

Telegrafía eléctrica, óptica y transmisiones digitales (II)

FRANCISCO JOSÉ DÁVILA*, EA8EX

El «Leonardo da Vinci español» don Agustín de Betancourt y Molina (1758-1824)

Hemos querido considerar como «prehistoria» al propio telégrafo óptico de los hermanos Chappe, Claudio (1763-1805) e Ignacio Chappe. Creado en 1791, el sistema se basaba en tres brazos articulados, de madera, en unas torres de gran tamaño que debían ser movidos con mucha dificultad porque el conjunto no tenía un centro de gravedad fijo, ya que variaba con la posición de los grandes brazos de madera, lo que motivaba que la adopción de determinadas configuraciones supusiera un esfuerzo enorme.

Su realización práctica era complicada y realmente en 1791 sólo se hizo un prototipo para demostrar sus posibilidades y conveniencia (figura 8).

Los Chappe tuvieron problemas en la construcción del invento para mover, desde la base de la torre, los tres grandes brazos móviles a sus diferentes posiciones. Por ello pidieron ayuda al gran relojero Breguet, quien en 1792 tras estudiar el tema creó el complicado sistema de engranajes y cadenas. Así el telégrafo óptico Chappe, con el sistema Breguet incorporado, pudo ser mostrado el 22 de mayo de 1792 a la Asamblea Legislativa francesa, que lo adoptó inmediatamente.

El telégrafo óptico de Chappe-Breguet unió Francia con Austria el 30 de noviembre de 1794. Un mensaje normalmente tardaba cuatro días en ser entregado. La transmisión por este sistema solo duró tres horas en alcanzar su destino. El nuevo sistema, que hoy nos parecería lentísimo, fue adoptado por muchos países europeos.

Ya hemos dicho que las señales de Chappe se basaban en las diferentes posiciones que podían adoptar tres brazos de madera, unidos mediante un sistema pivoteante. El brazo central era el regulador, más largo que los otros dos (indicadores, o alas) y rotaban en la parte superior de un poste fijo vertical (figura 8). Los dos brazos laterales podían rotar libremente en el centro, con desplazamientos de 30° en 30°. Con todas las posibles combinaciones existía un vocabulario transmitible de unas 8.500 palabras, recogidas en un manual de 92 páginas. Para facilitar la transmisión y

mantener la privacidad se acordó transmitir sólo dos signos para cada palabra. Uno para la página del manual, la otra para el número ordinal que ocupaba la palabra dentro de la página. Pero recordemos que cada signo implicaba el movimiento de tres manubrios diferentes, por lo que cada palabra implicaba una notable lentitud para ser configurada y equivalía como mínimo a 6 letras por un sistema literal, como fue el de Betancourt, que además utilizaba un solo timón, sin esfuerzo aparente y casi sin necesidad de un aprendizaje previo.

Uno de los principales problemas del sistema óptico es que cada estación intermedia debería divisar claramente a la anterior y a la posterior, y se necesitaban catalejos o pequeños telescopios y días claros y soleados para conseguir, desde varios kilómetros, una lectura satisfactoria de las múltiples figuras que podían formarse. En el sistema de Betancourt, con un solo brazo móvil, la lectura por simple paralelismo de la imagen vista, aunque fuese borrosa, con la alidada del ocular, permitía una transmisión-recepción más rápida y con menos errores, lo que constituyó un notable adelanto. Pero también el sistema de Betancourt podía ser utilizado en plena noche, colocando en las puntas de los brazos de la T sendas luces de aceite, con unos dispositivos reflectores (espejos traseros y laterales) que mejoraban aún más su visibilidad, permitiendo un servicio permanente de 24 horas.

Es de señalar que el telégrafo óptico no era de uso público, sino que estaba reservado exclusivamente a los gobiernos. Se ha calculado que en condiciones favorables la velocidad efectiva para la transmisión de un telegrama era de unos 60 km/h. Aunque hoy nos parezca ridícula, era una velocidad muy grande si la comparamos con el envío por valijas en diligencia, que debían pernoctar, detenerse para cambiar caballos, satisfacer necesidades, etc.

En EEUU funcionó un servicio postal de envío de mensajes y cartas urgentes mediante jinetes a caballo (*Pony Express*) que se relevaban en el recorrido, cabalgando día y noche para llevar un mensaje



Figura 8. Telegrafía óptica: un modelo del telégrafo de Chappe.

a su destino. En velocidad promedio era similar, aunque tenía la ventaja de que podía transportar una saca de correos con cartas y mensajes, dinero, etc. Es decir, podían viajar documentos originales o sus copias, objetos e imágenes, lo que no podía hacerse por el sistema de telegrafía óptica.

