

NOTAS

En torno al «Astra-Torres XIV», el «autómata ajedrecista» y los *Ensayos sobre Automática*: Leonardo Torres Quevedo, 1913-2013

FRANCISCO GONZÁLEZ DE POSADA
Universidad Politécnica de Madrid

FRANCISCO A. GONZÁLEZ REDONDO
Universidad Complutense de Madrid

A MODO DE PRESENTACIÓN

El 12 de junio de 1913 comenzaban en Aldershot (Inglaterra) las pruebas de recepción del «Astra-Torres XIV», un dirigible trilobulado autorrigido encargado por el Almirantazgo Británico a la *Sociedad Astra* francesa y construido siguiendo los diseños del ingeniero español Leonardo Torres Quevedo. Cuatro días más tarde, el 16 de junio de 1913, en el marco del Congreso organizado por la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, el insigne inventor presentaba públicamente su *autómata ajedrecista*, la primera máquina electromecánica contra la que un humano podía jugar un final de partida de ajedrez y, por tanto, primera demostración de las posibilidades de la Inteligencia Artificial. Finalmente, en el volumen de la *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* correspondiente, también, a 1913, aparecían publicados los *Ensayos sobre Automática* del sabio español, en los que, como su subtítulo precisaba, establecía, para esta nueva ciencia por él creada, *Su definición* y la *Extensión teórica de sus aplicaciones*.

Estas tres aportaciones, cuyos Centenarios conmemoramos en 2013, constituían la cima de una ingente obra inventiva que comenzaba en 1887, cuando, desde España, patentó en Reino Unido, Francia, EE.UU, Alemania, Suiza, Italia, etc., el *transbordador* (1887), un revolucionario sistema de funicular aéreo que, construido en el Monte Ulía de San Sebastián (1907) y aún hoy funcionando en Niágara (Canadá), se convertiría en el primer teleférico para pasajeros del mundo. Continuó con la concepción de sus *máquinas algébricas* (1893), máquinas de calcular analógicas que resolvían ecuaciones polinómicas. Se detuvo ante la necesidad de los humanos de loca-

lizarse y «navegar» por las ciudades, proponiendo sus *indicadores coordenados* (1896). Sorprendió al mundo diseñando el primer aparato de mando a distancia, el *telekino* (1902), reconocido como «hito» histórico en 2007 por el *Institute of Electric and Electronic Engineers* (IEEE) de los EE.UU. Se consagró internacionalmente con sus patentes de dirigibles presentadas entre 1902 y 1914, que recogían innovaciones que siguen constituyendo actualidad hoy, bien entrado el siglo XXI, en el ámbito de la Aerostación dirigida.

Esta trayectoria singular culminaría con la patente de dirigible transoceánico «Hispania» (1919) y la presentación en público en París de su *aritmómetro electro-mecánico* (1920), el que puede ser considerado como primer ordenador en sentido actual de la historia, y con el que, nuevamente, se adelantó en varias décadas a los pioneros de la Informática del siglo XX. No es de extrañar, por tanto, que Maurice d'Ocagne (Presidente de la Sociedad Matemática Francesa), en un artículo sobre la historia de las máquinas de calcular publicado en 1930 en *Figaro*, caracterizara a Leonardo Torres Quevedo como «el más prodigioso inventor de su tiempo».

LOS INICIOS DE UNA OBRA EXCEPCIONAL

Leonardo Torres Quevedo nació en Santa Cruz de Iguña (Molledo), en la actual Cantabria, el 28 de diciembre de 1852, el mismo año en el que nacía también la segunda de las figuras científicas de talla internacional de nuestra Edad Contemporánea: Santiago Ramón y Cajal. Hijo de Luis Torres Vildósola y Urquijo, ingeniero de Caminos de origen vasco, y de Valentina Quevedo de la Maza, de raigambre montañesa, vivió de niño en Bilbao con sus padres, quedando a cargo de unas parientas, las señoritas Barrenechea, mientras cursaba la primera parte de sus estudios de Bachillerato en el Instituto de la capital vizcaína. A partir de 1868 completa su formación en el Colegio de los Hermanos de la Doctrina Cristiana de París, la ciudad que recibirá, acogerá y difundirá sus creaciones años más tarde.

