

Leonardo Torres Quevedo

Félix García Merayo

Vicepresidente de ACTA



Revista Digital de ACTA

2013

Publicación patrocinada por



Leonardo Torres Quevedo

© 2013, **Félix García Merayo**

© 2013,  ACTA

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Se autorizan los enlaces a este artículo.

ACTA no se hace responsable de las opiniones personales reflejadas en este artículo.

*Una cabeza bien formada
será siempre mejor y preferible
a una cabeza muy llena*

M. de Montagne

El escrito más completo sobre la obra del ingeniero español Leonardo Torres Quevedo se debe a la pluma del profesor José García Santesmases, desaparecido en 1989. Tanto la biografía de Torres Quevedo como la descripción detallada y rigurosa de todos sus trabajos e inventos está, sin duda alguna, profundamente documentada en ese texto y siempre basada en una extensa y moderna documentación recogida y cercana a nuestra época. El citado trabajo, titulado *Obra e Inventos de Torres Quevedo*, forma parte de una colección dedicada a la cultura y a la ciencia, colección que publica una prestigiosa institución como es el Instituto de España. La aludida obra nos ha servido de fuente principal, además de otras, para la redacción de este artículo.

El Ingeniero de Caminos D. Leonardo Torres Quevedo, *con algunos de sus aparatos contribuyó apreciablemente al progreso técnico; como inventor y constructor de originalísimos mecanismos de cálculo puede ser considerado el creador de la Automática y ciertamente un precursor de los actuales computadores.* Son estas frases dedicadas por el Profesor Alberto Dou a Torres Quevedo las que resumen mejor que nada la vasta obra del insigne ingeniero español.



Figura 1. Don Leonardo Torres Quevedo.

RESUMEN BIOGRÁFICO

Leonardo Torres Quevedo nació en Santa Cruz de Iguña, Cantabria, pueblo natal de su madre situado en el valle del mismo nombre, el 28 de diciembre de 1852. De ascendencia bilbaína por parte de su padre, Luis Torres Vildósolo y Urquijo, y montañés por parte de su madre, Valentina Quevedo de la Maza. Precisamente, el pasado año 2012 se ha celebrado el 160 aniversario de su nacimiento,

acontecimiento celebrado con innumerables presentaciones, conferencias, mesas redondas y exposiciones sobre su vida y su valorada obra. La última exposición, coincidente con una mesa redonda, se celebró en la Escuela de Ingenieros de Telecomunicación de Madrid con motivo de la Semana de la Ciencia el pasado mes de noviembre. En ella pudieron contemplarse varios de sus inventos que se conservan en el Museo Torres Quevedo de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos de Madrid.

Contaba 84 años cuando le sobrevino la muerte el 18 de diciembre de 1936. Don Leonardo tuvo dos hermanos; Joaquina, nacida en 1851 y Luis, en 1855.

Torres Quevedo pasó la infancia con sus padres en Bilbao, donde también cursó el bachillerato, estudios que finalizó en 1868, cuando tenía 16 años y la reina Isabel II dejaba el trono para pasar al destierro. Finalizados éstos, los padres decidieron mandarlo a París dos años a proseguir estudios con los Hermanos de las Escuelas Cristianas. En esa estancia lejos de su tierra debió gestarse el espíritu creador de Leonardo.

De vuelta a España, residió de nuevo en Bilbao pero en casa de unas parientas de la familia, ya que sus padres se encontraban en aquel momento en Andalucía. Su padre, Ingeniero de Caminos, trabajaba para una empresa en el ferrocarril Sevilla-Cádiz. Los padres fijaron su residencia en Madrid en 1870 y allí decidió Don Leonardo cuál sería su carrera. Poseía unas condiciones extraordinarias para las matemáticas y la mecánica, por lo que sería Ingeniero de Caminos como su padre, ingresando en la prestigiosa Escuela en 1871. Cinco años más tarde, en 1876, vería culminadas sus aspiraciones, finalizando la carrera con el número cuatro de una promoción de siete alumnos. En esa Escuela adquirió una auténtica formación matemática, científica y tecnológica. En palabras de su hijo Gonzalo, su padre era inteligente y poseía una rica imaginación; de pensamiento claro y amplio, abarcando la ingeniería, la cosmografía y la mecánica; era un gran investigador a la vez que creador.

Comenzó profesionalmente trabajando en los ferrocarriles como su padre, pero por muy poco tiempo. Enseguida inició un largo periplo por varios países europeos: Francia, Suiza, Italia... contemplando y viviendo en todos ellos los adelantos técnicos y científicos de la época. Comenzó a su vuelta las primeras investigaciones sobre máquinas para la solución de ecuaciones y sobre la construcción de transbordadores.

Se casó en 1885 con la vallisoletana Luz Polanco y Navarro, aunque también montañesa por sus padres, con la que tuvo ocho hijos: Leonardo, que murió a los dos años, Gonzalo, Luz, Valentina, Luisa, Julia, también fallecida en la infancia, Leonardo y Fernando.

