

Sesiones Plenarias

XVII Simposium Nacional de la Unión
Científica Internacional de Radio

A CHRONOLOGY OF DEVELOPMENTS OF WIRELESS COMMUNICATION AND ELECTRONICS TILL 1910

*Tapan K. Sarkar**, *Magdalena Salazar-Palma***, *Dipak Sengupta****

*Department of Electrical Engineering and Computer Science,
Syracuse University, 121 Link Hall, Syracuse, New York 13244-1240, USA,
Phone: +1-315-443-3775, Fax: +1-315-443-4441,
E-mail: tk Sarkar@mailbox.syr.edu, Homepage: <http://web.syr.edu/~tk Sarkar>

**Departamento de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones,
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación,
Universidad Politécnica de Madrid, Ciudad Universitaria s/n, 28040
Madrid, Spain,
Phone: +34-91-336-7366, ext: 391, Fax: +34-91-336-7362,
E-mail: salazar@gmr.ssr.upm.es

***Department of Electrical Engineering,
University of Michigan,
Ann Arbor, Michigan 48219-0900, USA,
Phone: +1-313-993-3376, Fax: +1-313-993-1187,
E-mail: sengnpdl@eecs.umich.edu

ABSTRACT: The goal of this paper is to present a chronology of the developments of wireless communication and supporting electronics from the early days to 1910. Often, the invention of radio is delegated to one or two persons, the names of whom vary from country to country, depending on the country of origin of the authors. The aim of this paper is to illustrate that simultaneous development was going on all over the world and that each invention provided a solution to the portion of the puzzle. We will only highlight some of the crucial events from 1831 up to 1910. A longer version of the manuscript along with the references may be obtained from the authors.

LOS PRIMEROS PASOS DE LA RADIO EN ESPAÑA: GUGLIELMO MARCONI Y JULIO CERVERA

Jesús Sánchez Miñana¹

Introducción

En los últimos años del siglo XIX y primeros del XX, en países como Alemania, Francia y Estados Unidos, entre otros, tras la alerta de los bgros pioneros de Marconi en Inglaterra, se desarrollaron iniciativas públicas y privadas, más o menos conocidas, para perfeccionar y explotar la telegrafía sin hilos por ondas de radio. Que el autor sepa, no existe ningún estudio sobre la aparición en España de la nueva técnica. Este trabajo recoge los primeros resultados de una investigación para empezar a llenar ese vacío. Contiene una crónica de los hechos acaecidos entre 1896 y 1903, comenzando con la publicación de las primeras noticias sobre las experiencias de Marconi en Inglaterra, y terminando con el temprano abandono de los intentos de adquisición de capacidad tecnológica propia, centrados en la figura de Julio Cervera. También incluye una presentación detallada de las patentes que tanto éste como Marconi registraron en España en ese periodo, un intento de valoración de lo hecho por el polifacético Cervera, y unas conclusiones provisionales.

Crónica de los primeros años de la telegrafía sin hilos en España (1896-1903)

Un ilustre jefe del Cuerpo de Telégrafos, Antonino Suárez Saavedra, opinaba en el número de 30 de Abril de 1890 de la revista *Anales de la Electricidad*, que publicaba en Barcelona, que los trabajos de Hertz eran los más importantes que sobre la electricidad se habían hecho el año anterior. La trascendencia de sus cuidadosos experimentos confirmatorios de la existencia de las ondas electromagnéticas de baja frecuencia, había sido, desde luego, universalmente reconocida, y en poco tiempo científicos de varios países desarrollaron técnicas para la producción y detección de las nuevas ondas *hertzianas*. No todos ellos buscaban su aplicación a las comunicaciones, incluidos algunos de los que realizaron aportaciones más relevantes, como J. Chunder Bose en India o Edouard Branly en Francia. Otros, que sí la habían tenido presente, como Oliver Lodge en Inglaterra, carecieron quizá de la determinación o las oportunidades de Guglielmo Marconi, un joven italiano sin formación académica regular y emparentado por su madre irlandesa con una bien relacionada familia dedicada a la producción de whisky. Marconi se presentó en Londres en Febrero de 1896 con un prototipo de transmisor y receptor, solicitó la patente en Junio, y a partir de Julio llevó a cabo con éxito diversas pruebas de campo con el ingeniero jefe de los telégrafos ingleses, William Henry Preece, él mismo interesado en la telegrafía sin hilos desde hacía tiempo.

Precisamente la primera mención a Marconi en las revistas profesionales telegráficas, las que más se ocupaban por entonces en España de las aplicaciones eléctricas, es la

¹ Catedrático del Departamento de Señales, Sistemas y Radiocomunicaciones, E. T. S. de Ingenieros de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid

noticia de *Electrón* de 1 de Octubre de 1896², tomada de *Electrical Engineer*, informando que Preece se había referido a las experiencias que estaba llevando a cabo para el Post Office, con motivo de la discusión de una memoria leída en Liverpool por Bose³. Dos meses más tarde, el 1 de Diciembre, Marconi, representado por un tal Diego Mitchell, solicitó su primera patente española, la 20041, concedida el 22 de Enero del año siguiente. Estos dos sucesos pueden justificar que el año 1896 se tome convencionalmente en este trabajo como inicio de una cronología de los primeros tiempos de la radio en España, aunque su repercusión en el país fuera muy pequeña o nula. *Electrón* y su colega *El Telegrafista Español* fueron publicando desde entonces, además de noticias, un número creciente de artículos relativos a la telegrafía sin hilos⁴, pero la patente de Marconi les pasó absolutamente desapercibida, a pesar de que otra revista, *Industria e Invenciones* de Barcelona, la incluyó en su número de 20 de Febrero de 1897, en una de las relaciones que publicaba habitualmente.

En una carta de Marconi a su padre, fechada el 20 de Enero de 1897⁵, cuando ambos especulaban sobre la posibilidad de ceder los derechos de las patentes obtenidas en diversos países y los beneficios que podría reportar, hay una referencia explícita a la española:

Creo que pedir 20000 libras esterlinas por la patente española es demasiado, porque el invento no es todavía perfecto por ahora.

¿Estaba Marconi padre haciendo su particular versión del *cuento de la lechera* o alguien le había ya manifestado interés? Finalmente, Marconi hijo transfirió la patente española en Marzo de 1899 a la empresa que había creado dos años antes, *The Wireless Telegraph and Signal Company, Limited*.

El 30 de Noviembre de 1898, Marconi, que venía trabajado incesantemente en Inglaterra en el perfeccionamiento de sus aparatos, patentó en España la primera versión de una mejora decisiva, el *jigger* o acoplador de la antena al receptor.

En Abril de 1899 viajó a España un representante de *The Wireless* llamado Alfred Cahen. Estuvo primero en Sevilla, donde realizó demostraciones ante personas de diversas instituciones, como la Universidad, la Iglesia y el Ejército, y aprovechó la visita para que un jefe de éste certificara oficialmente la puesta en práctica de la primera

² “Variedades”, tomo I, nº 24.

³ Debe tratarse del artículo “On a complete apparatus for the study of the properties of electric waves”, leído ante la British Association en Liverpool, y cuyo resumen publica *The Electrician*, vol, XXXVII, nº 25 (16/10/1896).

⁴ La mayoría de los primeros aparecidos parecen traducciones, y sólo en algunos se indica la fuente. Los *de cosecha propia* anteriores a 1899 son sólo tres, todos de *Electrón* y de 1898: dos firmados por Echegaray, tan literarios como generales [“Telégrafos sin hilos”, en “Crónicas”, tomado de *El Liberal*, y “Transmisiones telegráficas”, tomo III, nos. 21 y 50 (30/1 y 20/11), respectivamente], y un tercero firmado por el telegrafista Antonio Delmo, reivindicando los antecedentes españoles de Salvà y Suárez Saavedra [“Telegrafía sin hilos”, tomo III, nº 19 (10/1)]. Por cierto que esta misma revista se refiere en el tomo IV, nº 79 (10/9/1899), a otro supuesto precursor de la telegrafía sin hilos, el poeta y polígrafo de Reus Joaquín María Bartrina y de Aixemús (1850-1880), de uno de cuyos escritos cita la frase: “propagándose la electricidad en ondas concéntricas podrían suprimirse por completo los conductores metálicos. Lo he ensayado en pequeña escala con resultados relativamente satisfactorios”.

⁵ “Letters from Guglielmo Marconi to his Father, 1896-1898”, *GEC Review*, Vol. 12, No. 2, 1997.

patente de Marconi⁶. Después se trasladó a Madrid, donde continuó sus demostraciones, a lo que parece sólo para los Ingenieros del Ejército, que quizá adquirieran algún aparato o mostraran, al menos, interés en hacerlo⁷.

Mientras tanto, las experiencias de Marconi en Inglaterra con la telegrafía sin hilos habían dado un salto cualitativamente muy importante. Tras conseguir el permiso del Gobierno francés, instaló una estación en Wimereux, cerca de Boulogne-sur-mer, a orillas del canal de la Mancha, y el 27 de Marzo enlazó con otra situada en el lado inglés, en el faro de South Foreland, cerca de Dover. La repercusión internacional de este éxito fue muy grande y numerosas personalidades y delegaciones de gobiernos desfilaron por aquellos lugares, interesándose por el nuevo invento. La visita de Cahen, con noticias directas de estos hechos, y la favorable impresión causada por los aparatos que llevó a Sevilla y Madrid, debieron mover a las autoridades militares españolas a enviar también un observador. El comisionado fue un comandante del entonces Cuerpo de Ingenieros, llamado Julio Cervera Baviera, que había adquirido cierta notabilidad por sus exploraciones del Sahara Occidental, y que, destinado últimamente en Puerto Rico, había sido repatriado el año anterior tras la guerra con los Estados Unidos⁸.

⁶ El plazo para realizar este trámite había vencido en Enero, al cumplirse los dos años de la concesión de la patente. Julio Fernández y Fernández, Teniente Coronel de Artillería, Subdirector de la Pirotecnia Militar de Sevilla, “con título de Ingeniero expedido por el Ministro de la Guerra”, firma la certificación en la misma ciudad el 10/4/1899, puntualizando que no ha podido hacerse antes “por falta de requisitos al efecto no llegados a tiempo por causas involuntarias”, y dejando claro que se refiere a los aparatos que le presenta Cahen. Sin embargo, el apoderado de Marconi en Madrid, el abogado José Gómez Acebo y Cortina, venía comunicando a la Administración desde el mes de Noviembre anterior la puesta en práctica de la patente, primero “en los talleres del Sr. Villanueva, calle de Silva nº 40 y 42 de esta Corte”, y después en los de “Don J. M. Sivianés, calle de San Miguel, 11, en Sevilla”. ¿Llegaron a estar realmente los equipos de Marconi en estos talleres?

⁷ *El Telegrafista Español*, año XI, nº 451 (15/4/1899), informa en “Noticias”, “El telégrafo Marconi en Sevilla”, que un representante de éste ha hecho pruebas de su sistema de telegrafía sin hilos “ante numerosas representaciones del Clero, de la Universidad y del Cuerpo de Ingenieros militares”. Debe tratarse del “Mr. Alfredo Cohen [sic], agente de la *Wireless Telegraph Company*, que explota los inventos del sabio electricista italiano” de cuya llegada a Madrid [“ayer”] da cuenta *Electrón*, tomo IV, nº 65 (20/4), en “La telegrafía sin hilos”. La revista escribe que la visita de Cahen “con objeto de realizar nuevas pruebas ante el Cuerpo de Telegrafistas militares, a fin de mostrar la posibilidad de poner en práctica el sistema en España y hacer patentes los grandes progresos realizados, da, después de las pruebas verificadas a cuatro metros nada más en el gabinete de Física del Seminario de Sevilla, verdadero carácter de actualidad a este nuevo sistema de comunicación telegráfica”. En el número siguiente (30/4), la publicación vuelve a referirse, en “Telegrafía sin hilos sistema Marconi”, a las pruebas en Sevilla, ante el catedrático de la Universidad, Manjarrés, el “delegado del Gobierno, teniente coronel de artillería D. Julio Fernández”, y otras dos personas. También escribe sobre la compra de dos aparatos por los Ingenieros militares, operación que no parece cerrada.

⁸ Cervera, nacido en Segorbe (Castellón) el 26/1/1854, se había graduado primero en la Academia de Caballería (1875) y después en la de Ingenieros (1882). Tras un primer viaje a Marruecos en 1877, el Ejército le comisionó en los cuatro últimos meses de 1884 para “completar los estudios geográficos militares sobre las costas de aquel imperio”, y, de nuevo, a petición del Presidente de la Sociedad Española de Geografía Comercial, para un viaje de exploración por el Sahara Occidental, en el que recorrió 850 km entre Mayo de 1885 y Agosto de 1886, y que le valió el ascenso a Comandante. Los conocimientos adquiridos, plasmados en el libro *Geografía militar de Marruecos*, están en la base del interés por el territorio que después sería la colonia del Sahara Español. En 1888 representó al Cuerpo de Ingenieros en la Comisión Regia de la Exposición Universal de Barcelona, siendo nombrado después agregado militar de la Legación de España en Tánger, entonces capital diplomática del imperio marroquí, puesto en el que permaneció hasta Noviembre de 1890. El 19 de Diciembre el periódico *El Imparcial* publicó una carta suya al Director, censurando la conducta del Gobierno español en Marruecos, que le supuso un proceso y arresto de seis meses del año 1891 en el castillo de Santa Bárbara, en Alicante. A partir de 1893, y desde 1894 como su ayudante de campo, siguió al General Manuel Macías y Casado en sus sucesivos destinos, incluido el de Enero de 1898 como Capitán General de Puerto Rico. Aquí

Mientras Cervera llevaba a cabo su encargo en el extranjero, en España tenía lugar una nueva demostración. El 27 de Mayo, Jorge St. Noble, un conocido comerciante de equipos eléctricos de Barcelona, presentó en el patio de la Escuela de Ingenieros Industriales⁹ de la ciudad unos aparatos de telegrafía sin hilos, de cuyo aspecto han dejado constancia gráfica las revistas (figura 1)¹⁰. Por las mismas fechas hay que reseñar un interesante artículo del ingeniero de caminos Manuel Maluquer Salvador en la *Revista de Obras Públicas*¹¹, proponiendo que, a la manera de lo hecho por Bell en su *fotófono* con la luz visible, o por Dusaud con los rayos ultravioletas, se investigara un teléfono sin hilos en el que la voz modulara las ondas hertzianas, sacando ventaja del mayor alcance que con ellas se estaba consiguiendo.