La revolución de la telegrafía aparece cuando se descubre la corriente eléctrica. Alejandro Volta inventa la pila que lleva su nombre hacia 1802, André Marie Ampère (1775-1836) hace los primeros experimentos de un sistema de transmisión eléctrica, ya con corriente

continua, en los alambres, en 1820 y utilizaba como aguja de señales la indicación de un galvanómetro.

Gracias a la codificación por puntos y rayas (1844) de Samuel Finley Breese Morse (1791-1872) se tuvo la ventaja de poder utilizar solamente dos cables (el que lleva la corriente y el de retorno) e incluso uno: haciendo el retorno por tierra; pero además, con la aparición del electroimán, este sistema permitía dejar un registro escrito, de puntos y rayas, sobre un papel, lo que le confería una mayor seguridad y eficacia, pues un mensaje podía releerse, comprobarse, reenviarse, etc., con facilidad.

Se considera por la mayor parte de los autores el inicio de la Historia de la Telegrafía el 24 de mayo de 1844, cuando Morse envió la frase de la Biblia, nº 23:23 *What hath God wrought!* («Lo que Dios ha escrito»: Moisés enseñando las Tablas de la Ley a su pueblo).

Un año es mucho tiempo en el desarrollo de las Ciencias y la Técnica. Por eso insistimos en que 47 años *antes* que Morse, el canario-español Alejandro de Betancourt y Molina unió Madrid (Gabinete de Máquinas del Buen Retiro) con el Real Sitio de Aranjuez, usando el telégrafo eléctrico por él inventado y desarrollado en el Gabinete de Máquinas del Buen Retiro, de Madrid; pero llegó a la conclusión de que la incipiente electricidad estática no era aún del todo fiable, y que la telegrafía óptica era más adecuada en aquellos momentos. Por ello va a Francia junto a Abraham

* Miembro de la Real Sociedad Económica de Amigos del País, de Tenerife. Apartado de correos 39, 38200 La Laguna (Tenerife).

Luis Breguet, para darle forma a su nuevo invento. Regresa a finales de 1798 y de nuevo en el Gabinete de Máquinas del Buen Retiro fabrica las estaciones de telegrafía óptica, con las que en 1799-1800 une Madrid con Aranjuez con un éxito total. En 1800 su línea de telegrafía óptica va desde Madrid hasta Cádiz, Bayona y a los Reales sitios.

El hecho de que su sistema es diferente y muy superior al de Chappe lo confirma el propio Napoleón, quien ordena que en Francia se instalen nuevas líneas de telégrafo... «como el de Cádiz». Lo que quiere decir (dado que Napoleón conocía muy bien el sistema de Chappe) que el invento de Betancourt era más fiable y eficaz que el de hasta entonces conocido en Francia.

Hay cartas de Chappe «soltando fuegos» en contra de Betancourt, diciendo que era un sistema copiado del suyo, mutilado, que no podría funcionar nunca, etc. Chappe era el director general de Telégrafos de Francia y se comprende su reacción al pensar que la telegrafía de Betancourt podía hacer pasar al olvido su sistema. Por ello nunca admitió que se instalase en Francia ni en países de su influencia.

El puesto de honor, en esta historia, merece sin duda alguna ser ocupado por Agustín de Betancourt y Molina, que pasó del «chapeístico» lenguaje de los dinosaurios a un idioma moderno y fácil, que incluso podría seguir siendo utilizado hoy día en determinados casos. Piénsese que en el sistema de Betancourt un operador sin tener una preparación especial, con una sola mano, podía manejar la estación con toda eficacia.

Algo más sobre la telegrafía eléctrica

Hemos dicho que el sistema de telegrafía eléctrica de Betancourt, se experimentó cuando aún no existía aún la pila de Volta. Continuarla hubiese requerido gigantescas máquinas electrostáticas de Bohnenberger (precursora de la de Wimshurst, que aparecería 86 años después), enormes conjuntos de botellas de Leyden, tendidos de alambre de cobre altamente aislados (casi como hoy cables de alta tensión), con tendido de postes de madera cada 50 o 100 m durante miles de kilómetros, lo que era costoso e inviable en aquella época. El tendido a Cádiz, que se inició, era también de nueve cables. Ello indica que se utilizaba un cable común (retorno o neutro) y el resto podía enviar la información según el cable o cables que transportasen cargas eléctricas. Combinando el envío de la corriente por unos y otros los ocho cables restantes podrían transportar una codificación de hasta 256 caracteres, suficiente para enviar cifras, letras y palabras usuales. Se adelantó muchos años a su época.