En 1871 ingresa en la Escuela del Cuerpo de Ingenieros de Caminos de Madrid, finalizando sus estudios en 1876. Trabaja como ingeniero durante unos meses, dedicado a trabajos ferroviarios. Sin embargo, y gracias a la herencia recibida de las señoritas Barrenechea, renuncia a ingresar en el Cuerpo para dedicarse a «pensar en sus cosas», estudiando y viajando por Europa (especialmente Francia y Suiza), con una residencia que se reparte entre Madrid, Bilbao, París... y el Valle de Iguña, donde se casa con Luz Polanco Navarro el 16 de abril de 1885.

En 1889, desde su retiro en la Montaña, ofrece a la comunidad científica el primer fruto de sus estudios: la patente del *transbordador*; un funicular aéreo suspendido de cables múltiples cuya tensión, que depende de unos contrapesos situados en uno de los extremos, se mantiene siempre constante, independientemente de la carga que soporten o de la posición que ocupe a lo largo del recorrido. Ensayados unos primeros modelos en el Valle de Iguña, en 1890 D. Leonardo presenta en Suiza esta prime-

ra incursión en el mundo de la «automaticidad»... recibiendo la incompreensión (y hasta la burla) de los científicos e ingenieros helvéticos.

Pero en esos mismos años, nuestro insigne inventor esta dedicado también a un segundo ámbito, las *máquinas algébricas*: máquinas de calcular analógicas (que utilizan variables continuas), en las que una determinada ecuación «algébrica» se resuelve mediante un modelo físico, cuya solución numérica es la solución de la ecuación matemática. Así, en 1893 presenta al Ministerio de Fomento, en solicitud de ayuda, su primer trabajo científico, la *Memoria sobre las máquinas algébricas*. Informada favorablemente por la Real Academia de Ciencias, y publicada en Bilbao en 1895, se convierte en el punto de partida de diferentes trabajos presentados en Francia que culminarán con la publicación de la *Memoria* por la Academie des Sciences de París en 1900, y la elección del inventor como Académico de Número de la Real Academia de Ciencias de Madrid en 1901.

En esos momentos, agotado el ámbito de desarrollo teórico de sus *máquinas algébricas*, y a la espera de financiación para la construcción de los primeros modelos efectivos de demostración, Torres Quevedo está dedicado ya a otro tema, de suma actualidad entonces: la solución del *problema de la navegación aérea*. Efectivamente, en un contexto internacional expectante tras las pruebas infructuosas del Conde Ferdinand von Zeppelin en 1900 con su primer dirigible rígido, y después de los numerosos ensayos con rudimentarios dirigibles flexibles del millonario brasileño Alberto Santos Dumont, el inventor español revoluciona el panorama aeronáutico en 1902 con la patente «Perfectionnements aux aérostats dirigeables», en la que presenta un nuevo tipo de dirigible que recogería las ventajas de los sistemas precedentes, eliminando todos sus inconvenientes.

Puede afirmarse, sin temor a equivocarnos, que el sistema presentado ante las Academias de Ciencias de Madrid y París introduce tantas novedades, que va a establecer los fundamentos para los siguientes 100 años en el diseño de dirigibles a nivel internacional, hasta el punto de que todos los modelos que se construyen hoy a comienzos del siglo XXI, consciente o inconscientemente, utilizan soluciones que ya estaban contenidas en esta patente de 1902.

El sistema ideado para obtener la estabilidad de forma y en vuelo del aerostato, y para suspender la barquilla, contempla una viga interior de sección triangular compuesta por una combinación de barras metálicas, tirantes de cuerda y cortinas de lona permeable; todo ello anejo a una quilla metálica plana en la parte inferior de la envuelta, asida desde dentro verticalmente, mediante nuevos tirantes, a la parte superior de la envuelta. De esta compleja estructura, que se tensiona por la presión del gas en el inflado, cuelga la barquilla, situada en el exterior pero pegada a la envolvente.

Mientras el Gobierno español busca la vía para financiar sus investigaciones, antes de que termine ese año 1902 nuestro ingeniero asombra a la comunidad científica con una nueva invención: el *telekino*; el primer dispositivo de mando a distancia de

la historia. Concebido para gobernar desde tierra, mediante ondas hertzianas, tanto los torpedos submarinos de una Armada española recién salida del «desastre del 98», como las maniobras de los dirigibles sin arriesgar vidas humanas, en sus escritos D. Leonardo manifestaba su verdadera dimensión: «el telekino es, en suma, un autómatas que ejecuta las órdenes que le son enviadas por medio de la telegrafía sin hilos. Además, para interpretar las órdenes y obrar en cada momento en la forma que se desea, debe tener en consideración varias circunstancias». Efectivamente, el *telekino* se convertía en el primer autómatas electromecánico de la historia.