Al regreso de su viaje, Cervera debió convencer a sus superiores de que era factible construir en España equipos propios de telegrafía sin hilos, y se entregó inmediatamente a esta tarea, pues ya el 31 de Agosto solicitaba su primera patente española. Antes, en Julio, había sido destinado a Madrid, en comisión “en la de estudio de los parques de campaña del Cuerpo de Ingenieros”¹², seguramente una *tapadera* para seguir tratando el asunto de la telegrafía sin hilos con la misma discreción con que se había ordenado la visita a las instalaciones de Marconi. Los trabajos debieron llevarse a cabo en el Cuartel de la Montaña de Madrid, y, concretamente, en el Batallón de Telégrafos, unidad donde posteriormente se certificó la puesta en práctica de las patentes generadas.

A la reserva con que se desarrollaban los trabajos se refirieron las revistas especializadas cuando informaron por primera vez, a principios de Noviembre, de ellos y de la patente obtenida¹³. Tras registrar dos adiciones a ésta en Octubre y Noviembre,

participó Cervera en diversas acciones bélicas hasta la entrega de la isla a Estados Unidos. En Octubre estaba ya de regreso en la Península.

La hoja de servicios de Cervera no aclara la naturaleza de la comisión que se le confirió por Real Orden “comunicada” de 25 de Abril de 1899, y sólo dice que marchó el 1 de Mayo a desempeñarla “en Francia y Londres hasta el 28 [de] Junio que regresó a Madrid a dar cuenta de ella”. Sin duda a esta comisión se refiere el *Espasa* cuando escribe en la reseña biográfica del militar, que “visitó en Vimereux [sic] (Canal de la Mancha) con Marconi, las estaciones de telegrafía sin hilos”.

⁹ Entonces en el edificio de la Universidad.

¹⁰ *Electrón*, en el nº 69 (30/5), “La telegrafía sin hilos. Pruebas en Barcelona”, da cuenta, basándose en la crónica de *El Noticiero Universal*, de la demostración realizada por la empresa de St. Noble, la *Sociedad Anglo-Española de Electricidad*, ante el Rector de la Universidad, Director y varios profesores de la Escuela, y algunos invitados. Una descripción, con dos figuras, de los aparatos utilizados viene en *Industria e Invenciones*, tomo XXXI, nº 25 (24/6), “La telegrafía sin hilos”, y también, con un texto casi idéntico, en *La Energía Eléctrica*, tomo I, nº 8 (¿mediados de Septiembre? de 1899), que reproduce de *La Revista Ilustrada* el artículo “La telefonía [sic] sin alambres en España”.

¹¹ “Teléfono eléctrico sin hilos”, año XLVI, nº 1234 (18/5/1899). Lo recoge Isidro Calvo en su libro de 1900 que se referencia más adelante, p. 92. Previamente, en la misma revista, año XLIV, nos. 1145 y 46 (2 y 7/9/1897), Maluquer había escrito otro artículo, “Visión a distancia por la electricidad”, donde también especulaba sobre las ondas hertzianas como portadoras de información de imagen e incluía una de las primeras descripciones del aparato de Marconi aparecidas en publicaciones españolas.

¹² Esta y otras noticias de la vida militar de Cervera proceden, si no se indica otra cosa, de su hoja de servicios, conservada en el Archivo General Militar de Segovia.

¹³ *La Energía Eléctrica*, tomo I, nº 13 (¿principios de Noviembre? de 1899), en “Miscelánea”, “Nueva telegrafía sin alambres”, informa que el Ministerio de Fomento ha concedido la patente a Cervera, que su sistema “es completamente distinto a los conocidos en el extranjero”, y que está siendo ensayado por una comisión de Jefes de Ingenieros, parece que con éxito, a pesar de la reserva con que se hace. *El Telegrafista Español*, año XI, nº 471 (5/11/1899), en “Noticias”, “Un invento”, se refiere a que un Jefe de Ingenieros del Ejército ha solicitado patente de invención “por un sistema de telegrafía sin hilos, cuyos ensayos se llevan a cabo estos días con la mayor reserva en el Cuartel de la Montaña.

el 6 de Diciembre Cervera demostró sus equipos, ante la Reina Regente, el Rey y diversas autoridades militares, en el Cuartel de la Montaña. Las revistas dieron cuenta del éxito de ésta y otras pruebas con diversas dependencias militares de Madrid (San Francisco, Carabanchel, Leganés)¹⁴.

No sólo Cervera trabajaba en España en 1899 en la nueva técnica. El 13 de Noviembre el ingeniero de minas Domingo de Orueta Duarte solicitó la patente 25041 por “Un procedimiento mecánico para la aplicación de la telegrafía sin hilos a evitar los choques de trenes en los caminos de hierro y a poder comunicar los trenes en marcha”. Según la noticia de la *Revista Minera* de 1 de Mayo de 1900¹⁵, Orueta había logrado que al aproximarse dos trenes, en las peores condiciones de interposición de “grandes obstáculos, como son bosques, edificios, trincheras altas y montañas”, sonaran timbres en ambos convoyes cuando se encontraran a no menos de 300 metros de distancia, y estaba a punto de conseguir duplicar esa distancia mínima.

Las reseñas de las demostraciones de Cervera a finales de 1899 preveían la continuación de los ensayos, y, efectivamente, así sucedió, pues se le confirió el 11 de Diciembre una comisión de servicio para Madrid, Andalucía, Valencia y Ceuta, esta vez explícitamente para efectuar prácticas de telegrafía sin hilos con sus aparatos, hasta fin de Julio de 1900. Al parecer sólo *La Energía Eléctrica*, nueva revista de los telegrafistas civiles, dio noticia, muy escueta, de estas pruebas en un suelto informando de las realizadas en diversos países¹⁶:

El ingeniero militar español Sr. Cervera, ha practicado ensayos de comunicación completamente satisfactorios, entre Ceuta y Algeciras por el telégrafo sin alambres de su invención.

Consecuencia de estos ensayos debió ser el registro por Cervera de una tercera adición a su patente, con fecha 30 de Abril de 1900. Un mes antes Marconi había solicitado también una adición a su patente española sobre el *jigger*, relativa a modos de devanar

¹⁴ Según *La Correspondencia Militar* del mismo día, que titula la noticia “La telegrafía sin hilos. SS. MM. en el Cuartel de la Montaña”, las pruebas se hicieron por la tarde entre éste y el campamento de Carabanchel, “sin que quedasen defraudadas en lo más mínimo las esperanzas que se habían puesto en el aparato, por ser éste bastante superior al de Marconi ya conocido”. Pero E. Gallego, compañero de armas de Cervera que debió asistir a la presentación, la reseña en *La Energía Eléctrica*, tomo I, nº 17 (¿mediados de Diciembre? de 1899), “El telégrafo sin alambres inventado por el comandante Cervera”, como una demostración de gabinete, a ocho metros de distancia, entre dos estancias contiguas del cuartel, si bien menciona pruebas anteriores satisfactorias entre el cuartel de la Montaña y el de San Francisco y, también, Leganés, a 9 km. (Al enlace con San Francisco el Grande, bien al establecido entonces, bien a otra experiencia posterior, se refiere el propio Cervera en la memoria de su patente 27228). En la crónica de Gallego llama la atención el interés de la Reina por conocer el aparato de Marconi y “sus diferencias con el inventado por el comandante Cervera”, lo que hace pensar en la presencia de algún equipo del italiano, quizá uno de los comprados meses antes.

¹⁵ Reproducida en *La Energía Eléctrica*, tomo II, nº 13 (¿primeros de Mayo? de 1900), y resumida en *Industria e Invenciones*, tomo XXXIII, nº 19 (12/5/1900).

¹⁶ Tomo II, nº 11 (¿mediados de Abril? de 1900), en “Crónica científica”, “Telegrafía sin alambres”. Llama la atención que Isidro Calvo, Capitán de Ingenieros y, por tanto, compañero de armas de Cervera, en el libro que se menciona enseguida, cuyo prólogo está fechado en Junio de 1900, haga esta única referencia a los trabajos en España: “... en Madrid se han realizado a fin de 1899, ensayos de comunicación telegráfica sin alambres, por el sistema de Marconi, algo modificado en algunos detalles. El comandante de ingenieros señor Cervera y personal del Batallón de Telégrafos, han conseguido satisfactorios resultados en las pruebas verificadas, algunas de las cuales han sido presenciadas por SS. MM. el Rey y la Reina Regente. Tenemos entendido que en Sevilla se han hecho otras investigaciones prácticas semejantes, pero ignoramos cual haya podido ser el éxito conseguido.”

las bobinas, que completaría en Septiembre con otra patente sobre nuevas variantes del dispositivo. En Octubre registraría en España una parte de su famosa *four-sevens patent*, con los primeros esquemas integrales de *syntonic telegraphy*, incluyendo provisiones para controlar la frecuencia de transmisión.

No hay constancia de nuevas actividades de Cervera en relación con la telegrafía sin hilos en 1900, a partir de Agosto, mes en el que por Real Decreto del 27 fue nombrado Comisario Regio, Director de la Escuela Superior de Artes e Industrias de Madrid. No obstante, en Enero de 1901 solicitó un cuarto certificado de adición a su patente de 1900, que pudo versar sobre conocimiento generado después de Agosto, pero también pudo responder a un deseo de registrar aspectos pasados por alto en ocasiones anteriores. Avalaría esta segunda hipótesis la referencia en la memoria a los ensayos entre los cuarteles de la Montaña y San Francisco el Grande, si es que sólo tuvieron lugar en 1899 y no se repitieron después.

El año 1900 trajo todavía un hecho digno de mención, la publicación en Guadalajara del primer libro español sobre telegrafía sin hilos, titulado *Aplicaciones de las oscilaciones hertzianas a la telefonía y telegrafía eléctricas sin hilos conductores*¹⁷, escrito por Isidro Calvo, Capitán de Ingenieros, y seguramente ya entonces profesor de la Academia del Cuerpo en dicha ciudad, condición en la que firma artículos poco tiempo después.

Si bien las revistas profesionales de los telegrafistas civiles venían ocupándose de la nueva técnica desde 1896, nada se había hecho oficialmente para estudiarla o ensayarla por los responsables políticos de un servicio mal dotado y organizado, sobre cuyos desmoralizados funcionarios se cernía entonces el fantasma de la privatización. Así, en el verano de 1899, el Director de *La Voz de Guipúzcoa*, al avanzar la noticia de unas pruebas del sistema Marconi en San Sebastián podía añadir el siguiente comentario¹⁸:

No respondo de la veracidad de la noticia, porque me parece inverosímil, teniendo en cuenta que todos los experimentos oficiales se reducen a aumentar los cursos de latín.

Además, eso del telégrafo sin hilos resultará una antigualla en España a la vuelta de pocos años.

Al paso que vamos, tendremos pronto el telégrafo sin hilos... y sin aparatos.

Pocos meses más tarde, el máximo responsable de Telégrafos, Eduardo Dato, no se recataba de negar en público lo que estaba sucediendo, como recoge este suelto de *La Energía Eléctrica*¹⁹:

Contestando a una pregunta de nuestro estimado amigo el diputado por Canarias señor marqués de Villasegura, el Ministro de la Gobernación, ha manifestado en el Congreso que no sólo hacen ensayos de telegrafía sin alambres los telegrafistas militares, sino también los civiles.

Como es la primera noticia que tenemos del asunto, nos congratulamos en darla a conocer; pero nos parece que dichos ensayos son puramente *imaginativos*, por lo que al elemento civil se refiere, pues que sepamos, ni hay nadie ocupado en su realización, ni existen medios para efectuarlos.

¹⁷ Estructurado en nueve capítulos y un apéndice, con 302 páginas y dos láminas de figuras. Lo reseña *La Energía Eléctrica*, tomo III (¿25/8?/1900), en “Bibliografía”. Existen ejemplares en el Museo Postal y Telegráfico y en la Biblioteca Nacional, ambos de Madrid.

¹⁸ Citado por *Electrón*, tomo IV, nº 77 (20/8/1899).

¹⁹ “Telégrafos”, “Noticias”, tomo I, nº 15 (¿finales de Noviembre? de 1899).

Con la llegada del nuevo siglo parece que algo se movió en Telégrafos, y en Enero de 1901 se supo de la existencia de planes para efectuar ensayos, con vistas al establecimiento de enlaces sin hilos con y entre las islas, con las plazas del Norte de África, y entre Canarias y las colonias del África Occidental. Según estas noticias el Director General, Marqués de Portago, después de reunirse con los representantes de las casas suministradoras extranjeras y con Cervera, quedaba a la espera de los resultados de nuevas pruebas que iba a realizar éste en el estrecho de Gibraltar, antes de entrar en negociaciones con aquéllos. Para informar sobre las pruebas había designado una comisión encabezada por el Jefe de la Sección, el más alto funcionario del Cuerpo²⁰.