Don Leonardo vivió en Madrid durante toda su madurez. Tuvo su domicilio en la céntrica calle de Válgame Dios, número 3, próxima a la calle de Alcalá y a la del Barquillo. Allí dedicó la mayor parte de sus horas al estudio, la investigación y al diseño de sus inventos. Dice el profesor Santesmases que *allí germinarían nuevas ideas que luego pondría en práctica en su laboratorio de Automática que el Estado puso a su disposición a principios de siglo (XX) [...] Pero, también, parte del tiempo lo pasaría con su familia a la que quería entrañablemente. Era de un carácter*

simpático, afable y llano que se manifestaba por igual con todo el mundo [...] Fue modesto y sencillo.

En 1893 presentó a la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales su primera memoria sobre las máquinas algebraicas. Academia de la que llegaría a ser su Presidente.

Era muy frecuente en él la asistencia a tertulias como las del Ateneo de Madrid, del Café Suizo y de la Elipa. Ingresó en la Real Academia Española, sucediendo a Pérez Galdós, en 1920, y en su discurso de ingreso se declaró *profano en achaques literarios*.



Figura 2. Torres Quevedo a los 20 años.

Entre las muchas distinciones y honores, además de los ya dichos, han de añadirse los que siguen: Asociado de la Academia de Ciencias de París, de la de Buenos Aires, de la Sociedad Científica Argentina y de otras nacionales y extranjeras. Fue comendador de la Legión de Honor francesa; poseía las grandes cruces españolas de Alfonso XII y Carlos III; fue Inspector honorario del Cuerpo de Ingenieros de Caminos.

La fortuna heredada de las parientes con las que había convivido le permitió independizarse de su profesión de ingeniero, pudiendo de esa manera dedicarse de lleno a sus investigaciones y a sus inventos. En este contexto, D´Ocagne, contemporáneo de Don Leonardo y al que había conocido en París, dijo de él: *posiblemente es el más prodigioso inventor de nuestro tiempo*. Y en este sentido no se sintió aludido por la célebre frase negativa de Miguel de Unamuno, *que inventen ellos*.

Decía el profesor Rey Pastor que había existido una generación del 98, movimiento de regeneración nacional, pero en este caso se estaba refiriendo a otra muy distinta a la de Miguel de Unamuno, Ganivet, Ortega y Gasset, Azorín y otros: la integraban científicos y descubridores. En ella, la *generación científica del 98*, incluía Rey Pastor a Santiago Ramón y Cajal, Eduardo Hinojosa, Marcelino Menéndez Pelayo y Leonardo Torres Quevedo.

Reproducimos unas frases pronunciadas en alguna ocasión por Don Leonardo. Deberían ser meditadas en profundidad, sobre todo por aquellas generaciones de personas que aspiran a ser enseñantes e investigadores: [...] *aconsejaría a los jóvenes que desean dedicarse a la docencia y a la investigación científica que hagan*

examen de conciencia y piensen si tienen realmente vocación para ello, pues sólo con esta premisa es aconsejable dedicarse a esta carrera.

LAS MÁQUINAS DE CALCULAR

Leonardo Torres Quevedo presentó en 1893, a los 41 años, su primer trabajo en forma de memoria sobre las máquinas de calcular. Lo hizo en la Real Academia de Ciencias. Su memoria fue contestada favorablemente por el Académico D. Eduardo Saavedra. Evidentemente, por su edad no parece que Don Leonardo fuera un inventor improvisador sino más bien concienzudo, trabajador y profundo. Con tal máquina se proponía resolver ecuaciones polinómicas de cualquier grado. Pocos años más tarde, en 1895, mediante una comunicación, daba a conocer en la Academia de Ciencias de París un resumen de la memoria anterior presentada en España. El título fue *Sur les machines algébriques*.

Don Leonardo ya advirtió que su máquina no guardaba relación alguna con las que le habían precedido, como las de Wilhelm Schickard (1592-1635), Blaise Pascal (1623-1662), Leibnitz (1646-1716) o Charles Babbage (1791-1855), constructor de la máquina de diferencias. Refiriéndose a este último, comentó que el fracaso de Babbage se debía a que la tecnología mecánica por él empleada no había conseguido precisión suficiente, aunque también añadiría: *Fue necesario el genio de Babbage para afrontar el problema y, sin embargo, aunque durante largos años el ímprobo trabajo le dedicó por entero su gran inteligencia, aunque gastó a manos llenas en estudios su dinero y el de su país, no obtuvo ningún resultado satisfactorio*. En una palabra, y de acuerdo con los hitos descritos, puede concluirse que el español Torres Quevedo fue también un precursor de la Cibernética.

En 1900 presentó un nuevo proyecto más detallado de su máquina a la misma Academia francesa, a la vez que otro modelo para calcular las soluciones reales de ecuaciones de segundo grado. Esta vez su título fue *Machines à calculer*. La construcción de tal máquina comenzó, siempre según información de su hijo Gonzalo, en 1910, finalizando en 1920.

El proyecto inicial antes aludido permitía construir una máquina capaz de resolver ecuaciones de hasta ocho términos, ecuaciones de coeficientes reales o complejos con soluciones, no sólo reales, sino también complejas.