HACIA LA CONSAGRACIÓN INTERNACIONAL

Mediante una Real Orden del 4 de enero de 1904, el Ministerio de Fomento creaba el *Centro de Ensayos de Aeronáutica* con dos objetos muy definidos: «el estudio técnico y experimental del problema de la navegación aérea y de la dirección de la maniobra de motores a distancia». Este nuevo *Centro*, junto con el *Laboratorio de Investigaciones Biológicas*, dotado en 1901 por el Ministerio de Gobernación para Santiago Ramón y Cajal, además de demostrar que las cosas podían empezar a cambiar en nuestro país, sirvieron de antesala a la que puede considerarse la mayor iniciativa de convergencia con Europa emprendida en España en toda su historia: la *Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas* (de la que Torres Quevedo sería nombrado Vicepresidente), creada el 11 de enero de 1907, ahora sí, por el Ministerio que debía protagonizar este encuentro, el de Instrucción Pública.

En 1906, Torres Quevedo da un nuevo paso en su concepción global de la «automatización»: eliminando del proyecto de dirigible de 1902 todos los elementos metálicos, concibe un nuevo sistema, evolucionado de aquél, caracterizado por una viga compuesta solamente de cuerdas, con una sección triangular que determina la forma trilobulada de la envolvente cuando ésta se autorrigidiza por la sobrepresión del gas en el interior. Nacían así los dirigibles *autorrigidos*.

Pero si en la España *en regeneración* de la primera década del siglo XX, las iniciativas de la Administración del Estado para el fomento de la investigación científica constituían una novedad, en esos mismos años un grupo de industriales vascos se adelantaban al ideal por el que aún hoy suspira el sistema de i+d+i. Efectivamente, el 30 de noviembre de 1906, se constituía en Bilbao la *Sociedad de Estudios y Obras de Ingeniería*, presidida por Valentín Gorbeña y Ayarragaray, con José Luis de Goyoaga y Ercario como Secretario, y Luis Landecho, Ricardo de Uhagón, Pedro Chalbaud y José Orbegozo como Vocales. Su objeto quedaba fijado en su primera Base: «Estudiar experimentalmente los proyectos o inventos que le sean presentados por don Leonardo Torres Quevedo y llevarlos a la práctica».

El entramado institucional torresquevediano, público y privado, se completaría en 1907 con la creación, por Real Orden del Ministerio de Fomento de 22 de febrero, del *Laboratorio de Mecánica Aplicada* (rebautizado años más tarde como *Laborato-*

rio de Automática), dedicado «al estudio y construcción de máquinas y aparatos científicos para diversas aplicaciones industriales, para la fabricación de aparatos para la enseñanza y otros».

Durante el verano de ese año, mientras el *Centro de Ensayos de Aeronáutica* realizaba (aún sin éxito) las pruebas de estabilidad de forma del primer dirigible *autorrígido*, el «Torres Quevedo n° 1», en el Parque del Servicio de Aerostación Militar de Guadalajara, la *Sociedad de Estudios y Obras de Ingeniería* financiaba la construcción del que se convertiría en el primer teleférico para pasajeros del mundo: el *transbordador* del Monte Ulía, inaugurado el 30 de septiembre de 1907. Al año siguiente, el 14 de junio de 1908, se ensayaba, satisfactoriamente, el «Torres Quevedo n° 2», vuelo del primer dirigible español del que se cumplen ahora cien años.

Entre noviembre de 1909 y febrero de 1910 se producirá un hecho que marcará la trayectoria científica del genio español: la casa francesa *Astra*, adquiere, previo permiso del Gobierno español, la patente del dirigible *autorrígido* para su explotación comercial en todos los países del mundo (excepto España). Liberado del compromiso adquirido en 1904 al correr *Astra* con todos los gastos que suponía el desarrollo del sistema, D. Leonardo ponía el *Centro de Ensayos de Aeronáutica* y el *Laboratorio de Mecánica Aplicada*, formalmente dependientes del Ministerio de Fomento, al servicio del conjunto del Estado.