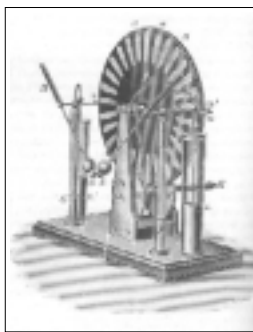


Figura 9. Máquina de Wimshurst 1883.

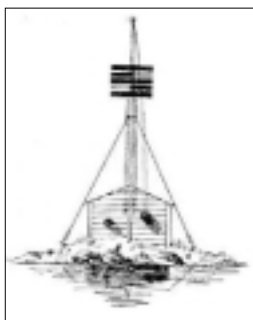


Figura 10. Sistema ruso de telegrafía óptica evolucionado (1824), con tabla «binaria» de diez bits. En la figura, el código binario transmitido sería (de izquierda a derecha y de arriba abajo) 11 10 11 01 11.

Hasta tal punto que fue denunciado por Godoy ante la Inquisición por su «herejía» al afirmar que podía enviar palabras a través de un cable electrizado. Sufriendo además burlas y amenazas de los aduleses de Godoy, Betancourt y su familia salen rápidamente de España en 1807 con destino a Rusia.

De este telégrafo óptico, invención que nada debe a Chappe, diremos que funcionó en España en 1800 (Gabinete de Máquinas del Buen Retiro, Madrid-Aranjuez-Cádiz, Bayona, Reales Sitios) un año antes de que naciese Wheastone, y 44 antes de que Morse transmitiese sus famosas primeras palabras por un cable.

¿Quién fue, entonces, el inventor de la telegrafía óptica?

Hay muchas versiones. En general, los franceses dicen que fueron los hermanos Chappe y los suizos dicen que fue el relojero Breguet su inventor. Los franceses menos chauvinistas dicen que fue Breguet, con una pequeña ayuda de Betancourt. Pero Breguet afirma personalmente que el invento es de Betancourt (aunque lo registró como «Breguet-Betancourt»). Nosotros, conociendo ahora toda esta historia, estimamos que Betancourt es el único inventor de un nuevo concepto de telegrafía, óptica, competitiva y práctica, que sitúa a la de Chappe en plena prehistoria. Es suya la creación conceptual del sistema. Toda creación conceptual es un invento, en el sentido más estricto. Se valió de Breguet para

fabricar o hacer determinadas operaciones de relojería de precisión (como el sistema de transmisión de la base de la torre a los brazos y a los oculares de los telescopios y la propia graduación de éstos). En Tenerife, y en San Petesburgo se afirma que Agustín de Betancourt fue el inventor del telégrafo óptico, dejan totalmente de lado a Breguet y no se cita a los hermanos Chappe. ¿Dónde está la verdad? ¿Quién está más cerca de ella? El investigarlo ha constituido una apasionante caja de sorpresas y en este trabajo les aportamos nuestras propias conclusiones.

La telegrafía óptica fue realmente inventada por los griegos quienes, además del telégrafo hídrico de Eneas, usaron banderas de colores, sistema que aún se usa actualmente en la marina. La telegrafía óptica mediante brazos articulados de madera que imitasen los movimientos de los brazos de una persona, fue un invento de los hermanos Chappe en 1791, mejorado mecánicamente por Abraham Luis Breguet en 1792, y en esa forma explotado por los hermanos Chappe desde 1794.

Pero la telegrafía óptica, con una flecha indicadora que transmite -y retransmite de

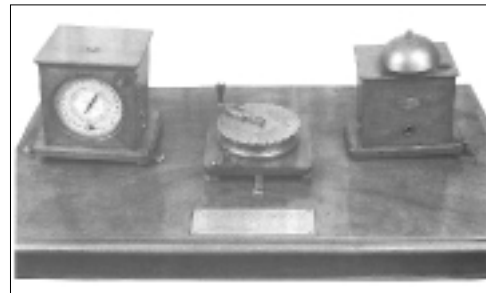


Figura 11. Equipo de telegrafía Breguet (receptor, transmisor, aviso).

forma automática- letras y números, es un invento totalmente diferente y racional, precursor de los futuros sistemas de Wheastone y de Luis Francisco Breguet. Fue pensado y diseñado por Agustín de Betancourt y Molina en 1797, quien la desarrolló como maquetas en París con ayuda del relojero Abraham Luis Breguet en 1797-1798. Ya en España construyó las estaciones a escala real en sus talleres del Gabinete de Máquinas del Buen Retiro, en Madrid, instalando líneas hasta Aranjuez, y en años sucesivos hasta Cádiz y Bayona. En 1800 se da fe de la existencia y funcionamiento de las mismas. Y en este desarrollo español del invento no participó el relojero francés, porque ahora no se trataba de pequeños mecanismos de relojería para hacer funcionar una maqueta. Eran piezas realmente de gran tamaño para lo cual eran suficientes los tornos españoles del Buen Retiro operados por el ingeniero don Agustín.