Torres Quevedo, padre de la Automática, clasificó las máquinas de calcular en dos grandes grupos dependiendo de cómo se regularan sus acciones: analógicas y digitales. Las acciones de las primeras eran comandadas por fuerzas continuas, mientras que las segundas obedecían a fuerzas intermitentes. Se trataba, respectivamente, de sistemas analógicos y sistemas digitales o numéricos. Las calculadoras analógicas registran los números con los que realizan los cálculos mediante la utilización de ruedas dentadas, corrientes eléctricas, etc. Esas máquinas eran, por tanto, de tipo mecánico. Luego lo serían electromecánicas y, por fin en nuestros días, lo son electrónicas.

El profesor francés Raymond decía en 1954: *Farcot y Watt son los inventores de los servomecanismos, pero Torres Quevedo toca los problemas de la Automática,*

refiriéndose a la introducción en la física, por parte de Don Leonardo, de los circuitos de conmutación mediante la utilización de relés.

Por la extensión que ello requeriría, no se va a entrar aquí en la descripción detallada de cada una de sus máquinas analógicas, pero sí se hará una enumeración de los elementos más fundamentales comunes a todas ellas.

El *aritmóforo logarítmico* más simple inventado por Torres Quevedo se componía de dos discos que giraban alrededor de su propio eje. Uno de ellos, el principal, contenía una graduación logarítmica, y el secundario estaba dividido en partes iguales moviéndose accionado por el principal de forma que cuando el principal daba una revolución completa, el secundario, que jugaba el papel de índice, giraba una única división.

Realmente, el aritmóforo estaba compuesto por varios grupos de tambores giratorios T , T' y T'' , tal como se indica en la Figura 3. El primero de ellos está dividido en varias bandas circulares graduadas y numeradas conteniendo una graduación logarítmica.

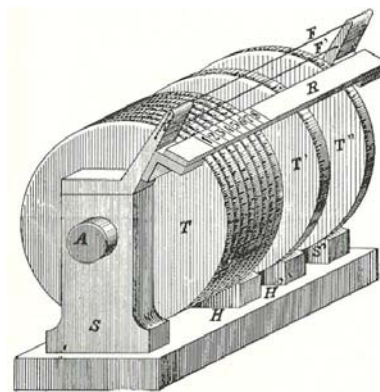


Figura 3. Aritmóforo de tambor.

El objetivo del aritmóforo es exclusivamente la representación de números, de cantidades, empleando para ello la escala logarítmica. Aritmóforo significa eso, *llevar los números de la escala*. El uso de los logaritmos transforma los productos en sumas para así construir los polinomios que son suma de monomios.

Otra de las partes constitutivas de las máquinas de calcular era el *tren exponencial*, sistema mecánico que permitía establecer una relación de tipo proporcional, $p=nx$, o exponencial, $p=x^n$, entre las velocidades n de dos ruedas dentadas. Uno de estos mecanismos utilizado por el inventor, en su expresión más simple, se muestra en la Figura 4.

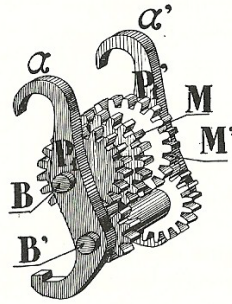


Figura 4. Un tipo de tren exponencial simple.

Cuando es necesario cambiar la relación n entre velocidades ha de hacerse sustituyendo el tren exponencial original por otro.

Con un sólo tren exponencial debidamente montado se puede construir una máquina con la que representar una ecuación del tipo $y=x^n$. Uno de estos modelos más avanzado lo utilizó Torres Quevedo para resolver la ecuación trinomia.

El *husillo sin fin* es sin duda el componente más ingenioso ideado para la máquina de cálculo del que *no se conoce ningún antecedente* según Eduardo Saavedra, firmante del informe sobre la memoria presentada por Don Leonardo a la Academia.

Este husillo tenía por objetivo establecer la relación siguiente entre dos ruedas r y q : $r=\log(10^q+1)$. Cada husillo consta de una serie de dientes en hélice dispuestos sobre una superficie cónica terminada en sendas ruedas dentadas.

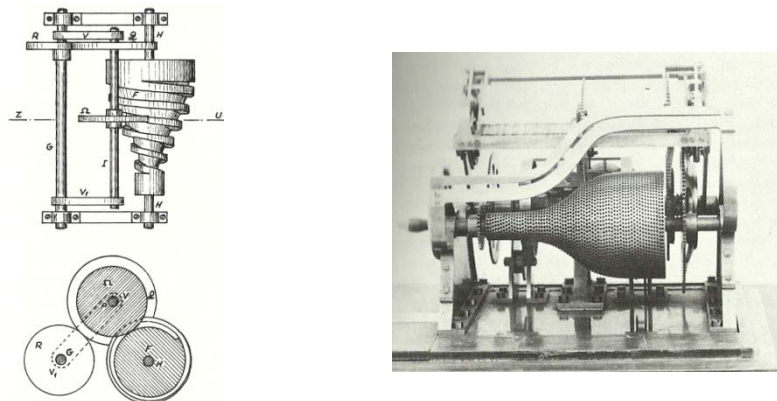


Figura 5. Esquema, alzado y planta, y aspecto frontal de un husillo.

