquí nazca y prospere... una invención en ciernes".

4. EL TRANSBORDADOR

Los primeros transbordadores torresquevedianos

La concepción de sus transbordadores probablemente había tenido lugar en sus viajes por los Alpes, sobre todo por Suiza, pero las primeras realizaciones técnicas, sin ninguna duda, se desarrollaron en Portolín (Molledo, Cantabria), en el corazón del Valle de Iguña. El que denominamos *transbordador de Portolín* lo construyó en el entorno de su casa, desde el prado de los Venenales, en la parte alta de levante, hasta la pradera frontal, situada unos cuarenta metros más baja, con una luz de unos doscientos metros y sobrevolando el entonces camino vecinal a Silió. El motor era de tracción animal (una pareja de vacas) y la barquilla una silla. Así, **el transbordador fue el primer invento de Torres Quevedo**, al menos desde una perspectiva social y pública. El 'invento-espectáculo', entre demencial y circense, realizado por un hombre extraño que 'no trabajaba' en nada, ante los atónitos ojos de los montañeses circundantes, fue utilizado —según sus primeros biógrafos— por algunos de sus familiares. En todo caso se trataba de un asunto privado. Posteriormente construyó otro, también en el Valle de Iguña, que denominamos *transbordador del río León*, de mayor envergadura, con una gran luz, motor mecánico y que, parece ser, fue utilizado exclusivamente para transporte de bultos.

La originalidad del sistema Torres Quevedo

Las innovaciones de Torres Quevedo pueden sintetizarse, a nuestro juicio, desde diferentes puntos de vista.

Primero. Desde el punto de vista de la finalidad. Concepción —y realización— para transporte de personas; es decir, como servicio público, por primera vez en el mundo. Hasta Torres Quevedo sólo existían como medio de transporte para materiales.

Segundo. Desde el punto de vista ingenieril. Uso de un sistema múltiple de cables-soporte liberando los anclajes de un extremo que

sustituye por contrapesos; de este modo logra que la tensión en los cables-soporte, cables-cariles, se mantenga constante, independientemente de la carga, de la posición de ésta a lo largo del recorrido y de que se rompa uno (o más) de los cables. En esta hipótesis de rotura de un cable aumentaría la flecha de la trayectoria pero los restantes cables continuarían sometidos a la misma tensión. Así se logra un aprovechamiento óptimo de la capacidad resistente de los materiales, se reduce el coste y se obtienen mejores coeficientes de seguridad.

Tercero. Desde el punto de vista psico-social y técnico. Logro de unas condiciones de seguridad verdaderamente ejemplares que se pondrían de manifiesto a partir de veinte años más tarde, en sus éxitos finales con los *transbordadores del Monte Ulía* en San Sebastián, 1907, y del *Niágara* en Canadá, 1916, que sigue en funcionamiento desde entonces sin que se haya producido un solo accidente grave.

Los ensayos primiciales ignífues tuvieron lugar entre los años 1885 y 1887. Satisfecho del éxito de su invención solicitó, en su condición de residente en Portolín, patente de invención en España el 17 de septiembre de 1887, con la memoria de título *Un sistema de camino funicular aéreo de alambres múltiples*. Solicitó también, al menos, títulos (certificados) extranjeros correspondientes a la patente española en Estados Unidos, Austria, Alemania, Francia, Reino Unido e Italia.

El fracaso inicial suizo

Suiza, por sus peculiaridades geográficas y por el turismo de montaña en auge por aquellas fechas, se convirtió en punto de referencia principal para Torres Quevedo. La *Exposé d'Invention* de la Confédération Suisse, que se presentó en Berna el 15 de febrero de 1889, se publicó el 17 de abril y se expidió con carácter definitivo el 8 de mayo.

En la memoria —*Nouveau système de chemin funiculaire aérien, à fils multiples*— de la patente, expone unas “consideraciones teóricas”, realiza la “descripción” del sistema —sobre un ejemplo práctico, representado en unos gráficos, de 2.032 metros de luz y 283 metros de desnivel—, y explica el “funcionamiento de la línea”. Es interesante destacar la importante distancia entre extremos, superior a 2 Km, y el desnivel de unos 300 metros que considera en el ejemplo (los de Ulía y Niágara son de pequeña luz y prácticamente horizontales; es decir, *transbordadores*). Por otra parte, reivindica Torres Quevedo como objeto distin-

tivo de su invención un funicular aéreo caracterizado porque la carga a transportar está sostenida por varios cables, cuya tensión, independientemente del peso transportado, puede regularse a voluntad, y de forma que los cables se disponen de tal modo que la rotura de uno de ellos no aumenta sensiblemente la tensión de los otros ni, en consecuencia, su posibilidad de rotura. De manera especial, en cuanto al objetivo de su invención, destaca que el nuevo sistema presenta bastante seguridad para permitir el transporte de viajeros, aplicación que rendiría servicios de interés en los países montañosos, frecuentados por turistas.