Ya citamos que el propio Napoleón, viendo funcionar este sistema, quiso que se instalase en Francia, diciendo literalmente que quería que fuesen líneas como «la de Cádiz».

El puesto que ostentaba de director general de Correos, inspector general de Caminos y Calzadas, etc., probablemente le facilitaron mucho la labor de establecer las nuevas líneas telegráficas y se dice que de 1801 a 1807, fecha en que termina su estancia en España y comienza el exilio, son años llenos de grandes éxitos profesionales para Betancourt.

Al final de su vida, en Rusia, siendo capitán general de los Ejércitos del Zar; pero con añoranza de España y deprimido, se encarga al mayor general Kozen (¿quizás a sus órdenes?), el diseño de un enlace óptico de nuevo diseño entre San Petesburgo y Pähkinänlinna, junto al lago Ladoga (figura 10). Se puso en funcionamiento en 1824, lo que quiere decir que Betancourt tuvo que tener conocimiento de los preparativos, diseño, pruebas, etc., y es muy probable su colaboración en el tema, dada su experiencia en la telegrafía óptica, sus conocimientos matemáticos y su importantísimo cargo militar. La línea se utilizó para transmitir información de movimiento de barcos en el lago Ladoga.

El sistema se basa en los números binarios. En cinco filas superpuestas, con dos elementos cada una, es decir, un total de diez elementos (digamos bits) pueden adquirir múltiples configuraciones según cada elemento sea visible o no, al cambiar su posición, atribuyendo los valores (horizontal = no visto = 0; vertical = visto = 1)

con lo cual la torre puede enviar hasta 1.024 señales diferentes. No conocemos su codificación, pero es fácil comprender que se pueden reservar del 0 al 9 para transmitir números, 10 al 100 para diferentes alfabetos y letras especiales (por ejemplo: latino, cirílico, sueco, etc.) y del 101 al 1024 «por tramos», palabras de control (fin de transmisión, principio de transmisión, repetir, etc.), palabras más usuales, frases hechas, etc.

Hace tiempo vimos la cita de un sistema análogo, pero más rudimentario en su realización y con una señal en la parte superior, debido a un sueco, Niclas Edelkrantz, consejero del Rey, al que se atribuye el invento en 1794 (justo unos meses después que la explotación de la primera línea por Chappe entre París y Lille). Particularmente pienso que no sería raro que don Agustín, siendo militar, conociendo Rusia y su guerra con Finlandia, sus medios de comunicación, etc., y ya después de 1810 hubiese oído hablar del sistema y crease una versión propia o al menos concibiese un modelo mejorado del nuevo sistema. En todo caso la realización que citamos es «parecida, pero diferente» y hemos de reconocer, en todo caso, que el uso del sistema binario para codificación de mensajes es decididamente la puerta de entrada en los finales del siglo XX; es decir, un adelanto de casi 200 años a su época.

El misterioso científico Luis Francisco Breguet

Agradezco a Isi, EA4DO, los datos que me permitieron dilucidar quién fue este misterioso personaje. Con el exilio a Rusia de Betancourt, Breguet «el viejo» (Abraham Luis Breguet) tuvo el campo abierto para explotar y mejorar su telégrafo óptico, e incluso al fin de sus años pensar en automatizar el sistema «Breguet-Betancourt» aplicando la nueva corriente eléctrica, uniendo con cables las diferentes estaciones, que ahora podían situarse a mucha mayor distancia. Incluso reducir las torres de señales a simples relojes o cuadrantes.

Pero no tuvo tiempo para crear ese nuevo sistema. Abraham Luis Breguet murió en 1823, un año antes que Betancourt. La electricidad todavía debió avanzar

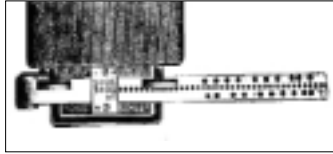


Figura 12. Cinta de transmisión automática por sistema Wheastone con la palabra ROMA en código Morse, leída de derecha a izquierda.



Figura 13. Eduard Hughes creó en EEUU (en 1855) un aparato capaz de imprimir letras, números y signos, precursor del teletipo moderno.

mucho y aparecer el motor y el relé eléctricos para que su nieto, Luis Francisco Breguet, pudiese realizar el más nuevo y conocido sistema a cuadrante.