Efectivamente una Real Orden del Ministerio de la Guerra de 24 de Febrero de 1901 dispuso que se llevaran a cabo ensayos de los aparatos de Cervera en Ceuta y Tarifa²¹. Las pruebas, precedidas de un periodo de montaje de las estaciones y, en especial, de los altos mástiles empleados para colgar el hilo de la antena²², debieron empezar en Mayo, una vez que, a finales de Abril, el inventor dejó su puesto al frente de la Escuela de Artes e Industrias y recibió la correspondiente comisión del Ejército²³. *La Energía Eléctrica* de 25 de Julio²⁴ proporciona bastante información sobre lo hecho en los tres primeros meses. Las estaciones se establecieron en el cerro del Camorro, próximo a Tarifa, y en el castillo del Monte Acho de Ceuta, probándose diversas antenas y componentes de transmisores y receptores, tanto de Cervera como de otros inventores, mientras se mantenía un enlace óptico entre ambos puntos. El artículo, muy elogioso para Cervera, a quien pone a la altura de los más notables electricistas españoles, asegura que con todos los sistemas ensayados, entre los que cita los de Marconi y Popoff, se logró una perfecta comunicación, y deduce la “satisfactoria consecuencia” de que con ninguno de ellos se obtuvieron resultados superiores a los alcanzados con los aparatos Cervera. La revista trae sólo una ilustración, un mal grabado de la antena del cerro del Camorro, con su poste de estructura de madera de 51 metros de altura, y menciona a dos colaboradores de Cervera, su ayudante, un oficial de Ingenieros llamado Antonio Peláez, y el mecánico electricista constructor de los aparatos, apellidado Cadavid.

²⁰ Véase *El Telegrafista Español*, año XIII, nº 513 (5/1/1901), en “Noticias”, “Telegrafía sin hilos y nuevos cables”, y *La Energía Eléctrica*, año II, tomo 3, nos. 5 y 6 (¿10? y 25/1/1901), sección “Información”, en “Telegrafía sin alambres” y “Ensayos de telegrafía sin conductores en España”, respectivamente. El Jefe de la Sección era entonces Francisco Rodríguez-Sesmero y González-Soubrié, y sus compañeros de comisión fueron Eduardo Urech, Domingo García y el jefe de la central de Madrid, Emilio Orduña.

²¹ La referencia es del propio Cervera en la memoria de su patente 28948. La Orden debió ser, una vez más, *comunicada*, pues no se encuentra en la *Gaceta* ni en el *Diario Oficial del Ministerio de la Guerra*.

²² Sección “Información” de *La Energía Eléctrica*, año II, tomo 3, nos. 8 y 9 (25/2 y 10/3/1901), “Telegrafía sin conductores sistema Cervera” y “La telegrafía sin hilos en España”, respectivamente.

²³ Por Real Orden de 20/4 Cervera fue destinado como agregado al Batallón de Telégrafos “para llevar a cabo experimentos de telegrafía sin conductores con aparatos de su invención”, y desempeñó la comisión regia como Director de la Escuela “hasta fin de Abril”. Sin embargo, parece que continuó formalmente en este puesto unos meses más, pues *La Energía Eléctrica* de 10/7/1901 (año III, tomo 4, nº 1), en “Información”, “Dimisión y nuevo nombramiento”, da cuenta de que “es muy probable se admita la dimisión que del cargo de Comisario regio de la Escuela de Artes y Oficios ha presentado en diferentes ocasiones el ilustrado comandante de Ingenieros D. Julio Cervera, cuyos beneficiosos proyectos sobre la reorganización y ampliación de estudios en tan importante centro de enseñanza no se *pueden* o no se *quieren* poner por ahora en práctica.”

²⁴ Año III, tomo 4, nº 2, en la sección “Crónica científica”, bajo el título “La telegrafía sin conductores en España.— Experiencias con los aparatos «Cervera»”.

El 22 de Octubre comenzó a funcionar regularmente un radioenlace, por primera vez en España. Los equipos (figura 2) fueron adquiridos al constructor francés Octave Rochefort por la *Compañía Trasatlántica* para comunicar telegráficamente su Delegación en Cádiz con su dique en Matagorda, a una distancia de escasamente cinco kilómetros²⁵.

El 14 de Diciembre de 1901, dos días después de que Marconi supuestamente recibiera a oído la letra “S” en Morse transmitida de Cornualles a Terranova, Cervera solicitó el quinto certificado de adición a su patente de 1900, haciendo constar en la memoria que se refería a detalles probados con éxito en la campaña de ensayos ordenada en Febrero. Por este documento se sabe que además del enlace de 32 km entre Tarifa y Ceuta se estableció otro de 22 km entre El Tolmo –un lugar de la costa gaditana del Estrecho– y Ceuta.

Las pruebas en el Estrecho debieron continuar durante algunas semanas de 1902, pues el 17 de Enero Cervera fue confirmado en la comisión de servicio de telegrafía sin hilos “hasta su terminación”, y el 24 se encontraba en Tarifa, donde firmó una autorización a su agente en Madrid para presentar la solicitud de patente de lo que parece la última versión de sus aparatos. Además, tanto las revistas especializadas como las de información general y los periódicos se ocuparon entre finales de Enero y Marzo del éxito de los ensayos realizados²⁶. Entre las primeras, *La Energía Eléctrica* de 25 de Enero avanzaba, además, unos planes interesantes para continuar las pruebas, tratando de comunicar las estaciones fijas con barcos, a distancias que se irían aumentando sucesivamente. De haberse realizado estas experiencias, como se hizo en otros países pero no consta que se hiciera en España, se habría obtenido una información valiosa para abordar proyectos de mayor envergadura.

La Energía Eléctrica, en un número extraordinario de 17 de Mayo dedicado al Rey Alfonso XIII en su advenimiento al Trono, público íntegramente la memoria de la última patente de Cervera –otorgada el 22 de Abril con el número 29197–, pero su autor no se molestó en añadirla ni una línea más, aunque sí incluyó tres buenas fotografías sin pie (figura 3). Una debe ser de la antena del cerro del Camorro, pues en sus

²⁵ *La Energía Eléctrica*, año III, tomo 4, nº 9 (10/11/1901), en “Información”, “La telegrafía sin hilos en España”, da la primera noticia, y en el número siguiente (25/11) el Primer Teniente de Artillería Carlos Dorrien firma en Cádiz una descripción muy completa de la instalación. Los Jefes de la Armada Ramón Estrada y Eugenio Agacino, en su libro *La telegrafía sin hilos*, incluyen, además de la descripción, dos fotografías, una del “puesto transmisor” y otra del “puesto receptor”, en la 1ª edición (1904), figs. 109 y 110, pp. 282-83, y una única fotografía de todos los equipos reunidos en una mesa, en la 2ª edición (1905), entre las pp. 278 y 279. Agacino se refiere también a la instalación y da las fotografías separadas en su artículo “Las aplicaciones de la electricidad en la marina mercante”, del número extraordinario de *La Energía Eléctrica* de 17/5/1902.

²⁶ En cuanto a las primeras, *La Energía Eléctrica*, año III, tomo 5, nº 2 (25/1/1902), en “Información”, “La telegrafía sin conductores en España”, dice tener noticias directas de Ceuta y Tarifa del “brillantísimo resultado” alcanzado. También *Industria e Invenciones*, tomo XXXVII, nº 7 (15/2/1902), se refiere a ello en “Revista de la electricidad”, “El telégrafo español sin hilos”. *Blanco y Negro* da la noticia en su número de 22/2/1902, mencionando, por cierto, además de a Antonio Peláez Campomanes, a otro Teniente de Ingenieros ayudante de Cervera, Tomás Fernández Quintana. El jefe y los dos ayudantes aparecen en una de las dos fotografías que ilustran la noticia (Figura 4); la otra es de la antena del monte Acho, la misma publicada después en el número extraordinario de *La Energía Eléctrica* que se cita a continuación. *Industria e Invenciones*, tomo XXXVII, nº 12 (22/3/1902), en “Revista de la electricidad”, “Telegrafía sin hilos, sistema Cervera”, alude al eco elogioso de los ensayos en la prensa diaria.

proximidades se ve el semáforo que allí existía entonces; otra es de la antena del Monte Acho²⁷; y la tercera reúne tres aparatos, de los que el del centro podría ser un cohesor.

Cervera comenzó pronto, quizá a partir de Febrero, a trabajar en el enlace de la Península y Baleares con sus equipos, una iniciativa de Telégrafos apoyada en una partida presupuestaria de cincuenta mil pesetas²⁸, consecuencia quizá de los buenos informes que sobre lo hecho entre Ceuta y Tarifa habría emitido la comisión nombrada en su momento por la Dirección General²⁹. Una Real Orden de 8 de Febrero ampliaba al Comandante su campo de acción, autorizándole a “viajar libremente por la península, Baleares, Canarias, Ceuta y Melilla”, siempre que lo necesitara “para asuntos de su comisión”.

En directa relación con los planes de Telégrafos, que debía contratar la realización de las pruebas con las Baleares, hay que situar la constitución en Madrid, el 22 de Marzo de 1902, de la sociedad anónima *Telegrafía y Telefonía sin Hilos*, con un capital de quinientas mil pesetas y un consejo de administración de cinco miembros, del que formaba parte Cervera como director técnico, y que presidía Antonio López Muñoz, Vicepresidente del Congreso de los Diputados. El objeto de la sociedad, según sus estatutos, era llevar a cabo instalaciones de telegrafía sin hilos en España y en el extranjero, construir sus aparatos y accesorios, y comprar y vender patentes y adquirir representaciones relacionadas con esta industria³⁰.

Parece que en Abril estaban ya decididos los emplazamientos –los cabos de la Nao en Valencia y Pelado en Ibiza– y presupuestadas las obras³¹, y en algún momento éstas se adjudicarían a la nueva sociedad³². Las obras comenzaron, seguramente, en Junio³³.

²⁷ Identificada en *Blanco y Negro* de 22/2/1902, véase nota anterior.

²⁸ *La Energía Eléctrica*, año III, tomo 5, nº 1 (10/1/1902), en “Información”, “Telegrafía sin hilos”.

²⁹ Una representación de Telégrafos asistió también a los últimos ensayos. La ya citada *Industria e Invenciones*, tomo XXXVII, nº 7 (15/2/1902), en “Revista de la electricidad”, añade, tras dar cuenta de ellos y de los “brillantísimos” resultados obtenidos: “El Jefe de Telégrafos Sr. Guitard, y el oficial Sr. Lara, quedaron muy satisfechos de las pruebas”.

³⁰ Los datos de la sociedad están tomados del *Boletín de la Asociación de la Industria Eléctrica de España*, año III, Madrid, 10 de Junio de 1902.

³¹ El día 5 *Industria e Invenciones*, tomo XXXVII, nº 14, en “Revista de la electricidad”, “Telégrafo sin hilos en España”, escribía:

“Dice *Las Provincias*, de Valencia, que allí se considera como cosa resuelta la instalación del telégrafo sin hilos por nuestro compatriota el comandante Cervera.

El emplazamiento está definitivamente fijado en el Cabo de la Nao, por avanzar más en el mar que los de San Antonio y San Martín. Lo que ofrece alguna dificultad, aunque no invencible, es la construcción del mástil que ha de servir para el aparato transmisor, pues ha de tener 80 metros de altura y ha de ser todo de madera, sin que entre ni un solo clavo de hierro en su ensambladura. Parece que se ha justipreciado esta obra en 25,000 pesetas, por cuya cantidad se sacará a subasta.”

Y el 10, *Electrón*, año VII, nº 172, en “Noticias”, “Telegrafía sin hilos”:

“Se están realizando ya trabajos preliminares para los ensayos de la telegrafía sin hilos entre el cabo Pelado, de la isla de Ibiza, y el de la Nao, cercano a Jávea, a cuyo fin se ha nombrado en comisión del servicio al Oficial segundo, Jefe de reparaciones de Valencia, D. Leandro González y Pitarchs.”

³² El 10 de Mayo *La Energía Eléctrica*, año III, tomo 5, nº 9, en “Información”, “Nueva Sociedad para la explotación de las patentes utilizables en la telegrafía sin hilos sistema Cervera”, informaba que por iniciativa del Director General de Correos y Telégrafos se estaba trabajando para establecer la comunicación con Baleares por el sistema de Cervera, y que éste había constituido *Telegrafía y Telefonía sin Hilos* para construir en España los aparatos principales y accesorios. Añadía que se estaban montando “a toda prisa en Madrid los talleres mecánicos de la Sociedad”. Estrada y Agacino en su libro citado (nota 24), apartado 177 de la edición de 1905, afirman que fue esta empresa la que hizo los ensayos.

³³ A juzgar por estos dos sueltos de *Electrón*, año VII, nº 179 (20/6/1902), en “Noticias”:

Después, silencio en las fuentes consultadas. La única referencia explícita encontrada a lo que pudo suceder es del libro de Estrada y Agacino, repetidamente citado en las notas, quienes en la primera edición (1904), apartado 176, escribieron:

La Dirección de Correos y Telégrafos ha facilitado y auxiliado la instalación de dos estaciones de ensayo con aparatos Cervera, una en Cabo La Nao, sobre la costa de Valencia, y otra en la isla de Ibiza. Ignoramos los resultados obtenidos; pero sospechamos que no han sido satisfactorios.