En 1890, Torres Quevedo realiza un viaje a Suiza, medio turístico, medio científico. Uno de sus objetivos, presentar su proyecto de transbordador, con un diseño perfeccionado y con nuevos avances tecnológicos, no tuvo el éxito que esperaba: los científicos e ingenieros suizos rechazaron de plano el proyecto.

Fe, constancia y éxito: el transbordador del Monte Ulía (1907)

La duración máxima de la protección legal de la patente se extendía hasta el 15 de febrero de 1904. El *fracaso suizo* de 1890 impulsó, aparentemente al menos, a Torres Quevedo a olvidarse de este tema. La década 1890-1900 fue, también aparentemente al menos, de dedicación casi exclusiva a las *máquinas alébricas*: su producción escrita se refiere, prácticamente con exclusividad, a las máquinas de calcular analógicas. Alcanzada la fama de inventor reinicia el tema del *transbordador* y le dedica una especial atención, quizá para sacarse la espina del fracaso, psicológico y profesional, no superado, retomando el tema antes de 1904, año en que concluye, el plazo de la protección legal de la patente suiza. En el “Archivo familiar Torres-Quevedo” existen unos planos bien significativos de los que puede deducirse que inicia ‘por su cuenta’ nuevos estudios de transbordadores en 1903: primero, el *transbordador del Monte Ulía*, con varias soluciones —entre ellas, una desde la base de Urgull hasta la cima de Ulía—; y, segundo, un *transbordador del Ebro* en Zaragoza.

En 1907 se construyó e inauguró el *transbordador del Monte Ulía* en San Sebastián. En esa fecha, todavía los funiculares aéreos se utilizaban exclusivamente para transporte de materiales; el problema de la seguridad paralizaba los intentos. A pesar de los diecisiete años transcurri-

dos desde la visita a Suiza, éste del Monte Ulía está considerado como el primero en el mundo para transporte público de personas. Le sucedieron otros: Wetterhorn, Chamonix, Tirol, Río de Janeiro, ... y, entre ellos y sobre todo, el *Spanish aerocar*, el transbordador torresquediano canadiense.

El *Spanish Aerocar*: el Transbordador del Niágara

El éxito del transbordador donostiarra animó *patrióticamente* a implicarse en la *industria turística* mundial y en 1911 se inician las negociaciones para construir un funicular sistema Torres Quevedo en el lugar denominado Whirlpool del río Niágara, cerca —a unos cuatro kilómetros— de las grandes cataratas. En 1913 se obtienen los permisos necesarios para la construcción y explotación del *transbordador del Niágara*. Las obras fueron dirigidas por Gonzalo Torres-Quevedo, hijo y colaborador de D. Leonardo, y el transbordador se inauguró, en pruebas, el 15 de febrero de 1916 y, oficialmente, el 9 de agosto de dicho año. Proyecto español, técnica española, empresa constructora española, capital español, explotación inicial española. ¿Quién lo diría? ¡En tiempos de ignorancia colectiva —y oficial— en España en materias científico-técnicas!

Maurice d'Ocagne, ya citado presidente de la Société Mathématique de France, en la *Revue des Questions Scientifiques* escribió lo siguiente, como loa y glosa del ingeniero español al que tanto había admirado y querido:

“Es bastante significativo que sobre el suelo de ese nuevo mundo, cuyos ingenieros son famosos por lo atrevido de sus concepciones, este **alarde mecánico**¹⁰ haya sido realizado por un hijo de la vieja España.”

Y ahí sigue, ya cumplidos sus 90 años de servicio, sin ningún accidente, el *Spanish aerocar* como atractivo turístico y cinematográfico surcando, en su corto recorrido, aires de Canadá y de Estados Unidos.

CONSIDERACIONES FINALES

Leonardo Torres Quevedo [Santa Cruz de Iguña (Molledo, Cantabria), 1852; Madrid, 1936] fue, a juicio del gran ingeniero y cientí-

¹⁰ El uso de negritas es nuestro.

fico francés Maurice d'Ocagne, presidente de la Société Mathématique de France, “el más prodigioso inventor de su tiempo”.