Básicamente es una aguja indicadora (la «T» de Betancourt) metida en una caja y donde están dispuestas circularmente las letras y números, con un contacto eléctrico en cada uno de ellos. Moviéndose esa aguja a una letra determinada se enviaba corriente a otro cuadrante igual en la estación receptora donde la aguja, por medio de un motor eléctrico señalaba la correspondiente letra, en cuyo momento la corriente se desconectaba.

En otras fuentes se cita una posición «neutra»

o de sincronización. El indicador del transmisor avanza determinado número de puntos (contactos) enviando impulsos a la estación receptora, que hace avanzar su propio indicador el mismo número de posiciones, deteniéndose la aguja sobre la correspondiente letra.

Conceptualmente es casi igual al de Wheastone (reloj con manubrio que señala la letra co-respondiente, que eléctricamente mueve el indicador de otro cuadrante similar en la estación receptora). Lo que no sabemos (dado que «alguien lo copió de alguien») es si ese invento del nieto de Breguet fue copiado por Wheastone o viceversa. No hemos podido encontrar información sobre ese tema.

El hecho es que este sistema, llamado *de cuadrante* estuvo después en uso en los ferrocarriles españoles hasta el primer tercio del siglo XX, con el nombre de *telégrafo de cuadrante* o *de Breguet*. Queda por ello en el aire la pregunta: ¿quién inventó la telegrafía eléctrica de cuadrante? ¿Luis Francisco Breguet o Wheastone? Los franceses dicen que Breguet (pudiese ser así); pero no se lo digamos a los ingleses pues juran por la limpia memoria la Torre de Londres que fue Wheastone (lo que tampoco nos extrañaría, porque este sabio estuvo experimentando desde un principio sobre la posibilidad de hacer telegrafía eléctrica, con galvanómetros. (Como el indicador del rotor de las antenas direccionales en radio).

Pero Wheastone mejoró el sistema Morse, con un sistema de telegrafía auto-

mática que hasta hace pocos años se utilizaba en todos los centros de Telégrafos, por su seguridad y rapidez (cinta perforada que mostramos en la figura 12). No fue precursor del Morse, pero «se subió al tren» y con su gran talento –sin cambiarlo– perfeccionó el sistema.

El primer telégrafo que podía dejar grabado por escrito el contenido de los mensajes recibidos (imposible en el Chappe) fue la telegrafía óptica inventada por Agustín de Betancourt y Molina. Si no le añadió esa posibilidad (que tenía prevista) fue «para no complicar el sistema».

El sistema de Wheastone, similar al sistema de Breguet, podría ser considerado como una mejora del sistema utilizado en su momento por Ampère... pero incluso los experimentos de Ampère se hicieron en 1820 (23 años después de unir Madrid-Aranjuez por vía eléctrica o 20 años después de hacerlo con su telegrafía óptica, cuando Betancourt ya residía en San Petersburgo.

Desaparecido Agustín de Betancourt, en toda Europa se va instalando el sistema óptico Betancourt-Breguet, ahora llamado *Breguet*. En Italia se inicia en 1847, en el Gran Ducado de la Toscana. En el reino de las Dos Sicilias, sin embargo, se inicia la telegrafía con el agonizante sistema Chappe, retrocediendo así a la telegrafía oficial medio siglo (hasta 1800).

Independientemente de los sistemas de Luis Francisco Breguet y Wheastone, después de 1850, el nuevo sistema de cuadrante (de Breguet) se utilizó, como hemos dicho, en los ferrocarriles españoles hasta 1935-36.

Como parte de la historia «moderna» de las telecomunicaciones (realmente telegrafía, *no* «Morse») es importante nombrar a Eduard Hughes, quien con una especie de piano (figura 13) consigue en 1855 enviar ya los auténticos caracteres, que se imprimían con tinta en una cinta de papel. La corriente necesaria para la impresión se enviaba desde el teclado transmisor, que se sincronizaba con el receptor mediante una palanca que empujaba los tipos contra el papel en el que se recibiría el texto.

Aunque hubo otros muchos sistemas, por su duración en el tiempo dejemos al «histórico Morse» y los sistemas del francés Jean-Emile Baudot (1845-1903) que son ya de la Edad Moderna (de las Telecomunicaciones) y precursores de los sistemas digitales actuales: Baudot, ASCII, RTTY, AMTOR, SITOR, AX.25, radiopaquete, etc. No es nuestro propósito hablar de ellos, sino de nuestro paisano el ingeniero Agustín de Betancourt y Molina, tarea que desarrollaremos en la tercera y última parte de este trabajo. 