Y en la segunda (1905) matizaron la última frase, dejándola en “Los resultados obtenidos, sospechamos que no han sido satisfactorios”.

Estas sospechas tienen su confirmación explícita en una noticia de *Electrón*³⁴ de 30 de Septiembre de 1903, según la cual *Telegrafía y Telefonía sin Hilos* habría llegado a un acuerdo con la empresa francesa que comercializaba el sistema Branly-Popp para que ésta transformara “con arreglo a sus procedimientos, las estaciones radiotelegráficas existentes en Ceuta, Tarifa, Cabo de la Nao e Islas Baleares”. Además, Cervera, cuya comisión de telegrafía sin hilos terminó el 1 de Mayo de 1903, parece que dio entonces un giro a su vida profesional, emprendiendo por su cuenta un viaje por Estados Unidos para recabar información sobre la enseñanza técnica por correspondencia, actividad a la que, ya como civil, dedicaría esfuerzos pioneros durante años, desde una academia establecida en Valencia³⁵.

Con el ¿fracaso? del sistema Cervera y el consiguiente abandono de la idea de desarrollar tecnología propia, se cierra esta primera etapa de la historia de la radio en España. En 1903 continuaron los intentos³⁶ de las firmas extranjeras por introducirse en

“Para verificar las pruebas de la telegrafía sin hilos, que han de llevarse a cabo bajo la dirección del Sr. Comandante Cervera, inventor del sistema que está en ensayo, han sido nombrados en comisión los oficiales segundos D. Leandro González y Pitarch y D. José Sandoval y Espigares.

Tendremos al corriente a nuestros lectores del resultado de estas experiencias.”

“Leemos en la prensa:

«Comunican de Jávea que ayer comenzaron en Cabo de la Nao los trabajos para la construcción de una caseta-poste, de sesenta metros de altura, para efectuar las experiencias de la telegrafía sin hilos, que han de efectuarse entre dicho punto y Cabo Pelado de Ibiza.

Separa ambos puntos una distancia de noventa y seis kilómetros.

Dirige los trabajos el inventor de los aparatos, comandante de Ingenieros Sr. Cervera.

Si las experiencias producen satisfactorio resultado, se repetirán a mayor distancia.»”

³⁴ Año VIII, nº 225, en “Noticias”, “El telégrafo sin hilos en España”.

³⁵ El 1/5/1903 Cervera marchó a Málaga y Londres en uso de dos meses de licencia por enfermo, concedida por Real Orden de 1/4. No se incorporó a su destino al terminar y fue dado de baja en el Ejército, aunque posteriormente, por Real Orden de 24/1/1905, fue readmitido, al haberse sobreesido la causa que se le instruyó, quedando en situación de supernumerario a petición propia, hasta que al año siguiente se le concedió el retiro. El 10/1/1904 *La Energía Eléctrica*, año VI, tomo 9, nº 1, “Información”, “Escuela especial libre de Ingenieros electricistas y mecánicos. Enseñanza por correspondencia”, daba la noticia de su nombramiento como director de *La Internacional Institución Electrotécnica* que se había abierto en Valencia, “después de un largo viaje por Europa y América, donde ha estudiado los detalles de la instrucción que se da en las escuelas modernas”. El 14/11/1908 Cervera solicitó con otras dos personas la patente (44447) “por un nuevo procedimiento de enseñanza práctica de los conocimientos técnicos e industriales por medio de la correspondencia”. El expediente contiene material docente de 1908 de la *Institución*.

³⁶ En Junio de 1902 se realizaron demostraciones de aparatos Marconi en el estanque del Retiro de Madrid, según *La Energía Eléctrica*, año III, tomo 5, nº 12 (25/6/1902), en “Información”, “La telegrafía sin conductores en España.— Experiencias con aparatos Marconi”. Asistieron, además de José Labastida, representante de la casa, altas personalidades (comisiones de Guerra y Marina), invitadas, al parecer por el Ministro de la Gobernación. A la revista no se le alcanza la finalidad de unas pruebas a tan pequeña

el país, realizándose algunas experiencias de comunicación entre una estación en el yate real Giralda y otra más pequeña en tierra, ambas regaladas al rey por el ingeniero francés Victor Popp³⁷, pero no hay constancia de nuevas iniciativas autóctonas civiles o militares. Éstas empezarán a producirse el año siguiente, siempre ya con recurso a material foráneo. Todavía en 1903 Torres Quevedo dio cuenta a la Academia de Ciencias de París de su famoso “telekino”, un telemando destinado a dirigir la maniobra de una máquina por medio del telégrafo, con o sin conductores. El 4 de Agosto, auspiciado por el káiser, comenzó en Berlín el primer congreso internacional de telegrafía sin hilos, al que asistieron por parte del Ministerio de la Guerra Isidro Calvo y Antonio Peláez.

Las primeras patentes españolas de Marconi

Marconi solicitó entre 1899 y 1902 las siete patentes españolas que se relacionan en el cuadro. Administrativamente fueron todas *patentes* propiamente dichas salvo la tercera, que fue un *certificado de adición* a la segunda por “mejoras o perfeccionamientos”, modalidad ésta que, dicho sea de paso, acarrea menos gastos. En el cuadro siguiente se indican algunos datos de todas ellas. En el caso de la última, los documentos del expediente se encuentran en muy mal estado, y la memoria de la solicitud no puede leerse.

Fecha de solicitud	Título	Número	Fecha de concesión	Fecha de acreditación de la práctica
1/12/1896	<i>Mejoras en la transmisión de impulsos y señales eléctricas por medio de los aparatos que se describen</i>	20041	22/1/1897	10/4/1899
30/11/1898	<i>Mejoras en aparatos para telegrafía de señales</i>	23449	10/1/1899	8/12/1900
26/3/1900 (1ª solicitud)	<i>Mejoras en aparatos para la telegrafía de señales</i>	25723 (1ª solicitud denegada) 25890 (2ª solicitud)	30/6/1900	5/5/1902
15/9/1900	<i>Aparato receptor para oscilaciones eléctricas</i>	26574	19/12/1900	3/6/1902
25/10/1900	<i>Mejoras en aparatos para telegrafía sin hilos</i>	26745	16/1/1901	3/6/1902
18/2/1901	<i>Mejoras en aparatos para la telegrafía sin hilos</i>	27355	5/8/1901	11/6/1904
28/10/1902	?	30563	16/2/1903	?

Conviene señalar que la legislación sobre propiedad industrial vigente entonces en España no preveía un análisis de la novedad de lo reivindicado en las memorias de las

escala y hasta le parece impropio que hayan asistido personalidades tan distinguidas cuando tanto ha sido lo conseguido por el propio Marconi fuera de España (citan la comunicación a través del Atlántico), y en España se ha fundado la empresa de Cervera.

³⁷ Véase *Electrón*, año VIII, nº 230 (20/11/1903), “Telegrafía sin hilos en España”. También el libro de Estrada y Agacino, apartado 176.

solicitudes de patente, como paso previo a su concesión. Ésta venía a ser, pues, sólo una constatación oficial de la existencia de la reivindicación, haciéndose el Estado depositario de la documentación correspondiente. Para que las patentes se mantuvieran en vigor durante el plazo máximo previsto de veinte años era necesario, además de pagar unas tasas, acreditar su puesta en práctica en un plazo no superior a dos años, trámite que se cumplía mediante la certificación de una persona cualificada designada de oficio, que en el caso de máquinas o aparatos comprobaba no tanto su puesta en explotación como su mera existencia física acorde con la descripción de las memorias³⁸. Marconi cumplió todos estos requisitos en las seis primeras patentes, y es de suponer que también lo hiciera en la última. La puesta en práctica de la primera se acreditó en Sevilla y la de las demás en Madrid, en los talleres de José Ramos, calle de Ayala, 37.

En 1899 Marconi cedió a la sociedad que había creado, *The Wireless Telegraph and Signal Company, Limited*, sus dos primeras patentes. Precisamente por no ser ya propietario de la segunda, se le denegó el certificado de adición que con el número 25723 pidió al año siguiente. La empresa, entonces, renovó la solicitud, con el número 25890. En 1901 Marconi le cedió –ya con el nuevo nombre de *Marconi's Wireless Telegraph Company, Limited*– la cuarta patente. Después solicitó las patentes quinta y séptima conjuntamente con la empresa, pero –curiosamente– no la sexta, que suscribió solo y, a juzgar por la documentación conservada, no transfirió después.

Patente 20041

Una de las primeras cosas que debió hacer Marconi a su llegada a Londres con su madre a mediados de Febrero de 1896, fue ocuparse de registrar el invento que traía de Italia, pues en carta a su padre fechada el 11 de Marzo le escribe que ha obtenido los derechos de patente provisionales, válidos por seis meses. Inmediatamente, en otra carta del 21 del mismo mes, menciona la posibilidad de obtener patentes definitivas, no sólo en Inglaterra sino también en el extranjero. Solicitó la inglesa el 2 de Junio de 1896, con el número 12039 de ese año, entregó su especificación completa el 2 de Marzo de 1897, y le fue concedida el 2 de Julio. La solicitud de la patente española 20041 es, pues, anterior a la entrega de la especificación completa en el registro inglés, y la concesión se produjo en España casi seis meses antes que en Inglaterra, lo que no resulta extraño si se tiene en cuenta que en el segundo país las reivindicaciones de los inventores eran sometidas a un análisis de fondo. En una nueva carta a su padre el 9 de Enero de 1897³⁹, Marconi le informa que, además de en Inglaterra, ha solicitado derechos de patente en Rusia, Francia, Italia, Alemania, Austria, Hungría, España, EE. UU. e India, y le indica también su deseo de hacer lo mismo en otros países, si consigue el dinero necesario.

La *memoria* de la patente española no es una simple traducción de la *patent specification* de la patente inglesa⁴⁰. Seguramente las reacciones que Marconi y sus amigos observaran en el tiempo transcurrido entre la redacción de ambos textos, les moverían a adelantarse a posibles dificultades con la solicitud inglesa, introduciendo

³⁸ Para una documentación completa, véase el libro de J. Patricio Sáiz González, *Invencción, patentes e innovación en la España contemporánea*, Madrid, 1999.

³⁹ Esta carta y las dos anteriores, en “Letters from Guglielmo Marconi to his Father, 1896-1898”, artículo citado.

⁴⁰ Para el texto inglés se sigue una amplia reseña publicada, bajo el título “Marconi telegraphy”, en *The Electrician*, September 17, 1897, vol. 39, p. 216.

cambios. Entre Julio de 1896 y Marzo de 1897 Marconi realizó diversas demostraciones para el Post Office, bajo la protección del Ingeniero Jefe, William Henry Preece, así como para el Ejército y la Marina. También ayudó a Preece en una importante conferencia que dio el 12 de Diciembre, a la que asistió la prensa, que en sus titulares le presentó como “the inventor of wireless”, provocando la indignación de Oliver Lodge y una fuerte reacción de los círculos científicos que reclamaban la prioridad para el profesor de la Universidad de Liverpool.

Las figuras que acompañan a ambos documentos son idénticas y el material presentado es prácticamente el mismo, pero en la versión inglesa aparece reorganizado para dejar claro que las ideas básicas no son nuevas –como era realmente el caso– pero su realización práctica sí. De hecho, tras comenzar declarando que su invento se refiere a la transmisión de señales por medio de oscilaciones eléctricas de alta frecuencia, y después de describir brevemente los aparatos que propone, Marconi subraya modestamente que su invento tiene que ver en gran medida con la forma en que están contruidos estos aparatos y la manera de conectarlos, y pasa después a detallar sucesivamente las mejoras introducidas.

Siguiendo el orden del texto inglés, mejor estructurado que el español, puede resumirse la patente comenzando con las mejoras en el receptor, de las que figuran en primer lugar dos procedimientos electromecánicos para conmutar el cohesor al estado no conductor después de recibir el impulso de radiofrecuencia. En uno el tubo cohesor recibe el golpeteo del brazo de un “rompe-contactos” o vibrador semejante en construcción al de un timbre eléctrico. En el otro las limaduras se agitan moviendo ligeramente hacia fuera y hacia dentro uno o ambos tapones del tubo mediante “un pequeño electroimán (o imanes) [en la versión inglesa añade “or vibrator”] cuya armadura comunica con el tapón”. (Figura 5).

Marconi se refiere al cohesor como “la aplicación mecánica que utilizo como corta circuito”, y más adelante lo llama “tubo sensible”. Su construcción la explica detalladamente (figura 6). En pocas palabras se trata de un tubo de vidrio en el que entran ajustados dos trozos de alambre de plata gruesos, dejando en el centro un pequeño espacio, en el que se dispone holgadamente una mezcla de limaduras de níquel y plata (10% de ésta, 4% en la versión inglesa), a la que se puede añadir una pequeñísima cantidad de mercurio. El tubo va sellado y, preferiblemente, evacuado. La corriente que circula por el cohesor cuando conduce no debe ser mayor de 1 mA, pudiéndose –aunque no es recomendable– disponer varios en paralelo, cuando se requiera una corriente mayor en el circuito local, y siempre que todos sean sacudidos por el vibrador. Conviene utilizar en el circuito un solo elemento de pila Leclanché “puesto que una fuerza electromotriz mayor de 1,5 volts es susceptible de lanzar una corriente por el tubo aun cuando no se transmitan oscilaciones”, pero pueden agruparse en serie varios cohesores en el mismo tubo si se utiliza una tensión mayor (figura 7). Además del cohesor se describen las placas que lo acompañan en la recta focal del reflector, y el procedimiento utilizado para ajustar su longitud con objeto de que estén “eléctricamente afinadas [en otro lugar “afinadas o templadas”] y graduadas con las oscilaciones eléctricas que se transmiten”. Para esto se pega una tira rectangular de hoja de estaño sobre una placa de vidrio, y se divide en dos haciéndole un corte transversal en el centro con una navaja. Colocando la hoja paralelamente al eje del oscilador y a unos pocos metros de distancia, saltará una chispa en el corte. Acortando poco a poco la hoja, la longitud deseada será aquélla para la que se obtenga chispa a mayor distancia

Marconi es consciente de la posibilidad de interferencias en el cohesor, debidas a los transitorios y chispas producidos en el vibrador que lo golpea o en otros aparatos colocados en sus proximidades o intercalados en su circuito. Para evitarlas coloca resistencias grandes de baja autoinducción en paralelo con todas las bobinas y todos los interruptores (figura 5).