El ingeniero español fue considerado “el más prodigioso inventor de su tiempo” por Maurice d'Ocagne.

Una obra suya, el transbordador sobre el río Niágara, permanece aún hoy en funcionamiento, con casi noventa años de uso sin ningún accidente. Proyecto español, construcción española, capital español, en Canadá (1914-1916). En los Jardines de la estación de entrada del mismo puede leerse en una placa de bronce sobre un monolito, grabado en inglés, un texto que en versión española dice:

TRANSBORDADOR AÉREO ESPAÑOL DEL NIÁGARA

LEONARDO TORRES QUEVEDO (1852-1936)
FUE UN INGENIERO ESPAÑOL ORIGINAL.
ENTRE SUS INVENTOS DESTACAN LAS
MÁQUINAS ALGEBRAICAS, EL MANDO A DISTANCIA,
LOS DIRIGIBLES Y
EL PRIMER ORDENADOR DEL MUNDO.

EL TELEFÉRICO ESPAÑOL DEL NIÁGARA
FUE PROYECTADO POR LEONARDO TORRES QUEVEDO
Y REPRESENTÓ UN NUEVO TIPO DE FUNICULAR AÉREO
QUE DENOMINÓ “TRANSBORDADOR”.

SE INAUGURÓ OFICIALMENTE EL 8 DE AGOSTO DE 1916.
ES EL ÚNICO DE SU CLASE QUE EXISTE.

Pero la actualidad de Torres Quevedo se debe, sin lugar a dudas, por su contribución original y pionera en los campos de la Automática, Robótica, Informática e Inteligencia Artificial. Su obra “**Ensayos sobre Automática**” ocupa lugar preeminente en la historia universal de la Ciencia y de la Ingeniería. Y en este contexto destacan como acontecimientos de trascendencia universal los relativos a sus siguientes inventos: el **telekino**, los **ajedrecistas** y el **aritmómetro electromecánico** (primer ordenador del mundo, 1920). En 1907 se le ha concedido al telekino un *milestone* por el prestigioso IE³ de EE. UU.

La obra de Torres Quevedo había sido reconocida, desde sus orígenes, en Francia, en cuya Academia de Ciencias de París presentaba

como primicias muchos de sus inventos con las memorias que los describían. En los últimos años de su vida siguió patentando otros pequeños inventos, dictando discursos y presidiendo actos. Deben recordarse, entre las numerosas condecoraciones, premios y distinciones que recibió: Académico asociado extranjero de la Academia de Ciencias de París, Académico honorario de la Société de Physique et d'Histoire Naturelle, de Gênevè, Doctor honoris causa por la Universidad de París y Comendador de la Legión de Honor francesa. Muere en Madrid el 18 de diciembre de 1936.

REFERENCIAS (POR ORDEN HISTÓRICO)

A) OBRAS DE TORRES QUEVEDO

Nouveau système de chemin funiculaire aérien, a fils multiples, Exposé d'invention. Suiza, 1889.

Memoria sobre las máquinas algebraicas, Bilbao, 1895.

"Sur les machines algebraiques", C. R. Acad. Scienc. Paris, 1895.

Machines algebraiques, París, 1895.

"Orientación en las grandes poblaciones. Indicadores coordinados", Madrid Científico, 1896.

"Sur les machines a calculer", C. R. Acad. Scienc., París, 1900.

"Sobre la utilidad de emplear ejemplos cinemáticos en la exposición de algunas teorías matemáticas", Ateneo de Madrid, 1900.

"Machines a Calculer", Acad. Scienc., Tome XXXII, París, 1901.

"Máquinas algebraicas", R. Acad. Cienc. Ex., Fís. y Nat., Madrid, 1901.

"Sur les rapports entre le calcul mécanique et le calcul graphique", *Bulletin de la Société Mathématique de France*, 29, 1-6, 1901.

"Sur l'utilité des exemples cinématiques dans l'exposition des théories mathématiques", *Bulletin de la Société Mathématique de France*, 29, 7-12, 1901.

Sur la construction des Machines algebraiques, París, 1901.

Machines algebraiques (Revue de Questions Scientifiques, Société Scientifique de Bruxelles, Louvain, 1902.

Memoria sobre la estabilidad de los globos, Madrid, 1902.

"Sur un avantprojet de ballon dirigeable a quille interieur", París, 1902.