Así, a principios de 1910 proponía desde la *Junta para Ampliación de Estudios* (dependiente, por tanto, de Instrucción Pública) la creación, sobre la base de sus propios establecimientos, de la *Asociación de Laboratorios*, para coordinar todos los centros dispersos por España dependientes de los diferentes Ministerios. Por lo que a Torres Quevedo respecta, construirá un magnetógrafo para Gonzalo Brañas, un espectrógrafo de rayos X para Blas Cabrera, varios microtomos para Santiago Ramón y Cajal, un telégrafo sistema Dúplex-Hughes para Miguel Santano (ahorrándole al Estado millones de pesetas de la época), un sismógrafo para Eduardo Mier, y un largo etcétera de máquinas e instrumental de laboratorio.

FIGURA MUNDIAL EN AERONÁUTICA, CREADOR DE LA AUTOMÁTICA

En mayo de 1910 viaja a Argentina llevando la representación de la Ciencia y la Técnica españolas en los actos de celebración del centenario de la proclamación de la independencia de la primera de las repúblicas hermanas americanas. Allí, en el Congreso científico internacional convocado para la ocasión, da otro salto adelantándose en varias décadas a la Ciencia mundial: trascendiendo sus máquinas analógicas de tecnología mecánica, presenta por primera vez su concepción teórica de unas nuevas máquinas de calcular digitales de tecnología electromecánica.

De vuelta a Europa, resuelto el problema de la navegación aérea mediante sus dirigibles, y disfrutando de la explotación comercial de su invención a cargo de la

casa *Astra* (que le proporcionaría unos royalties de 3 francos por cada metro cúbico construido), la inventiva aeronáutica de Torres Quevedo no paró, presentando en 1911 dos nuevos inventos, tan revolucionarios en aquellos momentos, que siguen estando de plena actualidad. En primer lugar, el *poste de amarre*, un mástil con plataforma superior pivotante al que se amarra la proa del dirigible, el sistema standard hoy en día en todo el mundo. Pero también el *cobertizo giratorio*, un hangar de tela giratorio, auto-orientable por la propia acción del viento en la misma dirección que el dirigible que debe alojar, elástico y autorrigido, que adquiere su forma (y su rigidez) al inyectarle aire a presión en el interior de la envuelta, constituyéndose, ni más ni menos, en el origen de toda la «arquitectura inflable», habitual hoy en pabellones polideportivos, stand feriales, etc.

En 1913, mientras su «Astra-Torres XIV» bate en el Reino Unido el record mundial de velocidad de un dirigible, alcanzado los 83,2 km/h, presenta en España una nueva patente, la primera en todo el mundo en el ámbito de la ingeniería aeronaval: el *buque-campamento*, un barco porta-dirigibles. Aunque Torres Quevedo ofreció su invención a la Armada británica, ésta no fue capaz de asimilar lo que vislumbraba claramente nuestro genial inventor: la utilidad de las fuerzas aéreas para la Marina de guerra. La Armada española sí retomaría los diseños del inventor (aunque bien entrados ya los años veinte) para la construcción de nuestro primer porta-aeronaves (para dirigibles e hidroaviones): el «Dédalo».

Ese mismo año 1913 termina la obra cumbre de la Historia de la Ciencia y de la Técnica española: los *Ensayos sobre Automática. Su definición. Extensión teórica de sus aplicaciones*. En ella Torres Quevedo crea una nueva Ciencia, la Automática, «que estudia los procedimientos que pueden aplicarse á la construcción de autómatas dotados de una vida de relación más o menos complicada». Los *autómatas*, según nuestro inventor, tendrían *sentidos* (aparatos sensibles a las circunstancias externas), poseerían *miembros* (aparatos capaces de ejecutar operaciones), dispondrían de *energía necesaria* y, además, y sobre todo, tendrían *capacidad de discernimiento* (objeto principal de la Automática), es decir, de elección entre diferentes opciones.

Pero en los *Ensayos* también avanza sistemas para realizar operaciones aritméticas por procesos digitales, introduciendo la idea de los circuitos de conmutación mediante relés (única posibilidad en aquella época), desarrolla un procedimiento original para comparar dos cantidades, diseña un autómata sencillo y se refiere a Babbage y a su célebre *máquina analítica*, destacando que la causa de su fracaso había sido el uso de procedimientos exclusivamente mecánicos.