Se resalta que para evitar “que la oscilación de alta frecuencia que el transmisor induce [...], se disipe recorriendo los alambres de la batería local, lo cual pudiera debilitar su efecto en el tubo sensible”, utiliza pequeñas “bobinas atrancadoras u obstructoras” (“choking coils” en la versión inglesa; obsérvese, de pasada, el origen del término castellano *choque de radiofrecuencia*). (Figura 6).

La última mejora que se señala en el receptor es la modificación de la forma de las placas conectadas al cohesor, para que sea posible montar aquél en un reflector parabólico ordinario, de manera “que intercepte el anillo de radiaciones reflejado que existe delante o detrás del foco del reflector”. Las placas (figura 8) forman ahora una corona circular con dos cortes separados 180°; en uno se inserta el cohesor y en el otro, opcionalmente, un condensador. La longitud de la circunferencia de esta corona puede determinarse experimentalmente por el mismo procedimiento usado para las placas rectangulares, “empleando una anilla de hoja de estaño con un sencillo corte a través de ella”.

Por lo que se refiere al transmisor, se especifican mejoras relativas a la construcción del oscilador y del interruptor vibrante del primario de la bobina de inducción. Tres variantes de la disposición de las esferas del oscilador pueden verse en las figuras 9, 10 y 11. Las dos primeras están pensadas para su colocación en reflectores cilíndricos y la tercera en un reflector de revolución. En cuanto al interruptor, para que la bobina de inducción funcione con regularidad, los contactos de platino deben encontrarse en buen estado, pero la chispa que salta en cada apertura hace que tiendan a adherirse y deteriorarse. Para evitarlo y aumentar su duración, se propone que uno de los contactos gire continuamente mediante un pequeño motor eléctrico (figura 9).

A partir de este punto, y antes del listado final de reivindicaciones, los dos documentos, español e inglés, son muy parecidos, y se refieren a disposiciones del transmisor y del receptor para comunicar a “grandes distancias” (“considerable distances” en la versión inglesa), sin usar reflectores. El texto español, que comienza refiriéndose a la figura 12 de la memoria (figura 12), es como sigue:

t, t son dos polos o postes que comunican por un cable t¹ del cual van suspendidos por medio de suspensores aisladores dos planchas metálicas t² t² que están en comunicación con las esferas o globos e (que llevan aceite u otro dieléctrico[...]) y con las otras bolas t³ próximas a las esferas c¹ que comunican con la bobina o transformador c. Las bolas t³ no son de absoluta necesidad por cuanto que se puede hacer que las planchas t² comuniquen con la bobina o transformador por medio de alambres aisladores delgados. El receptor que adopto con esta clase de transmisor se asemeja a él, con la excepción de que las esferas van sustituidas por el tubo sensible j y las planchas k, al paso que las esferas t³ van reemplazadas por las bobinas obstructoras k' que están enlazadas al circuito local...

En las instalaciones permanentes conviene reemplazar las planchas por medio de cilindros metálicos cerrados por uno de sus extremos, colocándolos sobre el polo o poste a modo de casquete y apoyándolos sobre aisladores...

Cuando se transmite por la tierra o través del agua me sirvo de un transmisor como el representado en la figura 13 [Figura 13]. Pongo una de las esferas d en comunicación con

tierra E, preferentemente por medio de un hilo grueso, y la otra esfera la pongo con una placa o conductor u que va suspendido de un polo v, y aislado de tierra. También pueden suprimirse las esferas d y conectar una de las esferas e con tierra y la otra a la placa o conductor u. En la estación receptora, figura 14 [Figura 14], también conecto una de las terminales del tubo sensible j con tierra E por medio de un alambre grueso, y el otro terminal a una placa o conductor w que de preferencia deberá ser semejante a u. La placa w puede ir suspendida de un polo o poste x y deberá estar aislada de tierra. Cuanto mayores sean las planchas del receptor y transmisor, y cuanto más elevadas estén de la tierra, mayor será la distancia por la cual se puede comunicar. Cuando se use el aparato últimamente descrito, no es necesario tener ambos instrumentos uno a la vista del otro, puesto que de nada serviría si están separados por montañas u otros obstáculos. En el receptor se pueden recoger las oscilaciones de la tierra o del agua sin tener la plancha w. Esto se consigue uniendo los terminales del tubo sensible j, a dos tierras que estén preferentemente separadas a determinada distancia y en línea con la dirección de donde proceden las oscilaciones. Estas conexiones no deberán ser conductoras en absoluto sino que deberán comprender un condensador de capacidad adecuada.

También pueden utilizarse globos en vez de placas montadas sobre postes, con tal que puedan elevar una placa o sean ellos mismos conductores, yendo forrados de hoja de estaño. Como es mucha la altura a la cual pueden elevarse, se multiplica considerablemente la distancia a través de la cual se puede comunicar. También se pueden emplear con éxito cometas haciéndolas conductoras por medio de hoja de estaño.

Todavía se refiere la memoria a las precauciones a observar para aislar eléctricamente el transmisor y el receptor de una misma estación, y el documento termina con un “resumen” de 18 puntos (19 “claims” en la especificación inglesa), en los que se resumen los aspectos pretendidamente novedosos.

En el texto de esta primera patente de Marconi se percibe una clara discontinuidad, más acentuada en la versión inglesa, cuando el inventor termina la detallada relación de las mejoras introducidas en sus aparatos con antenas dipolo horizontales, y añade, seguramente recogiendo sus experiencias más recientes, la descripción de algunas disposiciones para alcanzar distancias mayores, basadas en la utilización de monopolos verticales. Este corte se produjo también en la orientación de sus trabajos. Muy pronto los pequeños dipolos, que conllevaban frecuencias altas de oscilación y alcance visual por onda de espacio, fueron abandonados, hasta muchos años después, en favor de monopolos verticales cada vez más altos, determinantes de frecuencias más bajas y mayores alcances por onda de tierra. Cuando John Ambrose Fleming inspeccionó, en Abril de 1898, la comunicación establecida entre la isla de Wight y Bournemouth, distantes unas 14 millas sobre el mar, Marconi había abandonado el tipo de oscilador ideado por su maestro Righi, con esferas inmersas en aceite, y utilizaba cuatro esferas equiespaciadas en el aire, una de las exteriores conectada a tierra y la otra a una tira de malla de alambre de unos 120 pies de largo que se izaba por intermedio de un aislador de ebonita a una cruceta en lo alto de un mástil. En idéntica antena se intercalaba el cohesor, conectado a su circuito local a través de choques de radiofrecuencia⁴¹. (Figura 15).

Patentes 23449, 25890 y 26574

Las dos patentes siguientes de Marconi en España, 23449 y 25723, parecen corresponderse respectivamente con las inglesas 12326, de 1898, y 6982 de 1899. La

⁴¹ J. A. Fleming, *The Principles of Electric Wave Telegraphy and Telephony*, third edition, London, 1916, p. 580. Ejemplar existente en el Museo Postal y Telegráfico, Madrid.

26574 equivale claramente a la inglesa 25186, también de 1899⁴². Las tres fueron producto de los esfuerzos llevados a cabo en esos años para aumentar el alcance de las comunicaciones, y lograr alguna sintonización de los receptores que permitiera corresponder solamente con los transmisores deseados.

Marconi aumentó la altura de los monopolos verticales, y mejoró la sensibilidad de los receptores mediante lo que denominó desenfadadamente en inglés “jigger” (*chisme* o *cacharro* en el argot de la época victoriana), y designó en castellano más convencionalmente como “bobina de inducción”. Este *jigger* era básicamente un transformador de radiofrecuencia colocado entre el circuito de antena y el del cohesor para aumentar el voltaje en los terminales de éste. La nueva disposición del receptor se presenta en la patente española 23449 y puede verse en la figura 16. Hay que señalar la presencia del condensador en serie con el secundario del transformador, cuya misión no es sólo la obvia de impedir el cortocircuito de la pila, sino que constituye, junto con el transformador, un elemento de sintonía. Así se lee en la memoria:

También es conveniente el que la bobina de inducción esté en armonía con la oscilación eléctrica transmitida, variando el número adecuado de vueltas y el espesor más adecuado del alambre, con arreglo a la longitud o extensión de la onda de la oscilación transmitida.

La capacidad del condensador deberá variar (con objeto de obtener los mejores resultados), si varía la longitud de onda.

A la mayor inmunidad a la electricidad atmosférica, como consecuencia de tener la antena conectada a tierra a través del primario del *jigger*, debe referirse este otro párrafo:

La introducción de la bobina en el conductor [la antena], no tan solo perfecciona [¿traducción de *improves*?] las señales, sino que también evita en alto grado cualquier interceptación debida a las influencias atmosféricas.

La patente da todos los datos constructivos del condensador (seis placas de estaño o cobre conectadas a cada terminal, aisladas con papel parafinado) y del transformador (bobinas arrolladas sobre un tubo de vidrio), este último en dos casos: un conductor de antena “formado por 7 cuerdas de alambre de cobre de cerca de un milímetro de diámetro, 140 pies de largo, estando la parte superior del conductor a 120 pies de altura de la tierra” y otro constituido por “una red de hierro galvanizado de unos 2 pies de ancho por 130 pies de largo, estando la parte superior del enrejado a unos 110 pies por encima del piso”.

En la patente 25890 se presenta como ventajosa una manera de bobinar el devanado secundario (lado del cohesor) del *jigger*, no en capas uniformes sino por secciones de

⁴² Apoyándose en la información que aporta Fleming en su libro citado, resulta muy verosímil la equivalencia española de las dos primeras patentes y segura la de la tercera. En la p. 585 da detalles, incluidas figuras, aunque sólo menciona explícitamente la 25186, que –precisa– es de 19 de Diciembre de 1898. En la p. 598, escribe que las patentes 12326, de 1898, y 6982 y 25186, de 1899, son las que describen el *jigger*, que él llama también “oscillation transformer”. Hay que quedarse con el año 1899 para la 25186, pues ésta se refiere a las últimas mejoras de una secuencia, y descartar como errata la referencia a 1898. A mayor abundamiento, Estrada y Agacino en su libro citado datan en Diciembre de 1899 una patente de la que no dan el número, pero cuyo contenido coincide con el de la 25186. También Marconi, en la solicitud de la patente española 27355, menciona una vez las patentes inglesas 6892 y 25186 de 1899 y dos veces la 12326, asignándola en un caso el año 1898 y en el otro, claramente una errata, 1896.

longitud progresivamente decreciente (figura 17). Según Fleming⁴³, se encontró después que esta forma de bobinar no resultaba útil en la práctica, y se abandonó en favor de la convencional.

En la patente 26574 se describe otra pretendida mejora en el *jigger*, consistente en interrumpir en su punto medio el secundario del transformador e intercalar allí el condensador. En paralelo con éste queda el circuito local del cohesor (figura 18). La memoria detalla la construcción de dos transformadores así realizados, uno devanado de forma convencional en torno al tubo de vidrio y otro en secciones de longitud decreciente. El inventor declara que ambos diseños “dan los mejores resultados cuando la altura o longitud del conductor aéreo es de 150 pies en cada estación”.

Es posible que Marconi experimentara con el *jigger* ya desde 1898, y que lo utilizara para establecer su celebrado enlace a través del canal de la Mancha en Marzo de 1899, que tanta atención despertó. Se sabe de su empleo en las maniobras de la armada británica en Julio y Agosto de ese año, en las que tres buques fueron dotados de estaciones⁴⁴. Quizá también lo incluyera Marconi en los equipos que llevó a EE. UU. en su primer viaje a este país, entre Septiembre y Noviembre. Con ellos transmitió desde el mar noticias de la regata de la Copa de América y posteriormente realizó demostraciones ante el ejército y la marina.

Patente 26745

La patente española 26745 corresponde a una parte de la famosa *four-sevens patent*, la inglesa 7777, de 26 de Abril de 1900, con la que Marconi avanzó grandemente en la consecución de lo que dio en llamarse *syntonie telegraphy*, en la que un transmisor pudiera corresponder solamente con el receptor o receptores designados. A juzgar por la reseña que de la 7777 hace Fleming⁴⁵, su especificación contiene, al menos: la descripción de transmisores y receptores; nueve “tunes” o *sintonías*, es decir todos los detalles constructivos de otros tantos pares transmisor/receptor preparados para operar conjuntamente; y disposiciones para establecer dos comunicaciones simultáneas en el mismo sentido, utilizando una sola antena en cada extremo (modo dúplex). Sin embargo, la memoria española, presentada seis meses después, sólo se refiere a los transmisores y receptores, y da algunos datos genéricos sobre las bobinas y condensadores empleados, sin llegar a concretar ninguna *sintonía*. El funcionamiento en dúplex no se menciona. ¿Será la memoria española traducción de una especificación provisional inglesa, sustituida después por otra definitiva, más amplia? Avala esta posibilidad el hecho de que Fleming no presenciara hasta Septiembre de 1900 “ciertas notables demostraciones” de los avances realizados⁴⁶ en relación con la *telegrafía sintónica*.