En la Figura 6 se muestra el aspecto exterior de la máquina cuyos componentes internos se han descrito y cuyo resumen sería el que sigue a continuación.

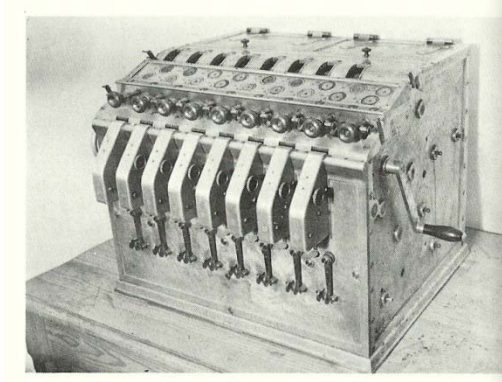


Figura 6. Vista exterior de la máquina algebraica.

Se trata de una máquina de cálculo analógica totalmente mecánica en la que los desplazamientos angulares de su aritmóforo son proporcionales a los logaritmos de las cantidades que se representan en ella. El husillo sin fin tiene por objeto expresar la relación funcional logarítmica $y = \log(10^x + 1)$ con la que convertir el logaritmo de una suma en suma de logaritmos. Con la máquina pueden resolverse ecuaciones algebraicas de ocho términos con soluciones reales o complejas y con resultados aproximados hasta las milésimas.

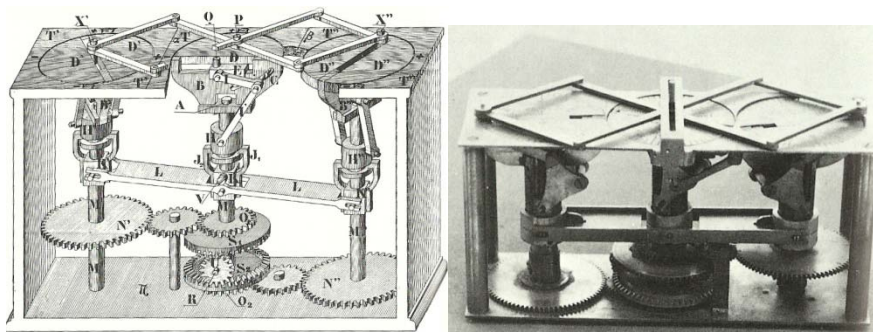


Figura 7. Esquema y vista de la máquina para la solución de ecuaciones trinomias.

Otra de las máquinas analógicas debida a Torres Quevedo fue la destinada a calcular las raíces de una ecuación trinomia, es decir, de segundo grado con coeficientes reales o complejos. La máquina fue construida en la primera época de sus inventos y presentada también en Francia, en la Academia de Ciencias de París. En la figura 7 se representan un esquema interior de sus mecanismos así como una vista exterior de la misma. Se conserva un modelo de la misma en el museo de la Escuela de Caminos de Madrid.

Torres Quevedo tuvo aún ocasión de realizar otros inventos analógicos como el integrador de ecuaciones diferenciales del tipo $y' = dx/dy$ y, en general, aparatos con los que representar determinadas leyes matemáticas. Con todo ello se hizo acreedor y pionero en establecer ejemplos de la analogía que existe entre los mecanismos, los *sistemas mecánicos*, y las expresiones algebraicas. Estos ejemplos los presentó Don Leonardo en la Sección de Ciencias Exactas del Ateneo de Madrid

en noviembre de 1900 muy poco después de su presentación en París el mismo año, de su memoria *Sur les Machines à calculer*.

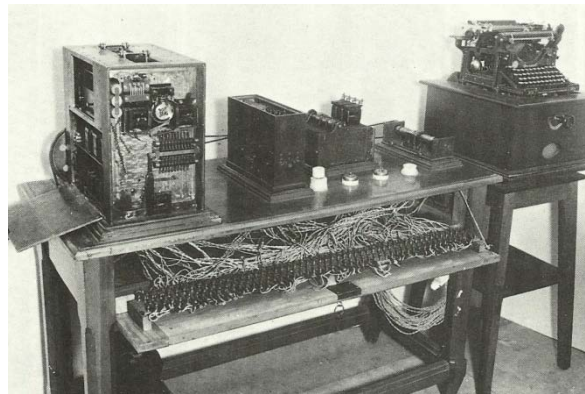


Figura 8. Vista de un aritmómetro electromecánico.

Finalmente, referirnos, aunque sea de una manera muy resumida, a sus trabajos sobre las máquinas digitales precursoras de la Informática, en general, y de los ordenadores en particular. Se llega así a la realización de Torres Quevedo basada en la máquina de Babage pero ahora con solución electromecánica, invento que presentó en París en 1920. Su diseño contenía, entre otras componentes, un aritmómetro electromecánico. Don Leonardo ya señalaba entonces que *estas máquinas pertenecen a un capítulo nuevo de la ciencia de las máquinas, que se podría llamar Automática*. En la figura 8 se muestra una fotografía de uno de estos aritmómetros con la disposición de sus partes mecánicas, como la máquina de escribir, o las eléctricas como el propio aritmómetro.