Système dit Telekine pour commander à distance un mouvement mécanique, Brevet d'Invention, París, 1902.

"Sur le télékine". C. R. Académie des Sciences, 137,317-319., 1903.

"Sobre un sistema de notaciones y símbolos destinados á facilitar la descripción de las máquinas", *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, IV, 429-442, 1906.

"Une reclamation de priorité a propos du télékine et des experiences d'Antibes", *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, V, 86-103, 1906.

"Le Télékine et la Télémécanique", C. R. Acad. Scienc. 1907.

Perfectionnements dans les ballons fusiformes, Brevet d'Invention, París, 1908.

"Proyecto de establecimiento de relaciones científicas hispano-americanas", Buenos Aires, 1910.

"Construction mécanique de la liaison exprimée par la formule $db/da = \tan w$ ", C. R. Acad. Scienc. París, 1911.

"Sobre un nuevo sistema de máquinas de calcular electromecánicas", *Revista de Obras Públicas*, LIX, 227-233, 274-278, 1911.

La enseñanza de la Ingeniería en España, Madrid, 1913.

"Ensayos sobre Automática. Su definición. Extensión teórica de sus aplicaciones", Madrid, 1914.

"El Dirigible "Hispania"", en *Congreso de Bilbao*, 7 de septiembre de 1919. Tomo I, pp. 7-32. (Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, Madrid), 1919.

"Arithmometre electromécanique", en *Les Machines á Calculer*, París, 1920.

Discurso de recepción en la Real Academia Española, Madrid, 1920.

"Contestación. Discurso leído en el acto de su recepción por el señor D.

Pedro M. González Quijano" (Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, 1925.

"Discurso del Excmo. Sr. D. Leonardo Torres Quevedo", en *Discursos leídos ante S.M. el Rey en la solemne sesión celebrada por dicha Unión*

Internacional en la Real Academia Española, con motivo de la publicación del primer cuaderno del Diccionario Tecnológico Hispano-Americano (Unión Internacional de Bibliografía y Tecnología Científicas),

Real Academia Española, Madrid, 1926.

"Discurso" en "Homenaje a Torres Quevedo", *Revista de Obras Públicas*, LXXIV, 501-507, 1926.

B) REFERENCIAS SOBRE TORRES QUEVEDO EN VIDA

- E. SAAVEDRA, "Informe interesante, sobre una "Máquina para resolver ecuaciones" (de Torres Quevedo)", *Anuario de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, Madrid, 1895. (También incluido en *Memoria sobre las máquinas algebricas*, de L. Torres Quevedo, Bilbao 1895; y en *Revista de Obras Públicas*, XLIII, 169-170, 177-178, 185-186, 193-194, 201-202, 1895).
- M. d'OCAGNE, "Note sur les machines á résoudre les équations, de M. Torres", *Le Génie Civil*, París, 1896.
- A. GAY, "Les machines de Torres á résoudre les équations", *Revue Générale des Sciences*, VII, 684-688, 1896.
- M. DEPREZ et al., "Rapport sur un Mémoire de M. TORRES intitulé: *Machines á calculer*", C. R. Acad. Scienc., 130, 1-3, París, 1900.
- F. P. ARRILLAGA, "Contestación" al *Discurso en la recepción pública de Leonardo Torres y Quevedo*, R. Acad. Cienc. Ex., Fís. y Nat., 1901.
- J. ECHEGARAY, *Navegación Aérea*, Madrid, 1902.
- SARRAU, CAILLETED, APPELL, "Rapport sur un Mémoire de M. Torres, concernant un avantprojet de ballon dirigeable". *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 135, 141-146, 1902.
- ATENEO, "Los inventos de Torres Quevedo", *Ateneo*, Número extraordinario dedicado a Torres Quevedo, Madrid, 1906.
- G. ESPITALIER, "Le transbordeur funiculaire à voyageurs du Mont Ulia, près de Saint-Sébastien (Espagne)", *Le Génie Civil*, LV, 105-108, 1909.
- M. RICHARD, "Les dirigeables trilobés du système Torres", *La Technique Aéronautique*, IX, 321-338, 1914.
- J. A. SÁNCHEZ PÉREZ, *Los inventos de Torres Quevedo*, Madrid, 1914.
- H. VIGNERON, "Les automates: Le joueur d' échecs automatique de M. Torres y Quevedo", *La Nature*, XLII, 56-61, 1914.
- R. ACAD. CIENC., *Solemne entrega de la Medalla Echegaray al Excmo. Sr. D. Leonardo Torres Quevedo*, Madrid, 1916.
- M. d'OCAGNE, *L'Œuvre Mécanique de Leonardo Torres Quevedo*, (Extrait de la *Revue Générale des Sciences pures et appliquées*), París, 1916.
- REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, "Transbordador de Torres Quevedo en el Niágara", LXIV, 181-188, 193-194, 1916.