No bastaba con sintonizar el receptor, como se había hecho con el *jigger*. Era necesario poder controlar también la frecuencia de emisión, hasta entonces determinada fundamentalmente por la antena utilizada, y, antes que nada, que existiera propiamente

⁴³ Libro citado, p. 585.

⁴⁴ Fleming, libro citado, p. 591.

⁴⁵ En su libro citado, a partir de la p. 594.

⁴⁶ “Some mention of these advances [those claimed in the patent] was made by the author [Fleming] in a letter published in the *Times* of October 4, 1900, in which the results of certain remarkable demonstrations given in the previous month were described”. Libro citado, p. 594.

tal frecuencia, es decir que el oscilador del transmisor produjera verdaderos pulsos de radiofrecuencia de amplitud mucho más constante y menos amortiguada que la que podía obtenerse descargando un circuito de antena de baja capacidad y altas pérdidas por radiación. En la figura 19 se representa la mayor innovación de la patente, que es la nueva configuración del transmisor. El descargador, reducido a dos esferas en el secundario de la bobina de inducción, cierra, al saltar la chispa, un circuito resonante formado por el condensador ajustable e y la bobina d . Ésta se acopla a otra, d^1 , intercalada en el circuito de la antena, donde también hay una inductancia variable g . La memoria justifica todo esto así:

Este mecanismo permite imprimir mucha mayor energía al radiador que hasta aquí, siendo el circuito casi cerrado de la [bobina] primaria un buen conservador, y el circuito abierto de la secundaria un buen radiador de ondas eléctricas.

Del transformador de radiofrecuencia se comienza afirmando que sus dimensiones “pueden variar en límites muy extensos”, y como para corroborarlo se dice, primero, que se han obtenido buenos resultados, funcionando con antenas de hilo vertical de cien pies de largo, con bobinas primaria y secundaria de aproximadamente igual longitud (10, 20, 30 y 40 vueltas), diámetro de unas cuatro pulgadas y alambre de cobre aislado de dos milímetros de diámetro. Más adelante, en la descripción de las figuras, se informa que los resultados son todavía mejores si se utilizan menos vueltas, “una o dos”; y, a renglón seguido, que “el circuito primario d del transformador puede consistir en unos 150 centímetros de cable compuesto de 7 cables torcidos de alambre de cobre, cada uno como de un milímetro de diámetro, combados en forma de círculo o en cuadro, y la secundaria d^1 consistirá en ese caso en las mismas vueltas de cable de igual forma y tamaño”. En cuanto al condensador e , formado por “tres o cuatro botellas de Leiden de una pinta de cabida”, se precisa en la descripción de las figuras que su capacidad “puede ser de .01 a .02 microfarad”. Llama la atención que se represente con el símbolo de condensador variable.

En el receptor se proponen menos cambios. Uno de los esquemas propuestos es el de la patente española 26574, que se había solicitado el mes anterior, con la sola adición, como se ve en la figura 20, de un condensador h , en paralelo con el cohesor. Este condensador es variable, formado por dos tubos metálicos que se enchufan uno en otro, con un dieléctrico intermedio. El otro receptor se corresponde más con el que se vio al tratar de la patente 23449, solo que el condensador k^1 de aquel esquema ha pasado a ser el j^3 , intercalado en el medio del primario. También aquí se añade el condensador variable h en paralelo con el cohesor. Parece como si en ambos casos, una vez añadido el condensador h , el j^3 pudiera quedar como mero bloqueador de la corriente continua del circuito local del cohesor.

Obsérvese que no sólo los circuitos que el texto llama primarios contienen elementos de ajuste. Tanto en transmisión como en recepción, los secundarios de antena disponen de la inductancia variable g o g^1 y el remate capacitivo del hilo vertical, f o f^1 , descrito como “un cilindro metálico”. La patente española no da ninguna regla sobre cómo proceder experimentalmente en los ajustes para lograr parejas transmisor-receptor en sintonía; tan sólo la formulación del objetivo a alcanzar:

Los cuatro circuitos que incluyen, respectivamente, la primaria y la secundaria d d^1 del transformador en el transmisor, y la primaria y la secundaria j^1 j^2 en el receptor, deberán estar ajustados de manera que forman el producto de la auto-inducción multiplicado por la

capacidad, lo mismo en cada caso, es decir, que su periodo de tiempo eléctrico deberá ser el mismo.

Patente 27355

Aunque esta patente fue solicitada cuatro meses después de la 26745, su material parece más antiguo, posterior al desarrollo del *jigger*, pero anterior al decisivo invento del circuito oscilador cerrado acoplado mediante un transformador al circuito abierto de la antena. En cualquier caso, como la anterior, es fruto de las tentativas para lograr la *telegrafía sintónica*.

El oscilador es todavía aquí el primitivo abierto de dos esferas, conectada una a tierra y la otra al hilo vertical que hace de antena, pero próximo a éste se coloca otro conductor conectado a tierra con la idea de conseguir una mayor capacidad en el circuito. La realización puede ser de forma que los dos conductores formen un “cable concéntrico”, siendo el exterior el que va unido a una de las esferas y el interior el que va a la otra y a tierra, o bien “se pueden colocar dos alambres, varillas, tiras o listones aislados uno de otro”. En el receptor se repite la misma disposición del par de conductores: el que hace de antena va a un terminal del cohesor o del *jigger* y el otro va al otro terminal y a tierra. En la figura 21 puede verse, además, que se intercala una bobina en serie con el condensador formado por los dos conductores. La autoinducción de la bobina de los transmisores puede variarse en un margen grande, mientras que la de los receptores es fija, convenientemente elegida. Escribe Marconi que ha observado que variando la autoinducción de un transmisor puede conseguirse que sólo responda el receptor cuyo “sistema eléctrico compuesto del par de conductores y su bobina de auto-inducción asociada” esté en resonancia con el del transmisor, con tal que la distancia entre ambos “no sea demasiado pequeña”, y que de esta manera, “por medio de ensayos sistemáticos” puede ajustar cada receptor para que responda a un transmisor.

Las ideas de esta patente debieron abandonarse pronto, pues Fleming ni siquiera las menciona en su libro. Sí aparecen en la reseña que hacen Agacino y Estrada de los trabajos de Marconi en relación con la sintonía. Estos autores⁴⁷ atribuyen a Fleming, las siguientes palabras, seguramente escritas tras presenciar las mencionadas “notables demostraciones” de Septiembre de 1900:

Consecuencia de estos últimos adelantos es la inutilidad de antenas muy elevadas, al menos para medianas distancias. En efecto, Marconi ha comunicado perfectamente y con independencia, sin alambres, entre Poole y St. Catherine's, a 50 kilómetros, por medio de un par de cilindros de metal elevados sólo 9 o 10 metros sobre el terreno en cada lugar.

Las patentes españolas de Cervera sobre telegrafía sin hilos

Cervera solicitó entre 1899 y 1902 las siete patentes que se relacionan en el cuadro. Fueron *patentes* propiamente dichas la primera y la última, siendo las otras cinco *certificados de adición* a la primera.

⁴⁷ Libro citado, 2ª edición (1905), apartado 86 bis.

Fecha de solicitud	Número	Fecha de concesión	Fecha de acreditación de la práctica	Título
31/8/1899	24717	20/9/1899	18/10/1901	<i>Procedimiento mecánico y químico a la vez para transmitir y recibir ondas eléctricas a distancia, con objeto de producir señales y movimientos de aparatos o máquinas, mediante el uso de aparatos especiales que se reivindican</i>
17/10/1899	24899	10/11/1899	2/11/1901	
11/11/1899	25038	11/12/1899		
30/4/1900	25906	30/6/1900	2/11/1901	
25/1/1901	27228	6/4/1901		
14/12/1901	28948	20/1/1902		
29/1/1902	29197	22/4/1902		<i>Aparato trasmisor y receptor de señales por medio de oscilaciones electro-magnéticas</i>

Cervera pidió que se acreditara la puesta en práctica de sus cuatro primeras patentes, lo que se hizo en Madrid, en el taller del Batallón de Telégrafos del Cuartel de la Montaña. Este trámite no se llevó a cabo para las otras tres. De la última quedó sin pagar la tercera anualidad.

Patente 24717

Se refiere a un sistema completo transmisor/receptor de ondas electromagnéticas de radiofrecuencia que puede aplicarse “a telegrafía sin hilos, a explosión de minas terrestres y submarinas, a movimiento de máquinas, explosión y manejo de torpedos terrestres, marinos y aéreos”.

En el transmisor, el oscilador está constituido por una bobina de inducción cuyos terminales se unen a sendas esferas de metal al aire libre, “muy próximas”, entre las que salta la chispa (figura 22). En clara referencia al oscilador de Righi, utilizado al principio por Marconi, se insiste en que no hay que introducir estas esferas “en vasija de pergamino ni de otra clase, que forme recipiente para llenarlo de aceite, vaselina, ni líquido alguno”.

Los terminales de la bobina de inducción se conectan también, uno a un largo hilo o cable que sirve de antena, y el otro a tierra. El extremo elevado de este hilo o cable puede adoptar distintas formas (figura 23). De nuevo aquí una alusión a Marconi: “Tampoco hay necesidad de emplear reflectores parabólicos, cilíndricos, esféricos, ni de ninguna clase ni forma”.

El receptor utiliza idéntica antena vertical, en cuyo circuito se intercala un cohesor formado por una “lámina o película sensible” comprimida entre dos plaquitas metálicas, que a su vez están unidas a sendos alambres que sirven de terminales. La película

sensible es una mezcla de gelatina, limaduras metálicas muy finas y polvos de carbón. Los metales de las limaduras pueden ser varios, utilizándose “con ventaja” una mezcla de cobre, plata y níquel, o también de acero endurecido y cobre. La gelatina puede sustituirse por alcohol, glicerina o aceite, adoptándose entonces disposiciones que impiden que la película sensible se derrame o se seque, como contenerla en una ranura practicada en una lámina de goma elástica o de ebonita (figura 24). Escribe Cervera que en su cohesor no hay tubo de cristal como en los de Marconi, ni de marfil como en los de Ducretet, ni de ebonita, “ni cilindros de plata, ni hilos de platino, ni planchas metálicas soldadas a los extremos de los tubos, ni tubos conectados graduables”. Y añade, continuando con la referencia tácita al de Marconi, que “no hay necesidad en él de hacer el vacío imperfecto ni de efectuar soldadura alguna”.

La memoria de esta patente no detalla completamente el resto del receptor, limitándose a indicar que el cohesor “se intercala en un circuito ordinario con una o varias pilas, con un relevador [relé], con un explosor o con los aparatos que se crean necesarios, según los usos a que se destine y con las resistencias, condensadores y conexiones que la ciencia aconseja en cada caso, para evitar las extra-corrientes, efectos de selfinducción, etc.” Menciona la necesidad de que la corriente de pila que circule por el cohesor cuando éste conduzca sea muy débil, para lo cual es preciso intercalar resistores de valores precisos que el inventor construye ex-profeso a partir de “pequeñas láminas o cilindros de carbón, sujetas en sus extremos por placas o cilindros metálicos que permiten aproximarse entre sí y graduar con precisión la resistencia”. También hay referencia a que, en ocasiones, para que funcione el relé o aparato insertado en el circuito se necesita una corriente mayor de la que puede soportar un cohesor como el descrito, y entonces puede utilizarse un cohesor “compuesto”, con varias películas sensibles intercaladas entre plaquitas metálicas. Seguramente por olvido no se indica la necesaria conexión en paralelo de los cohesores individuales, pero en la patente siguiente se dice que deben unirse eléctricamente de una parte las plaquitas impares y de otra las pares.

La imprescindible sacudida mecánica al cohesor después de recibir cada impulso de radiofrecuencia para que recupere su condición anterior de alta resistencia, se logra golpeando, no directamente el cohesor, sino la base de cristal que soporta dos pies metálicos sobre los que va montado. Se usa para ello un macito “unido a la armadura de un electroimán intercalado en un circuito local”, circuito que no se describe.

La patente da detalles de un ingenioso manipulador electromecánico, dispuesto en forma de teclado como el de las máquinas de escribir, de manera que al apoyar en el dedo en una tecla que lleva grabada la letra o señal deseada, se transmita la correspondiente secuencia de puntos y rayas del alfabeto *Morse*. El mecanismo resuelve también el problema de que la velocidad de transmisión sea constante, suficientemente lenta y compatible con la cadencia de rupturas del primario de la bobina de inducción. Al enviar un punto, la pila permanece conectada al primario durante un tiempo en el que se produce un número suficiente de chispas en el secundario o, lo que es lo mismo, de impulsos de radiofrecuencia en el circuito de antena; para la raya el tiempo que dura esta conexión es, lógicamente, mayor.

Cervera obtuvo en Inglaterra una patente (la 20084 de 21/7/1900) que, a juzgar por la reseña publicada por *L'Éclairage Électrique* de 19/10/1901⁴⁸, se corresponde con esta primera española. Lo mismo debió hacer en Bélgica, pues, como se verá, en la memoria de su última patente española asegura que su cohesor ha sido “patentado ya anteriormente en España, Bélgica e Inglaterra”.