Aunque no se hace ninguna referencia a él en los *Ensayos*, entre junio 1913 y enero de 1914 presenta en España y Francia su *primer ajedrecista*, la primera manifestación de inteligencia artificial en la historia. Ni más ni menos que un autómata con el que se puede jugar un final de partida de ajedrez: torre y rey contra rey. La máquina analiza en cada movimiento la posición del rey que maneja el humano,

«piensa» y va moviendo «inteligentemente» su torre o su rey, dentro de las reglas del ajedrez y de acuerdo con el «programa» introducido en la máquina por su constructor hasta, indefectiblemente, dar el jaque mate.

Por otro lado, en ese año 1914 se constituye la *Sociedad «Transbordador español del Niágara»* para la construcción en Canadá, sobre el río Niágara (algunos kilómetros aguas abajo de las cataratas) del primer teleférico para pasajeros de Norteamérica. Proyecto español, técnica española, empresa constructora española, capital español (vasco), barquilla, cables, motores y accesorios construidos en España, etc.; todo ello en plena Guerra Mundial. El transbordador del Niágara se inauguraría el 9 de agosto de 1916, constituyéndose para su explotación en Canadá (hasta 1960) otra empresa con capital vasco, *The Niagara Spanish Aerocar Company*.

Si esta obra constituyó un gran éxito personal tras los sinsabores iniciales en Suiza, lo que de verdad se consagrará durante la Guerra es su sistema de dirigibles *autorrigidos*, con la adquisición y uso, en la vigilancia de costas, escolta de navíos y lucha antisubmarina, de más de veinte unidades en Francia, más de sesenta en el Reino Unido, cuatro por Rusia, seis por los EE.UU. y hasta uno por la Armada de Japón.

También en plena Guerra, el 24 de noviembre de 1916, presenta una nueva incursión en el ámbito de la ingeniería naval: una embarcación, construida en Bilbao, que denomina *binave*; el primer bimarán (concebido como posible trimarán o polimarán) de casco metálico de la historia. Suponía una completa novedad en su época que tendría que esperar al final del siglo XX para generalizarse entre las compañías navieras.

EL «MÁS PRODIGIOSO INVENTOR DE SU TIEMPO»

Por la índole multidisciplinar de su obra puede considerarse a Torres Quevedo, simultáneamente, ingeniero industrial, aeronáutico, de telecomunicaciones y naval. Pero en abril de 1918 nos recuerda que también es ingeniero de Caminos, cuando solicita la patente por su sistema de enclavamientos ferroviarios, «un aparato central de un sistema de enclavamientos destinados a proteger la circulación de los trenes, dentro de una zona determinada».

Finalizada la Guerra, y animado por el Coronel Emilio Herrera, en 1919 presenta en el Congreso de Bilbao de la *Asociación Española para el Progreso de las Ciencias* el proyecto del «Hispania», un nuevo sistema de dirigibles semirrigidos, desarrollado a partir de los «Astra-Torres», especialmente concebido para resolver el problema aeronáutico pendiente tras el conflicto: los vuelos transoceánicos. Como en otras ocasiones, España no estaba preparada para la novedad, y serán los Zeppelin alemanes los que protagonicen estas singladuras.

Sin embargo, 1920 es el año, visto desde el presente, que representa la cima en la contribución científica de Torres Quevedo, y el año que España debe reivindicar

como propio en la Historia mundial de la Ciencia y la Tecnología. Leonardo Torres Quevedo, con ocasión de la celebración del centenario del aritmómetro de Thomas de Colmar, presenta en París su *aritmómetro electromecánico*, materialización de las ideas teóricas sobre las máquinas analíticas avanzadas años antes en sus *Ensayos*. Esta nueva creación, que contiene las diferentes unidades que constituyen hoy una computadora (unidad aritmética, unidad de control, pequeña memoria y una máquina de escribir como órgano de salida y para imprimir el resultado final), debería consagrar internacionalmente a nuestro ingeniero como el inventor del primer ordenador en el sentido actual de la historia.