THE CANADIAN ENGINEER, "Aerial Cableway at Niagara Falls, Ont., 'Torres System'", 1916.

J. RODRÍGUEZ CARRACIDO, "Contestación", en *Discursos en la recepción pública de don Leonardo Torres Quevedo*, Real Academia Española, Madrid, 1920.

C) PRIMERAS REFERENCIAS POST-MORTEM

B. CABRERA, "Leonardo Torres y Quevedo" en *Proces Verbaux des Sciences*, XVIII, 293-295, 1937.

M. d'OCAGNE, "Torres Quevedo et son oeuvre mécanique", *Revue des Questions Scientifiques*, Tome IV, 1938.

G. TORRES-QUEVEDO, "Les travaux de l'Ecole espagnole sur l'automatique", *Colloque international a Paris sur "Les Machines á calculer et la pensée humaine"*, París, 1951.

"Presentation des appareils de Leonardo Torres Quevedo", *Ibid.*, 1951.

"Torres Quevedo y la Automática", *Revista de Obras Públicas*, XCIX, 99-109, 1951.

"El Centenario de Torres Quevedo", *Revista de Obras Públicas*, C, 515-523, 1952.

M. LÓPEZ DEL CASTILLO, "El telekino", *Núcleo*, 1952; "El autómatá ajedrecista", *Núcleo*, 1952.

P. PUIG ADAM, "Torres Quevedo.- El Cálculo mecánico y la Automática", *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas, y Naturales*, XLVII, 11-27, 1953.

J. CAMPOS, "Torres Quevedo, Ingeniero de Caminos", *Ibid.*, 29-47.

CH. MANNEBACK, "Allocution", *Ibid.*, 49-56.

L. COUFFIGNAL, "Allocution", *Ibid.*, 59-61; "Méthodes et limites de la Cybernétique", *Ibid.*, 63-82.

J. GARCÍA SANTESMASES, *Automática, Cibernética y Automatización*, Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, 1961.

D) BIBLIOGRAFÍA USUAL

L. RODRÍGUEZ ALCALDE, *Leonardo Torres Quevedo y la Cibernética*, Cid, Madrid, 1966.

- F. GONZÁLEZ DE POSADA y A. GONZÁLEZ REDONDO (ed.), *Actas del I Simposio "Leonardo Torres Quevedo: su vida, su tiempo, su obra"*, Amigos de la Cultura Científica, Madrid, 1994.
- A. HERNANDO, *Leonardo Torres Quevedo, precursor de la informática*, tesis doctoral, Un. Polit. Madrid, 1996.
- INTEMAC, *Ensayos sobre automática. El aritmómetro*. Edición trilingüe español-inglés-francés. Madrid, 1996.
- J.M. SÁNCHEZ RON (ed.) *Un siglo de ciencia en España*, Residencia de Estudiantes, Madrid, 1998.
- F. GONZÁLEZ DE POSADA, y F. A. GONZÁLEZ REDONDO (ed.), *Actas del III Simposio "Leonardo Torres Quevedo: su vida, su tiempo, su obra"*, Amigos de la Cultura Científica, Madrid, 1999.
- F. GONZÁLEZ DE POSADA, D. TRUJILLO y F. A. GONZÁLEZ REDONDO (ed.), *Actas del I Simposio "Ciencia y Técnica en España de 1898 a 1945: Cabrera, Cajal, Torres Quevedo"*, Amigos de la Cultura Científica, Madrid, 2001;
- F. GONZÁLEZ DE POSADA, D. TRUJILLO y F. A. GONZÁLEZ REDONDO (ed.), *Actas del II Simposio "Ciencia y Técnica en España de 1898 a 1945: Cabrera, Cajal, Torres Quevedo"*, Amigos de la Cultura Científica, Madrid, 2002.
- INTEMAC, *Leonardo Torres Quevedo y los globos dirigibles*. Edición bilingüe español-francés. Madrid, 2002.
- F. GONZÁLEZ DE POSADA (ed.) *Leonardo Torres Quevedo. Conmemoración del sesquicentenario de su nacimiento (1852)*, Sociedad Estatal de Conmemoraciones Culturales, Madrid, 2003.
- F. GONZÁLEZ DE POSADA, D. TRUJILLO y F. A. GONZÁLEZ REDONDO (ed.), *Actas del III Simposio "Ciencia y Técnica en España de 1898 a 1945: Cabrera, Cajal, Torres Quevedo"*, Amigos de la Cultura Científica, Madrid, 2004.
- F. GONZÁLEZ DE POSADA, D. TRUJILLO y F. A. GONZÁLEZ REDONDO (ed.), *Actas del IV Simposio "Ciencia y Técnica en España de 1898 a 1945: Cabrera, Cajal, Torres Quevedo"*, Amigos de la Cultura Científica, Madrid, 2004.
- F. GONZÁLEZ DE POSADA, D. TRUJILLO y F. A. GONZÁLEZ REDONDO (ed.), *Actas del V Simposio "Ciencia y Técnica en España de 1898 a 1945: Cabrera, Cajal, Torres Quevedo"*, Amigos de la Cultura Científica, Madrid, 2004.
- INTEMAC, *El transbordador. Primer invento. Patentes de invención*. Edición bilingüe español-inglés. Madrid: 2006.