Patente 24899

Reivindica dos mejoras o perfeccionamientos, ambos relativos al cohesor. Por un lado, la utilización, como alternativa a las películas sensibles de gelatina, de “láminas muy delgadas de una substancia de origen orgánico, vegetal o animal, impregnada de una disolución ligerísima metálica, o ligerísimamente ácida”, de las que no da más detalles. Por otro lado, el acoplamiento magnético del cohesor al circuito de la antena receptora, en lugar de su inserción directa en él, realizado mediante una bobina arrollada en torno a los hilos terminales, ahora de hierro (figura 25). Ésta puede haber sido una modificación importante para aumentar la sensibilidad del receptor, ya que la corriente en el hilo vertical de antena es máxima en su extremo inferior, donde se coloca la bobina.

Patente 25038

Registra básicamente dos procedimientos para sacudir el cohesor al ritmo con que se producen los impulsos de radiofrecuencia. En uno se le hace vibrar, y en el otro se le hace girar mediante un motor eléctrico. Ambos parecen requerir cambios en la construcción del cohesor, que no están descritos con claridad. Por primera vez aparece representado el circuito local del cohesor, donde éste va simplemente conectado en serie con la pila, la bobina de un relé y dos resistencias. Figura 26.

Esta patente y las dos anteriores deben ser producto del trabajo, que hay que suponer muy intenso, llevado a cabo por Cervera y sus colaboradores en el corto periodo de tiempo comprendido entre Julio y Noviembre de 1899, tras el regreso de la visita a las instalaciones de Marconi en ambos lados del canal de La Mancha. Los equipos que describen permitirían efectuar las primeras experiencias de finales de ese año, entre ellas la demostración a los reyes y autoridades en el Cuartel de la Montaña.

Patente 25096

El cohesor vuelve, como al principio, a estar intercalado directamente entre antena y tierra, además de conectado al circuito local del relé, y la bobina que se describe en la patente 24899, devanada en torno a los alambres terminales del cohesor, se inserta ahora en otro circuito auxiliar de corriente continua, para producir un campo magnetostático en el cohesor, con objeto, según se asegura en las patentes 28948 y 29197, de aumentar la sensibilidad del receptor. Este campo se suprime en la descohesión. Una alternativa descrita consiste en devanar una segunda bobina en torno a los terminales del cohesor, y unir los terminales de una de las bobinas a la antena y a tierra, y los de la otra al circuito

⁴⁸ Tome XXIX, 8e Année, N° 42, «Télégraphie sans fil».

que produce el campo magnetostático, con lo cual el cohesor queda conectado como en la patente 24899 y, además, se le puede aplicar ese campo. (Figura 27).

También hay novedades en cuanto al relé del circuito local del cohesor. En lugar de que cierre un único interruptor que a su vez cierre otro circuito donde estén intercaladas las bobinas de los, al menos, tres relés secundarios necesarios (para sacudir el cohesor, cortar el campo magnetostático sobre él, e imprimir los símbolos del *Morse*), se prefiere, quizá para que el retardo sea menor, que cierre directamente todos los circuitos auxiliares necesarios. La patente reivindica un denominado “multiplicador”, capaz de realizar esta operación de cerrar simultáneamente varios interruptores. Figura 27.

A pesar de que la primera patente proclamaba que no había necesidad de emplear reflectores, y adoptaba como antena “un largo alambre o cable conductor más o menos alto”, al que daba diversas formas en su extremo elevado, ésta registra “reflectores metálicos de forma de paraboloides de revolución, empleados para reforzar el haz de energía ondulatoria”. Se sugiere ingenuamente colocar el “centro ondulatorio en un punto entre el foco del espejo parabólico y su vértice” porque “de esta manera, el haz de energía ondulatoria es ligeramente cónico-divergente y fácil de orientar hacia la estación receptora”, pero más ingenua resulta todavía –si es como parece– la disposición que insinúa la figura 2 de la memoria, y sobre la que el texto nada dice, en la que la antena seguiría siendo un hilo vertical puesto a tierra en su extremo inferior, y el paraboloides se colocaría tras el extremo elevado de este hilo.

Esta patente se presentó en plena comisión de Cervera (Diciembre de 1899 a Julio de 1900) para experimentar con sus aparatos fuera de Madrid, en la que logró el enlace a través del estrecho de Gibraltar, entre Ceuta y Algeciras. Es de suponer, por tanto, que las modificaciones que describe se pusieran a punto y fueran probadas en esa campaña.

Patente 27228

Además de registrar genéricamente la aplicación del sistema de Cervera “a la comunicación de trenes y tranvías en marcha y estaciones de caminos de hierro”, se refiere a un nuevo cohesor y, sobre todo, a varios procedimientos para construir antenas de gran altura, fruto de sus experiencias.

El cohesor es un tubito de material aislante, “casi capilar, o análogo a los empleados en la construcción de termómetros de mercurio”, en el que se introducen, uno por cada extremo, dos alambres “de metal conductor magnético, con preferencia de hierro recocido”, dejando entre ellos una pequeña separación donde se colocan “las limaduras metálicas o sustancia sensible a la acción de las ondas”. Figura 28.

De la “antena o conductor vertical” se dice que es “uno de los órganos más importantes de la telegrafía sin hilo”, “de cuya mayor altura depende la mayor distancia a que se puede comunicar entre dos estaciones”. El hilo o cable de la antena cuelga de un aislador sujeto a un poste formado por alguno de los varios tipos de viga armada que se describen, contruidos de “madera, palos rollizos, cañas de Indias o bambú”, con tirantes a diversas alturas que terminan en estacas clavadas en el suelo (figura 29). Se pone énfasis en que con piezas de madera y empalmes metálicos con tornillos, todo debidamente preparado y numerado, el montaje puede ser muy rápido, “de manera

análoga a como se tiende un puente militar con el material de los regimientos de pontoneros”. Para conseguir grandes alturas y también para determinar la necesaria para establecer una comunicación, puede colgarse la antena de un “globo-cometa”, mantenido sobre la vertical de la estación con tres vientos sujetos a postes o piquetas. Se reivindica, sin dar razones claras, el empleo como antena de “un cable delgadísimo compuesto con hilos de pequeñísimo diámetro”, o mejor, un solo hilo de cobre, muy delgado, de unas décimas de milímetro de diámetro, sujeto en toda su extensión a cordones de seda finos para evitar su rotura, en vez de “alambre grueso o cable de muchos hilos o red metálica, como recomiendan algunos electricistas prácticos en telegrafía hertziana”.

La solicitud de esta patente en Enero de 1901 en la que afirma referirse a “los resultados de experiencias y perfeccionamientos recientes”, puede ser una prueba de que Cervera no interrumpiera los trabajos sobre telegrafía sin hilos, a pesar de sus nuevas responsabilidades en la Escuela Superior de Artes e Industrias, para cuya dirección fue nombrado en Agosto del año anterior. En cualquier caso, sus diseños y pruebas con estructuras de fácil montaje para sostener el hilo de la antena, debieron utilizarse en la segunda campaña de ensayos en el Estrecho, que, tras una preparación en los primeros meses de 1901, iba a realizar a partir de Mayo, tras su fugaz paso por la Escuela. Así describe *La Energía Eléctrica* de 25 de Julio de 1901, ya citada, las instalaciones de este periodo:

Las estaciones se establecieron en el cerro del Camorro, próximo a Tarifa y elevado 47 metros sobre el nivel del mar, la española; y en el castillo del monte Acho de Ceuta la africana. En la inmediación de la primera se construyó un poste armado especial de 51 metros de altura, constituido por piezas de madera colocadas verticalmente, fuertemente ligadas entre sí y ensambladas, atirantando el conjunto un sistema de vientos perfectamente calculado para resistir el enorme empuje de los frecuentes vendavales del Estrecho; una escalera permite subir hasta el extremo de aquél, donde se fijó la antena y a cuyo pie se edificó una casilla de mampostería en la que se montó la estación.

El poste provisional utilizado en Ceuta es de madera rolliza empalmada, construyéndose sobre la antigua muralla para aprovechar la altura de ésta, que, sumada a la del poste, da un total de 46 metros.

Patente 28948

Solicitada en Diciembre de 1901, se refiere a “varios detalles” con los que se ha obtenido “excelente resultado”, “en las prácticas llevadas a cabo entre El Tolmo y Ceuta, (22 kilómetros), y entre las estaciones establecidas en Tarifa y Ceuta, (32 kilómetros), en virtud de una Real Orden del Ministerio de la Guerra, fecha 24 de febrero del corriente año”.

Parece descartar el transmisor con teclado de la primera patente, en favor de un manipulador *Morse* más convencional, minuciosamente descrito. Seguramente ello se debe a que éste, a diferencia del primero, está diseñado para minimizar los efectos destructores de las chispas que se producen al abrir el primario de la bobina de inducción tras transmitir un punto o una raya.

Describe, también con mucho detalle, un conmutador rotatorio de antena que tiene por objeto conectarla alternativamente al transmisor o al receptor.

En cuanto al cohesor, del que sólo dice “que es de cohesión magnética, como los patentados anteriormente”, reivindica explícitamente por primera vez el establecimiento mediante bobinas de un campo magnético sobre los terminales de hierro, para “favorecer la sensibilidad”, y hace constar que puede obtenerse el mismo resultado colocando cerca un imán. No es cierto, como dice, que “en la patente primitiva y en los anteriores certificados de adición, se establece un campo magnético con la disposición de bobinas o arrollamientos de hilo de uno de los circuitos sobre dos émbolos de hierro que constituyen verdaderos núcleos magnéticos”, pues la primera indicación del empleo de este campo no aparece hasta el tercer certificado de adición, 25096. Otra novedad es una disposición, presumiblemente encaminada a facilitar la descohesión, que hace que el cohesor reciba dos golpes sucesivos de un martillito, y entre ambos se corte un instante su circuito local. Figura 30.

Patente 29197

Como la primera, se refiere a un sistema integral de telegrafía sin hilos, pero ahora especifica que es el ensayado “con éxito completo entre Ceuta y Tarifa, por la comisión de oficiales de Ingenieros del «Batallón de Telégrafos»”. Aunque seguramente en el certificado de adición anterior ya había recogido algunas de las novedades introducidas, Cervera debió creer conveniente registrar en su totalidad la última versión de sus aparatos, tras la última campaña de pruebas en el Estrecho realizada a partir de la primavera de 1901, y faltando sólo dos meses para la constitución, en Marzo de 1902, de la sociedad anónima encargada de la explotación comercial. Como ya se ha dicho, el 17 de Mayo de este año Cervera publicó íntegramente y sin comentario alguno la memoria de esta patente en el número extraordinario de *La Energía Eléctrica*.

La memoria describe “por completo” el receptor (figura 31), no obstante afirmar que los detalles principales ya aparecen en las patentes anteriores. Sin embargo, hay alguna novedad no explicitada como tal, y es que en torno a los terminales del cohesor hay devanadas no dos, como propone la 25096, sino tres bobinas: la más interior va intercalada entre antena y tierra; la siguiente, interrumpida por un condensador del que nada se dice, se conecta a los terminales del cohesor, que también van al circuito local; finalmente, la tercera y más exterior forma parte del circuito auxiliar de establecimiento del campo magnetostático. Las dos primeras forman, pues, un transformador entre el circuito de la antena y el circuito del cohesor, y en éste hay un condensador – ¿variable?– que, en principio, estaría justificado por la necesidad de que la bobina no cortocircuite en continua el cohesor, pero que también podría servir de elemento de sintonía. De la bobina magnetizante se dice que “no es indispensable, y sirve principalmente para dar en muchos casos una sensibilidad muy grande al receptor, cuando se funciona a grandes distancias”.

Llama la atención que el circuito local del cohesor ya no activa directamente al multiplicador sino a un relé normal que a su vez da tensión al multiplicador. Éste controla cuatro interruptores en otros tantos circuitos auxiliares: uno es el del aparato telegráfico, y los otros tres sirven para realizar o favorecer supuestamente la descohesión (uno para sacudir el cohesor, otro para cortar el campo magnetostático al que se le somete, y un tercero para interrumpir su circuito local).

Puede utilizarse “cualquiera de los cohesores conocidos”, pero Cervera recomienda el suyo, “patentado ya anteriormente en España, Bélgica e Inglaterra”. Si no hubo patentes posteriores, este cohesor, a juzgar por la reseña que hace el número citado de *L'Éclairage Électrique* de su patente inglesa, sería el primeramente registrado en España, y no el posterior de la 27228. Lo confirma la descripción somera que de él hace, aunque también el texto haga pensar, después de las experiencias con el segundo diseño, en una posible supresión del vehículo líquido o gelatinoso para las limaduras:

Consiste en dos pequeños émbolos de hierro dulce recocido, que mantienen entre ellos otro disco de sustancia aisladora con un pequeño orificio en su centro. Resulta así un pequeño espacio que se llena de limaduras, o una sustancia sensible a las ondas. Los dos émbolos se mantienen oprimidos por otros dos discos que se sujetan con tres tornillos de presión.