Con esta máquina se podían realizar las cuatro operaciones aritméticas. Tanto de la introducción de los datos de la operación como del resultado obtenido se ocupaba la máquina de escribir, única componente manipulada por el usuario; los cálculos eran automáticos y el aritmómetro comandaba eléctricamente a la máquina de escribir para mostrar los resultados. Para sumar, por ejemplo, bastaba teclear entre los datos el símbolo $+$. Para multiplicar dos datos, debía escribirse entre ellos el signo de la multiplicación. Téngase en cuenta que también la máquina de escribir de Torres Quevedo fue una adaptación al caso. En cierto sentido, se trata de una máquina de *programa fijo almacenado* en su aritmómetro.

EL AUTÓMATA AJEDRECISTA

La Inteligencia Artificial es un conjunto de técnicas y procedimientos que, mediante el empleo de la informática, permite la realización automática de operaciones hasta ahora exclusivas de la inteligencia humana. Entre esas técnicas se cuentan los sistemas expertos y las redes neuronales. Se trata pues de técnicas aparecidas a la sombra de la cibernética y de la informática y, por consiguiente, emergentes a mediados del pasado siglo.

Como producto de la inteligencia artificial aparecen los autómatas, aunque tenemos noticia de su existencia muy lejos en el tiempo. Un autómata es una máquina que imita la figura y los movimientos de un ente animado. Cuando imita la figura humana, recibe el nombre de androide.

Se tienen noticias de autómatas ya en tiempo de los griegos. Se dice que Arquitas construyó una paloma de madera que volaba por medio de una fuerza mecánica. También nos dice la leyenda que el matemático Alberto el Grande, siglo XIII, construyó un portero que vigilaba y abría la entrada de su casa, incluso saludando. Llegamos al siglo XVIII en el que un tal Vaucanson ideó un pato artificial que nadaba, batía las alas e incluso cogía granos con el pico. También construyó un flautista, expuesto en París en 1738.

Se han construido muchos autómatas que juegan, se mueven e incluso emiten sonidos. En este sentido, el ajedrez ha tenido varios progenitores. Uno de ellos, el húngaro barón de Kempelen, construyó a finales del XVIII un tablero con el que se dice jugó contra Catalina II y contra Napoleón I. No obstante, disimulaba el engaño, ya que tenía un hombre oculto que dirigía las jugadas.

Torres Quevedo también construyó un verdadero autómata ajedrecista de tipo electromecánico. Realmente, produjo dos máquinas en las que el rey y la torre blancos, movidos automáticamente por la máquina, juegan contra el rey negro manipulado por el jugador contrincante. Siempre gana la máquina: la primera de ellas tardaba un tiempo en dar jaque mientras que la segunda lo hacía más rápidamente.

El primer ajedrecista se terminó hacia 1912 y fue presentado en París en 1914. Fue el hijo de Don Leonardo, Don Gonzalo, el que, bajo la supervisión de su padre, construyó una máquina más elegante y con tablero horizontal; la primera de ellas lo tenía en posición vertical.

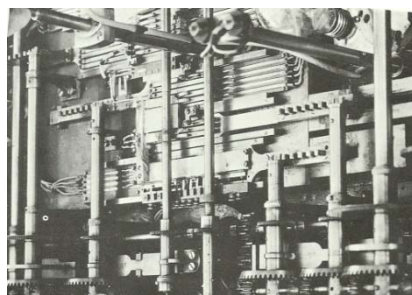


Figura 9. Vista interior del autómata ajedrecista.

La base del rey negro es conductora y cierra unos determinados circuitos al posicionarse sobre uno de los cuadrados; las bases de las piezas blancas contienen sendas bolas de acero ocultas que son movidas, de una posición a otra, por medio de unos ejes accionados por electroimanes y ruedas dentadas situados debajo del tablero. Cada una de las casillas del tablero está formada por tres piezas metálicas separadas una de otra por una sustancia aislante. De este modo el autómata conoce la fila y la columna de cada casilla.



Figura 10. El ajedrecista gana al Rey Juan Carlos.

El autómata sigue un conjunto de reglas de acuerdo con un árbol de decisiones para dar mate, reglas que constituyen el propio programa de acción. Tales reglas dependen de cuál sea la posición del rey negro. Si el contrincante comete algún error al moverse de un cuadro a otro sin respetar las reglas del movimiento, la máquina le avisará por medio de un pequeño altavoz.



Figura 11. Tablero del segundo autómata ajedrecista.

La figura 11 muestra una fotografía de la segunda máquina ajedrecista. Puede observarse que mediante una pequeña pantalla anuncia el jaque mate y, por tanto, el fin de la partida.

EL TELEKINO

Parece que la idea de diseñar y construir este aparato, auténtico autómata de la telemecánica, comenzó a gestarse en Torres Quevedo por los años 1901 o 1902. Fue un aparato pionero en las técnicas del mando a distancia por medio de las ondas hertzianas. También parece que la intención de construirlo tenía como objetivo controlar el vuelo de los dirigibles sin arriesgar vidas humanas necesarias para los ensayos. El telekino consistía en una estación receptora montada sobre el vehículo a mover y de una emisora de ondas hertzianas situada a distancia.