- L. RODRÍGUEZ ALCALDE, *Biografía de D. Leonardo Torres Quevedo*, Institución Cultural de Cantabria, C.S.I.C., Santander, 1974.
- COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS, *Leonardo Torres Quevedo*, Madrid, 1978.
- J. GARCÍA SANTESMASES, *Obra e inventos de Torres Quevedo*, Instituto de España, Madrid, 1980.
- J. GARCÍA SANTESMASES, "Torres Quevedo, inventor y científico", en *Instituto de España. Sesión conmemorativa de su fundación*, Instituto de España, Madrid, 1981.
- A. DOU, "Problemas filosóficos suscitados por la obra de Torres Quevedo" en *Instituto de España. Sesión conmemorativa de su fundación*, Madrid, 1981.
- F. GONZÁLEZ DE POSADA, *Leonardo Torres Quevedo*, Catálogo de la exposición de dicho título, Fundación Santillana, Santillana del Mar, 1985; ed. bilingüe castellano-euskera con motivo de la exhibición de la muestra en San Sebastián, en la Casa Museo Oquendo, 1990.
- G. A. SEIBEL, *Ontario's Niagara Parks a History*, The Niagara Parks Commission, Ontario, Canadá, 1985;
- F. GONZÁLEZ DE POSADA, *Leonardo Torres Quevedo: europeo preorteguiano e ingeniero español universal*, Amigos de la Cultura Científica, Santander, 1986.
- P. BRETON, *Histoire de l'informatique*, Éditions de la Découverte, París, 1987.
- MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGÍA, *Patentes de invención de Don Leonardo Torres Quevedo*, Madrid, 1988.
- F. GONZÁLEZ DE POSADA, "Leonardo Torres Quevedo", *Investigación y Ciencia* (Edición en español de Scientific American), 166, 80-87, 1990.
- MUSÉE NATIONAL DES TECHNIQUES, *De la Machine à Calculer de Pascal a l'ordinateur. 350 Ans d'Informatique*, París, 1990.
- F. GONZÁLEZ DE POSADA y F.A. GONZÁLEZ REDONDO, *Leonardo Torres Quevedo en y desde Cantabria*, Amigos de la Cultura Científica, Asamblea de Cantabria, Santander, 1991.
- F. GONZÁLEZ DE POSADA, *Leonardo Torres Quevedo*, Fundación Banco Exterior, Madrid, 1992.
- F. GONZÁLEZ DE POSADA et al. (ed.), *Actas del II Simposio "Leonardo Torres Quevedo: su vida, su tiempo, su obra"*, Amigos de la Cultura Científica, Madrid, 1993.