En 1922, a punto de cumplir los setenta años, presenta el *segundo ajedrecista*, en el que, bajo su dirección, su hijo Gonzalo introdujo diferentes mejoras, especialmente de presentación, que permiten una más clara intelección de la dimensión que supone esta aportación. Será su última gran obra. Durante los años siguientes, mientras recibe innumerables honores y condecoraciones, y ostenta la representación de la Ciencia española en los organismos internacionales, patentará creaciones menores: mejoras en las máquinas de escribir (1923), dispositivos para la paginación marginal de libros (1926), aparatos de proyección (1930), etc.

Con la llegada de la República, su antiguo *Laboratorio* se constituiría en el origen de la *Fundación Nacional para Investigaciones Científicas y Ensayos de Reformas*, la nueva institución pública que debía ocuparse de poner en relación las Ciencias aplicadas con la actividad industrial y empresarial, vacío que ni la Universidad ni la *Junta para Ampliación de Estudios* habían logrado llenar.

Para entonces nuestro ilustre ingeniero llevaba algún tiempo ya en retirada. Aunque la «genialidad» ni se hereda ni se transfiere, y D. Leonardo no pudo dejar «escuela», sí encontró quién le sucediera como figura máxima y representante nacional e internacional de la Ciencia española. Será aquél joven Catedrático de Electricidad y Magnetismo al que había acogido en su *Laboratorio de Mecánica Aplicada*, en 1909, para que fuera organizando el *Laboratorio de Investigaciones Físicas* de la JAE: Blas Cabrera Felipe. Efectivamente, Cabrera le acompañaría en la Academia de Ciencias de París y en la Academia Española de la Lengua; y le sucedería, entre otros, en el Comité Internacional de Pesas y Medidas, en las Comisiones de Cooperación Internacional de la Sociedad de Naciones, en la Presidencia de la Academia de Ciencias, etc.

Todo ello alcanzó a verlo nuestro insigne sabio antes de fallecer, en el Madrid sitiado de la Guerra Civil, el 18 de diciembre de 1936.

Gracias a las tareas de difusión realizadas en las últimas décadas, muy especialmente desde la asociación *Amigos de la Cultura Científica*, la comunidad científica ha empezado a reconocer que Leonardo Torres Quevedo es, sin ninguna duda, una de las figuras cumbres en la Historia mundial de la Informática. Hoy ya está aceptado que a él se debe la invención del primer mando a distancia. En la actualidad, la

Aeronáutica mundial entiende que sus contribuciones siguen vigentes, después de más de cien años, constituyendo «presente» en la Aerostación dirigida.

Hacer saber a la Sociedad que Leonardo Torres Quevedo es, por derecho propio, «el más prodigioso inventor de su tiempo», constituye una labor colectiva en la que debemos colaborar todos. Sirvan estas líneas como un paso más en ese sentido.

REFERENCIAS

- GARCÍA SANTESMASES, J. (1980) *Obra e inventos de Torres Quevedo*. Madrid, Instituto de España.
- GONZÁLEZ DE POSADA, F. (1992) *Leonardo Torres Quevedo*. Madrid, Fundación Banco Exterior.
- GONZÁLEZ DE POSADA, F. GONZÁLEZ REDONDO, A. y F.A. & ALONSO JUARISTI, P. (1993, 1994 y 1999) *Actas de los I, II y III Simposios «Leonardo Torres Quevedo: su vida, su tiempo, su obra»*. Madrid, Amigos de la Cultura Científica.
- GONZÁLEZ DE POSADA, F., GONZÁLEZ REDONDO, F.A. & TRUJILLO JACINTO DEL CASTILLO (eds.) (2001, 2002, 2004a y 2004b) *Actas de los I, II, III y IV Simposios «Ciencia y Técnica en España de 1898 a 1945: Cabrera, Cajal, Torres Quevedo»*. Madrid, Amigos de la Cultura Científica.
- GONZÁLEZ DE POSADA, F. & GONZÁLEZ REDONDO, F.A. (2007) *Leonardo Torres Quevedo y la conquista del aire*. Madrid, Amigos de la Cultura Científica-Junta de Castilla La Mancha.
- GONZÁLEZ REDONDO, F.A. (2009) *Leonardo Torres Quevedo*. Madrid, AENA.
- RODRÍGUEZ ALCALDE, L. (1974) *Biografía de D. Leonardo Torres Quevedo*. Santander, Institución Cultural de Cantabria.
- www.academiadelanzarote.es
- www.torresquevedo.org