El telekino fue presentado, mediante una memoria, en la Academia de Ciencias de París en el año 1903, además de hacer en el mismo momento una demostración experimental.

Otra de las demostraciones del aparato tuvo lugar en el frontón del siglo XIX Beti-Jai, en Madrid, en los años 1904 y 1905, comandando el movimiento de un triciclo en el que estaba instalado el aparato. Torres Quevedo había obtenido permiso para llevar a cabo los ensayos en dicho recinto además de una subvención de 200.000 pesetas.

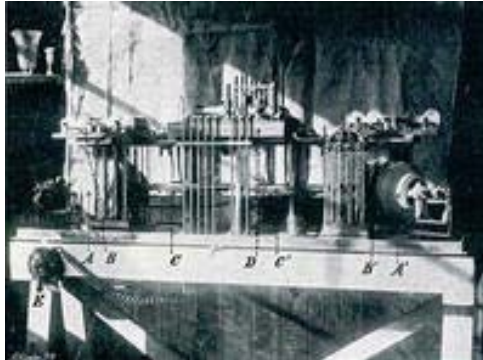


Figura 12. Telekino instalado en el frontón Beti-Jai de Madrid.

Posteriormente, en noviembre también de 1905, se realizaron nuevas pruebas en Bilbao, desde la terraza del Club Marítimo del Abra. En esta ocasión el telequino iba montado en un bote con ocho personas y las órdenes fueron dadas desde la terraza del club por el propio Torres Quevedo. Las órdenes consistían en maniobrar hacia delante, hacia atrás, virar a un lado u otro, parar, reiniciar la marcha, todo ello a lo largo de la ría de Algorta. Toda la maniobra se realizó con *precisión matemática*, según crónica recogida en la revista *Energía Eléctrica* en 1905.

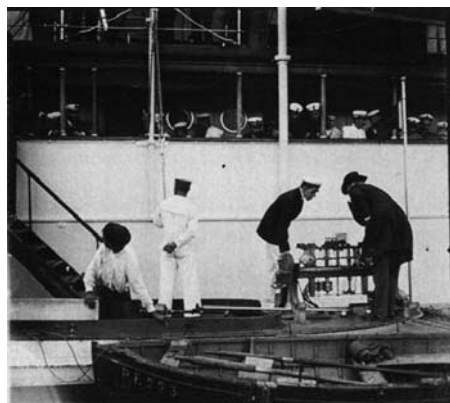


Figura 13. Alfonso XIII observa el ensayo del telekino en el Club Marítimo del Abra.

Un año más tarde se realizaron nuevas pruebas en el estanque de la Casa de Campo de Madrid y posteriormente, en septiembre de 1906, y en presencia de Alfonso XIII, de nuevo en Bilbao.

Por falta de la necesaria financiación no pudo lograr su intención de aplicar el telekino en el comando de proyectiles y torpedos.

EL TRANSBORDADOR

Fue un invento gestado al mismo tiempo que su máquina de calcular. Podemos hablar de cuatro proyectos de transbordador, desde el más simple al más evolucionado, que es el que aún funciona en las Cataratas del Niágara.

Recién casado, Torres Quevedo fijó su residencia en Portolín, un pueblo de la provincia de Santander. Allí decidió acometer en 1887 la obra del primero de sus transbordadores. Se trataba de conectar el valle de los Venenales, cercano a su lugar de residencia, situado a 40 metros de altura sobre el nivel más bajo. El aparato recorrería un total de 200 metros. La silla o barquilla del artefacto, con capacidad para una persona, se movía mediante la fuerza animal de dos vacas a modo de motor de arrastre.

Animado por el éxito de este primer funicular, se decidió por un segundo proyecto. Se trataba de atravesar el valle de Iguña, recorrido por el río León, entre el pico de Pando y los Picones. Esta vez, el transbordador era movido por un motor mecánico. Se empleó para el transporte de materiales pero no de personas.

Poco tiempo después, el matrimonio Torres Quevedo fijó su residencia en Madrid de donde ya no se movería.

En el año 1890 viajó por Suiza donde ya existían funiculares. Uno de sus objetivos era presentar su proyecto de transbordador, pero no tuvo éxito alguno. Incluso fue recibido con ironía y sarcasmo por parte de la prensa nacional de ese país. Ante el fracaso, de regreso a su país, se dedicó de lleno a su máquina algebraica de la que ya se ha hablado.



Figura 14. Barquilla del transbordador de Monte Ulía en una postal de la época.

No obstante, nunca abandonó la investigación sobre los transbordadores. Como consecuencia, en octubre de 1907 se ponía en marcha el tercer proyecto ejecutado: el transbordador funicular de Monte Ulía, San Sebastián. Constituía el primer funicular para transportar personas en su barquilla. El funicular partía desde la parte superior del monte y llegaba hasta la Peña del Águila con un recorrido casi horizontal de 280 metros. La diferencia de alturas salvada era de sólo 28 metros. Las estadísticas nos dicen que en 1908 transportó unas 13.000 personas. En cada viaje podía llevar hasta 14 personas. Dejó de funcionar en 1912.