F. GONZÁLEZ DE POSADA et al., *Leonardo Torres Quevedo y la conquista del aire. Centenario de la botadura del dirigible "Torres Quevedo"*. Amigos de la Cultura Científica. Madrid, 2007.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- GONZÁLEZ DE POSADA, F. (1984): *Hacia la institucionalización del Premio Nacional de Tecnología Leonardo Torres Quevedo*. Aula Cultura Científica, n° 18. Santander: Amigos de la Cultura Científica.
- (1985): *Leonardo Torres Quevedo*. Catálogo de dicho título. Santillana del Mar (Cantabria): Fundación Santillana.
- (1986): *Leonardo Torres Quevedo: europeo preorteguiano e ingeniero español universal*. Aula Cultura Científica, n° 27. Santander: Amigos de la Cultura Científica.
- (1986): *Leonardo Torres Quevedo: a la búsqueda de templo, ara y estatua*. Aula Cultura Científica, n° 28. Santander: Amigos de la Cultura Científica.
- (1987): *En la conmemoración del Cincuentenario de la muerte de Leonardo Torres Quevedo*. Aula Cultura Científica, n° 31. Santander: Amigos de la Cultura Científica.
- (1987): *En torno a Torres Quevedo*. Colección Ensayos, n° 4. Santander: Amigos de la Cultura Científica.
- (1989): *Los Premios "Leonardo Torres Quevedo". Homenaje a Leopoldo Rodríguez Alcalde*. Aula Cultura Científica, n° 36. Santander: Amigos de la Cultura Científica.
- (1989): *Conmemoración en Cantabria del Cincuentenario de la muerte (1936-1986) de Leonardo Torres Quevedo*. Colección Ensayos, n° 5. Santander: Amigos de la Cultura Científica.
- (1989): *Los Premios "Leonardo Torres Quevedo". Homenaje a Leopoldo Rodríguez Alcalde*. Aula Cultura Científica, n° 36. Santander: Amigos de la Cultura Científica.
- (1989): *Leonardo Torres Quevedo*. Catálogo bilingüe castellano-euskera de la exposición de dicho título. San Sebastián: Casa-Museo Oquendo.
- (1990): *"Leonardo Torres Quevedo", Investigación y Ciencia* (edición española de *Scientific American*, 166, 80-87, julio 1990). [Reproducido, como capítulo independiente, en *Historia de la Técnica* (1994). Barcelona: Investigación y Ciencia].

- (1992): *Leonardo Torres Quevedo*. Madrid: Fundación Banco Exterior, Biblioteca de la Ciencia Española.
- (ed.) (2003): *Leonardo Torres Quevedo. Conmemoración del sesquicentenario de su nacimiento (1852)*. Madrid: Sociedad Estatal de Conmemoraciones Culturales.
- GONZÁLEZ DE POSADA, F., ALONSO JUARISTI, P., y GONZÁLEZ REDONDO, A. (ed.) (1993): *Actas del II Simposio "Leonardo Torres Quevedo: su vida, su tiempo, su obra"*. Madrid: Amigos de la Cultura Científica.
- GONZÁLEZ DE POSADA, F. y GONZÁLEZ REDONDO, F.A. (1991): *Leonardo Torres Quevedo en y desde Cantabria*. Catálogo de la exposición de dicho título exhibida en la Asamblea de Cantabria, Santander. Madrid: Amigos de la Cultura Científica.
- (ed.) (1999): *Actas del III Simposio "Leonardo Torres Quevedo: su vida, su tiempo, su obra"*. Madrid: Amigos de la Cultura Científica.
- (2004): *"Leonardo Torres Quevedo (1852-1936). 1ª Parte. Las máquinas algebraicas"*, *La Gaceta de la RSME*, Vol. 7.3, 787-810.
- (2005): *"Leonardo Torres Quevedo (1852-1936). 2ª Parte. Automática, máquinas analíticas"*, *La Gaceta de la RSME*, Vol. 8.1, 267-293.
- GONZÁLEZ DE POSADA, F.; GONZÁLEZ REDONDO, F. A. y REDONDO ALVARADO, M. D. (2002): *"Leonardo Torres Quevedo y la Aerostación"*, *Revista de Obras Públicas*, 3.423, 55-66.
- GONZÁLEZ DE POSADA, F.; GONZÁLEZ REDONDO, F. A. y TRUJILLO JACINTO DEL CASTILLO, D. (ed.) (2001): *Actas del I Simposio "Ciencia y Técnica en España de 1898 a 1945: Cabrera, Cajal, Torres Quevedo"*. Madrid: Amigos de la Cultura Científica.
- (ed.) (2002): *Actas del I Simposio "Ciencia y Técnica en España de 1898 a 1945: Cabrera, Cajal, Torres Quevedo"*. Madrid: Amigos de la Cultura Científica.
- (ed.) (2003): *Actas del III Simposio "Ciencia y Técnica en España de 1898 a 1945: Cabrera, Cajal, Torres Quevedo"*. Madrid: Amigos de la Cultura Científica.
- (ed.) (2004): *Actas del IV Simposio "Ciencia y Técnica en España de 1898 a 1945: Cabrera, Cajal, Torres Quevedo"*. Madrid: Amigos de la Cultura Científica.
- GONZÁLEZ REDONDO, F. A. y GONZÁLEZ DE POSADA, F. (2002): *"Ciencia aeronáutica y milicia. Leonardo Torres Quevedo y el Servicio de Aerostación Militar, 1902-1908"*. *Llull*, vol. 25, 643-676.