La barquilla se movía por seis carriles formados por cables de acero sobre los que se deslizaban seis ruedas, tres a cada uno de sus lados y separadas entre sí por una anchura igual a la de la barquilla. Otro cable se encargaba del remolque o tracción de la barquilla.

El hecho de poseer seis carriles proporcionaba la seguridad máxima al conjunto ante la posible rotura de uno de ellos. Por otra parte, la tensión soportada por los cables de los carriles no dependía de la carga transportada puesto que disponía de un contrapeso que hacía que la tensión sobre ellos fuera constante.

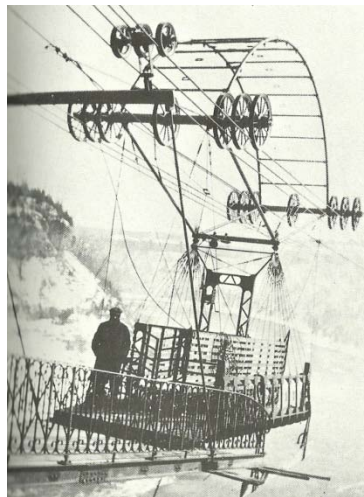


Figura 15. Barquilla del funicular del Niágara desembarcando.

El último de los transbordadores del que vamos a hablar es el conocido como funicular del Niágara. El proyecto y sus principios constructivos son muy parecidos, aunque más evolucionados, a los del que acaba de describirse. Se decidió construirlo aguas abajo, a unos 4,5 km. de las cataratas, en un lugar donde el río forma un remolino, *Whirlpool*, con sus extremos en Ontario, Canadá, entre las estaciones Colt's Point y Thomson Point.



Figura 16. El Spanish Aerocar en la actualidad.

Las obras se iniciaron en julio de 1915, finalizando al año siguiente. Para llevar a cabo la construcción del funicular y su posterior explotación se constituyó la sociedad de capital exclusivamente español *Niagara Spanish Aerocar Co. Limited*. La dirección de la construcción recayó en el Ingeniero de Caminos Don Gonzalo Torres-Quevedo, hijo de Don Leonardo.

El coche o barquilla, construido en España y luego montado en Canadá, podía llevar 24 pasajeros sentados y 21 de pié, además del conductor.

Desde su puesta en marcha, el funicular sigue operativo con la denominación de *Spanish Aerocar*.

LOS DIRIGIBLES

En distintas épocas de la historia de la humanidad, el hombre ha deseado volar como lo hacen algunas aves. Ello sucedió, por ejemplo, con Leonardo da Vinci o con los hermanos Montgolfier en Francia, entre otros. A finales del siglo XIX y principios del XX, la aerostática cobró suma importancia preocupándose por crear *máquinas voladoras* que presentaran, sobre todo, alta seguridad.

Torres Quevedo también se vio envuelto en esta corriente investigadora y científica y así en 1902 presentó un anteproyecto sobre dirigibles en la Academia de Ciencias de Madrid y de París, memorias informadas, respectivamente, por Echegaray y por Appell. En dicha memoria se señala el principal problema que presentaban los dirigibles de la época, como era su problemática estabilidad motivada por la propulsión debida a una hélice y con una barquilla demasiado alejada de la estructura principal del globo dirigible. Este proyecto fue soportado económicamente por el gobierno español.

Los dirigibles de la época eran de forma alargada para favorecer la velocidad, de sección transversal circular y llevaban una larga barquilla suspendida del propio globo por medio de una estructura rígida. Las innovaciones de Torres Quevedo consistieron en reformar la sección transversal, dándole forma trilobulada, y colocar el armazón de la barquilla, a modo de quilla de barco, a lo largo y en el interior del globo.

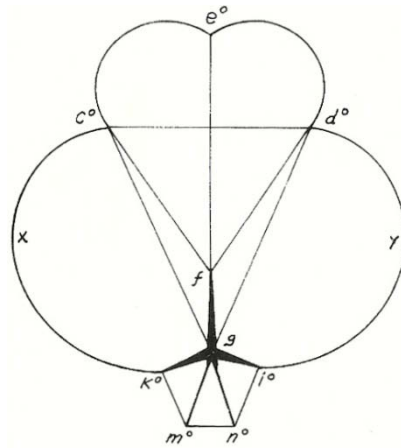


Figura 17. Sección transversal lobulada del dirigible Torres Quevedo y de su barquilla.

La construcción del primer dirigible, el *España*, comenzó en 1905 y fue una realidad al año siguiente. Colaboró en dicho proyecto el capitán de ingenieros Sr. Kindelán. No obstante, los primeros ensayos no llegaron hasta 1908, realizándose éstos en el Parque Aerostático Militar de Guadalajara. Las pruebas constituyeron un rotundo éxito.