GONZÁLEZ REDONDO, F.A. y GONZÁLEZ REDONDO, A. (ed.) (1994): *Actas del I Simposio "Leonardo Torres Quevedo: su vida, su tiempo, su obra"*. Madrid: Amigos de la Cultura Científica.

HERNANDO GONZÁLEZ, A. (1995): *Leonardo Torres Quevedo, precursor de la Informática*. Tesis doctoral dirigida por F. González de Posada. Universidad Politécnica de Madrid.

TORRES QUEVEDO, L. (1996): *Ensayos Sobre Automática. El aritmómetro electromecánico*. Edición trilingüe español-inglés-francés. Madrid: INTEMAC. [Ensayo introductorio de González de Posada, F.].

— (2002): *Leonardo Torres Quevedo y los globos dirigibles*. Edición bilingüe español-francés. Madrid: INTEMAC. [Ensayo introductorio de González de Posada, F. y González Redondo, F.A.].

— (2006): *El Transbordador. Primer invento. Patentes de invención*. Edición bilingüe español-inglés. Madrid: INTEMAC. [Ensayo introductorio de González de Posada, F.].

El Autor

FRANCISCO GONZÁLEZ DE POSADA

Cádiz, 1942.

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (Universidad Politécnica de Madrid), Licenciado en Filosofía y Letras (Universidad Pontificia de Salamanca) y Licenciado en Ciencias Físicas (Universidad Complutense de Madrid). Ingeniero del Laboratorio de Hidráulica del CEDEX (1966-1977). Presidente de Cáritas Española (1973-76).

Catedrático de Fundamentos Físicos en la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Cantabria (1977-87), de la que fue Rector (1984-86). Fundador y Presidente de Amigos de la Cultura Científica, Santander, (1983-) y de los Cursos Universitarios de Verano de Laredo. Hijo adoptivo de Molledo (Cantabria), 1986. Catedrático de Física Aplicada (1987-) en la E.T.S. de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid. Medalla de Honor al Fomento de la Invención, 1995.

Director del Centro Científico Cultural Blas Cabrera. Arrecife (Lanzarote). (1995-2004).

Presidente de la Academia de Ciencias e Ingenierías de Lanzarote (2000-).

Académico de Número de la Real Academia Nacional de Medicina (1998), Académico Correspondiente de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando (2002) y de la Real Academia Nacional de Farmacia (2002).

Académico de Honor de la Real Academia de Medicina de Cantabria (2000).

Académico Honorario de la Real Academia de Medicina y Cirugía de Cádiz. 2002.

Académico Correspondiente de la Real Academia de Ciencias, Bellas Artes y Buenas Letras de Écija "Luis Vélez de Guevara", 2002.

Académico Numerario de la Academia de Ciencias e Ingenierías de Lanzarote, 2003.

Académico Correspondiente de la Real Academia Hispano Americana de Cádiz, 2003.

Asambleísta de la Asamblea Amistosa Literaria, 2004.

Académico Correspondiente de la Real Academia de Bellas Artes de Cádiz, 2005.

Académico Honorario de la Real Academia de Medicina y Cirugía de Granada, 2005.

Miembro de Número del Ateneo de Cádiz, 2005.

Miembro de Número del Instituto de Estudios Canarios, 2005.

Asambleísta de Honor de la Asamblea Amistosa Literaria, 2007.

Académico de Honor de la Real Academia de Medicina y Cirugía de Santa Cruz de Tenerife (Canarias), 2008.

Autor de/en más de 80 libros científicos (matemáticas y física), de filosofía de la ciencia y de historia de la ciencia; director de 17 tesis doctorales, autor de unas 150 comunicaciones a Congresos y de unos 150 trabajos en revistas especializadas. Ha dictado unas 500 conferencias. Presidente de numerosos Congresos, Simposios y Reuniones científicas. Comisario de numerosas exposiciones científicas y artísticas.