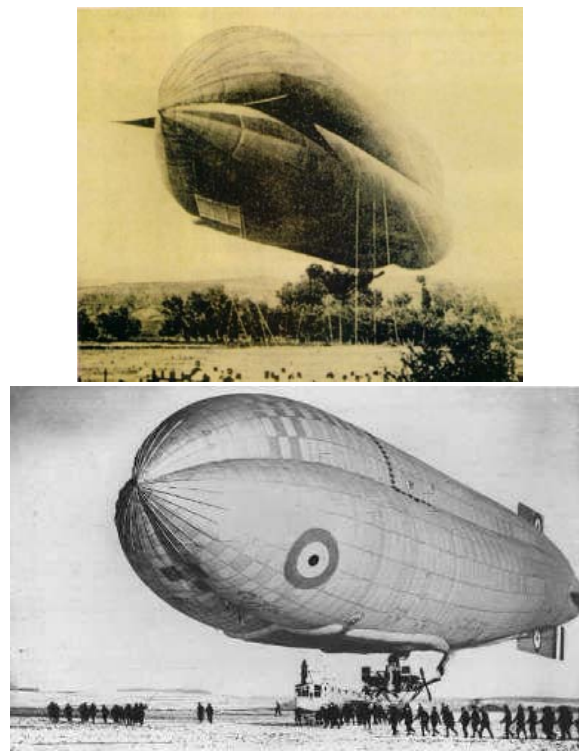


Figura 18. Pruebas del primer dirigible Torres Quevedo y dirigible Astra-Torres.

En octubre de 1908, el mismo dirigible construido en España, con ciertas modificaciones, fue ensayado en Francia, en las inmediaciones de París, y aunque ocurrió un desgraciado accidente, la Sociedad francesa *Astra* se interesó por el proyecto. Como resultado de la colaboración entre Torres Quevedo y *Astra*, se construyó un segundo dirigible en 1911, el *Astra-Torres*, y la recepción del producto

tuvo lugar dos años después. A partir de ese momento también adquirieron dirigibles los gobiernos francés e inglés.

La producción de dirigibles continuó y así en 1914 se construyó el Astra XV, también de forma trilobulada y con dos barquillas, de dimensiones muy semejantes a sus coetáneos Zeppelin de procedencia alemana. El Astra XV podía alcanzar los 100 Km/h de velocidad. Tales dirigibles operaron en la primera Guerra Mundial en 1914, en los ejércitos francés e inglés.

Por último, señalar la intención de Torres Quevedo en 1919 de diseñar con el ingeniero Emilio Herrera un dirigible, el *Hispania*, para el uso regular de pasajeros y capaz de atravesar el Atlántico. El proyecto nunca vio la luz por razones de financiación.

EPÍLOGO

Acabaremos este trabajo con unas líneas dedicadas sucintamente a *otros inventos* del genial ingeniero.

- ✓ *El indicador de coordenadas* era un sistema para orientarse en una ciudad. Lo propuso para Madrid y París y consistía en situar los diversos puntos de una ciudad empleando para ello coordenadas rectangulares análogas a la longitud y latitud geográficas. Esas coordenadas definitorias de una determinada posición estarían situadas (escritas) en ciertos indicadores; escogió para ello las farolas urbanas.



Figura 19. Portada de la Guía Torres para la ciudad de Madrid.

Una guía contendría la lista de calles, plazas, etc., relacionando su posición en el sistema de coordenadas por él ideado. En la Figura 19 se señalan sobre el farol las coordenadas de un punto correspondientes a la fila 26 y a la columna 87. La veleta indicaría la dirección norte.

- ✓ Otra de sus patentes fue el *puntero proyectable*. Fue un invento de los últimos años de su vida, concretamente de 1930. Estaba basado en la sombra que sobre una placa o pantalla produce un cuerpo opaco en

movimiento. El presentador tenía la opción de desplazar dicho puntero sobre cualquier lugar de la placa (hoy la llamaríamos diapositiva) al operar con un sistema articulado que era realmente el invento de Don Leonardo.

- ✓ *Balanza automática.* Torres Quevedo fue capaz de diseñar y realizar una balanza con una técnica semejante a las modernas de nuestros días. Era capaz de pesar automáticamente después de realizar algunos tanteos, pero siempre sin la intervención humana.

A MODO DE FINAL

D'Ocagne, el gran amigo francés de Torres Quevedo, dijo de él con ocasión de una conferencia pronunciada en París, entre otras cosas, lo siguiente: *Cargado de años y de gloria, en medio de los terribles acontecimientos por los cuales su país se halla cruelmente desgarrado y refugiado con su familia en un rincón un poco apartado de Madrid, se extinguió el 18 de diciembre de 1936.*

Con ocasión de la celebración del centenario del nacimiento de Torres Quevedo, el profesor Pedro Puig Adam dijo que *el mejor homenaje a su memoria es conocer su obra y divulgarla.* Y eso es lo que hemos tratado de hacer.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Página web www.torresquevedo.org/LTQ10
- ✓ Diversas páginas de Wikipedia, enciclopedia libre.
- ✓ José García Santesmases, *Obra e Inventos de Torres Quevedo*, Instituto de España, Madrid, 1980.
- ✓ María Elena Andrés Hernández, *El Telekino de Leonardo Torres Quevedo*.
- ✓ Fotografías y esquemas tomados de la publicación citada del Prof. Don José García Santesmases.
- ✓ La Ilustración Española, *El telekino en el frontón Beti-Jai*.