El transmisor trae novedades, quizá importantes (figura 32). Con referencia a su esquema se dice que no se representa “el condensador que produce la descarga en el oscilador de dos esferas”. ¿Qué condensador es éste? Posiblemente uno en paralelo con los terminales del secundario de la bobina de inducción, que son también los de las esferas. Desde luego, el condensador está ahí, porque el funcionamiento se describe así: “Una corriente primaria se produce [en el primario de la bobina de inducción al cerrar el manipulador], y en el secundario SS otra corriente inducida que produce, por la descarga del condensador correspondiente, una chispa oscilante en el oscilador B. Funcionan los condensadores KK, y una corriente oscilatoria se produce en la antena A”. Poco más se indica sobre estos condensadores K: “pueden ser ordinarios [¿?], o formados con botellas de Leyden”. Cervera añade: “Suelo emplear condensadores especiales construidos por mí, y por procedimiento especial”. Es difícil pronunciarse con tal falta de datos, pero un condensador de capacidad suficiente en paralelo con el secundario de la bobina de inducción, además de permitir un cierto control de la frecuencia de oscilación, hasta ahora determinada exclusivamente por la antena utilizada, aumentaría la energía en cada impulso de radiofrecuencia y disminuiría el amortiguamiento del mismo. Los condensadores K establecerían el grado de acoplo entre el oscilador (bobina de inducción, con condensador y descargador) y la antena. Que, efectivamente, se vaya buscando aumentar la capacidad que se pone en juego en la generación de los impulsos de radiofrecuencia, pueden confirmarlo estas palabras relativas a la antena: “Empleo un alambre metálico perfectamente aislado de tierra. Con ventaja empleo un alambre de pequeña sección, y cuya capacidad la complemento con la del condensador a que va unido”.

El interruptor del primario de la bobina de inducción (que produce periódicamente las interrupciones de la corriente y los correspondientes grandes picos de tensión en el secundario), recibe mucha atención en esta patente, seguramente la debida a un órgano móvil que trabaja en condiciones duras, y de cuya robustez depende el buen funcionamiento del transmisor. Se describen y reivindican tres tipos. Uno es accionado por la propia bobina de inducción, y los otros dos son vibradores autónomos. También se describe con detalle el relé multiplicador, completando las indicaciones dadas en la patente 25096.

La patente reivindica la utilización del aparato telegráfico rápido *Hughes*, con las modificaciones que se detallan para poder trabajar sin línea física intermedia. A diferencia del *Morse*, que utiliza puntos y rayas, este equipo transmite mediante teclado caracteres alfanuméricos o símbolos ordinarios y recibe estos caracteres impresos en

cinta de papel. Cervera escribe: “Con este progreso inmenso para la telegrafía sin hilo, se hace práctica y puede competir con los cables en rapidez y perfección”.

A propósito de esta novedad, el apartado de la memoria dedicado a explicar el funcionamiento de la estación receptora termina con unos párrafos cuya concatenación, si es que la tienen, no queda clara:

Marchando los aparatos *Hughes* con una velocidad conveniente, se pueden transmitir más letras que signos del alfabeto *Morse* en los demás sistemas de telegrafía sin hilo, y por lo tanto, la velocidad de transmisión aumenta considerablemente.

Además, los aparatos resultan sintónicos.

Los aparatos *Hughes* que se utilizaban en la telegrafía convencional requerían del sincronismo para funcionar correctamente. Lo más verosímil es que Cervera quisiera decir que ese sincronismo o sintonía también se conseguía en su aplicación a la telegrafía sin hilos. En tal caso, esta única aparición de la palabra “sintónicos” en sus patentes, nada tendría que ver con la cuestión, tan en boga entonces, de la *telegrafía sintónica*.

La Energía Eléctrica de 10 de Mayo de 1902, ya citada, al informar de la constitución de una empresa española para explotar las invenciones de Cervera, con él como director técnico, afirma que la particularidad de su sistema es que emplea el *Hughes* y no el *Morse*, consiguiendo transmitir “120 letras por minuto”. En este mismo suelto la revista dice también que Cervera ha solicitado patente “de sus últimos inventos” en Estados Unidos, Francia, Inglaterra, Bélgica, Alemania, Dinamarca, Suecia, Noruega, Italia y Portugal. Seguramente, pues, una de las primeras acciones de la nueva empresa sería registrar la 29197 en todos esos países, corriendo con unos gastos que parece difícil que el inventor hubiera podido afrontar por su cuenta.

Algunas consideraciones sobre los trabajos de Cervera sobre telegrafía sin hilos

Una vez establecido experimentalmente por Marconi que para alcanzar distancias considerables, los terminales de transmisores y receptores debían conectarse uno a tierra y el otro a un largo alambre vertical, y que en estas condiciones el descargador de chispa podía tener una forma muy sencilla, establecer un enlace estaba al alcance de una persona con buenos conocimientos de mecánica y electricidad que construyera los aparatos necesarios, contando con el soporte adecuado. Así debió entenderlo Cervera tras visitar las instalaciones de Marconi a ambos lados del canal de la Mancha en la primavera de 1899, y aparentemente consiguió el apoyo de sus superiores para poner él mismo inmediatamente manos a la obra. Así lo había entendido antes Rudolf Slaby, profesor de la Universidad de Charlottenburg, quien se entrevistó con Marconi en 1897 y a su vuelta a Alemania y con la protección del káiser comenzó los trabajos que llevarían a colocar rápidamente a su país entre los líderes de la nueva tecnología, que comercializaría la empresa *Telefunken*. Otros muchos lo intentaron también en otras naciones, con mayor o menor éxito, como atestiguan las publicaciones técnicas de la época, que abundan en noticias y descripciones de aparatos y sistemas.

Para lograr sus objetivos, Cervera necesitaba disponer de un cohesor sensible, construir diversos aparatos, como manipuladores, descohesores, relés, etc., especialmente diseñados para esta aplicación, y resolver problemas de integración de los diversos

elementos, muy especialmente los de compatibilidad electromagnética. Parece poco verosímil que Cervera, ayudante de campo del General Manuel Macías desde 1894, y desembarcado en la Península en Octubre de 1898, tras participar en Puerto Rico en la campaña militar que terminó con la entrega de la isla por su jefe a los Estados Unidos, tuviera experiencia en telegrafía sin hilos anterior a su visita a Marconi, si bien es posible que estuviera al tanto de lo que se publicaba, y que por ello se le comisionara para ese viaje. En estas condiciones, desarrollar prototipos en menos de cuatro meses y funcionar con ellos a distancias de unos pocos kilómetros, y conseguir en tres o cuatro meses más el enlace entre Ceuta y Algeciras, constituye un verdadero récord, que justifica los elogios de *La Energía Eléctrica* en su número extraordinario repetidamente citado:

Espíritu osado, entendimiento lúcido, alma templada para las luchas del trabajo, sigue uno y otro día con la tenacidad del apóstol, la ímproba tarea de someter a su voluntad los caprichosos giros de la onda hertziana.

¿Cómo se compara el cohesor de Cervera, pieza clave del sistema, con el de Marconi o los de otros inventores? Difícil es contestar a esta pregunta, pues, para empezar, ni siquiera es posible saber exactamente cuál fue el diseño final que adoptó, de los varios registrados en las patentes, y ninguno de ellos está descrito con suficiente detalle en lo que se refiere a los materiales utilizados. Llaman la atención, como aspectos quizá diferenciadores, pero no necesariamente mejores, el uso de vehículos líquidos o gelatinosos para los polvos y limaduras –suponiendo que lo mantuviera hasta el final–, y la polarización del dispositivo mediante un campo magnético para, supuestamente, aumentar su sensibilidad.

Las memorias de las patentes de Cervera, a veces bastante oscuras en cuanto a la parte de radiofrecuencia de sus sistemas, son a menudo muy claras y detalladas en relación con los diversos dispositivos electromecánicos empleados, donde brillan especialmente la inventiva y conocimientos del inventor. Particularmente atrevida resulta su adaptación a la telegrafía sin hilos del aparato rápido *Hughes* de caracteres alfanuméricos, en sustitución del *Morse*.

En cuanto al *jigger*, elemento importante para aumentar la sensibilidad del receptor, da la impresión de que Cervera llegó a él independientemente de Marconi. Ya en su segunda patente, de Octubre de 1899, separó físicamente los circuitos de antena y cohesor, pero, a diferencia de Marconi, lo hizo mediante una sola bobina en el circuito de antena, devanada en torno a los terminales de hierro del cohesor, y no con dos acopladas. En su última patente, sin embargo, el *jigger* de Cervera se parece más al de Marconi de la patente española 26574, pues lleva dos arrollamientos, interrumpido en su punto medio el del lado del cohesor por un condensador, aunque el circuito local se conecta de manera distinta.

Por lo que respecta al *sintonismo*, nada hay en las patentes de Cervera que permita asegurar que trabajara para conseguirlo, aunque, como se ha señalado, la última parece registrar algún paso en esa dirección, con un transmisor formado, en la terminología de Marconi, por un “buen conservador” de las oscilaciones eléctricas, acoplado, capacitivamente en este caso, al “buen radiador”, y un receptor que incluye en el *jigger* un posible condensador ajustable.

Siempre que el cohesor de Cervera tuviera una sensibilidad parecida al de Marconi, ante la aparente no inferioridad del resto de sus componentes parece razonable atribuir al sistema del primero a finales de 1901, tal como se describe en su última patente, un alcance no inferior al que tenía el del segundo en la época de las pruebas en el canal de la Mancha, en 1899, cuando se logró enlazar Wimereux y South Foreland (32 millas) con antenas de 45 metros⁴⁹, y Wimereux y el buque *Vienne*, a la misma distancia⁵⁰. Al sistema de Cervera, que aparentemente sólo llegó a probarse, como máximo, sobre las 20 millas que separan Tarifa de Ceuta, con una antena transmisora de 50 metros, podría incluso suponerse el alcance de 85 millas que, de creer a Fleming, Marconi habría logrado en el verano del mismo año con el *jigger* en las maniobras de la Marina inglesa, entre los cruceros *Juno* y *Europa*, o en otoño entre Wimereux y Chelmsford (30 millas sobre mar y 55 sobre tierra)⁵¹.

En estas condiciones y en ausencia, por ahora, de documentación, sólo puede especularse sobre las causas de que no se lograran salvar las 50 millas entre Jávea e Ibiza, si es que realmente llegaron a construirse todos los elementos del enlace y se llevaron a cabo ensayos. Marconi había demostrado experimentalmente que el alcance aumentaba con la longitud del hilo vertical utilizado como antena, hoy sabemos que como consecuencia de la disminución de la frecuencia transmitida, frecuencia que venía determinada entonces solamente por esa longitud. De confirmarse la noticia de *Las Provincias* de que Cervera pretendía construir un mástil de 80 metros, ello indicaría que no estaba seguro de tener éxito con 50, como en Tarifa. En cualquier caso, si Cervera, siguiendo el esquema de su última patente, introdujo varios condensadores entre la antena transmisora y el descargador de chispa, el conjunto de todos estos elementos y su conexionado pudo determinar una frecuencia de emisión más alta que la de resonancia del dipolo formado por el hilo y su imagen, con el resultado de mayores pérdidas, tanto por atenuación de la onda de tierra, como por disminución de la ganancia de las antenas, como por efecto Joule, esto último especialmente si Cervera continuó empeñado en utilizar hilos de antena muy delgados. Otro problema pudo venir, paradójicamente, de la *mejor* conformación de los trenes de radiofrecuencia generados por el transmisor, de amplitud menos decreciente como consecuencia de la posible introducción de un condensador en paralelo con el descargador: Algunos autores⁵² creen que el cohesor respondía mejor a la forma de onda generada (prácticamente un impulso de rápida subida) cuando la chispa descargaba solamente una antena de baja capacidad y altas pérdidas por radiación, que a la sinusoide poco amortiguada determinada por un circuito “buen conservador” de las oscilaciones.

Conclusiones

El estudio de los inicios de la radio en España revela que, como sucedió en otros países, la Administración trató, entre 1899 y 1903, de dotarse de tecnología propia de telegrafía sin hilos, aunque lo hizo con dos o tres años de retraso respecto de los más adelantados

⁴⁹ Fleming, obra citada, pp. 587-89.

⁵⁰ Calvo, obra citada, p. 106.

⁵¹ Fleming, obra citada, p. 591 informa que esta última comunicación se produjo a continuación de la asamblea de la British Association, y previamente se refiere a que en las maniobras de Julio y Agosto se comprobó el valor del “oscillation transformer” o *jigger*.

⁵² Véase Pegram, T. W., Molyneux-Berry, R. B. y Boswell, A. G. P., “The Coherer Era. The Original Marconi System of Wireless Telegraphy”, *GEC Review*, Vol. 12, No. 2, 1997.

como Inglaterra o Alemania, y, a lo que parece, a diferencia de éstos, sin el concurso de las instituciones académicas. Comenzó el Ejército, a través de su Cuerpo de Ingenieros, que construyó aparatos y realizó ensayos, interesando después a Telégrafos. El Comandante Julio Cervera Baviera es el personaje central de toda esta actividad, que terminó a los pocos años por razones aún no aclaradas, dejando paso franco a la tecnología extranjera.

Consideración aparte merecen las patentes que Marconi registró en España durante este periodo. Su contraste con las que presentó en Inglaterra, aun sin contar con la documentación original inglesa, apunta a interesantes diferencias que pueden ayudar a clarificar el proceso seguido por el inventor en los primeros años. Las memorias de las más antiguas de estas patentes españolas constituyen, por otra parte, la primera literatura técnica en castellano sobre radio.

La nueva técnica llamó muy pronto la atención de las revistas especializadas y profesionales, que dedicaron abundante espacio a noticias y artículos. En fecha tan temprana como 1900 otro Oficial de Ingenieros, Isidro Calvo, publicó el primer libro sobre telegrafía sin hilos. Deberían ser objeto de estudio las contribuciones de ingenieros como Manuel Maluquer, Domingo de Orueta y Leonardo Torres Quevedo, que propusieron o desarrollaron aplicaciones en la transmisión a distancia de sonido e imagen, seguridad ferroviaria y telemando de máquinas.

Agradecimientos

El autor ha podido conocer, estudiar y reproducir las patentes españolas de Marconi y Cervera gracias al Profesor J. Patricio Sáiz González, de la Universidad Autónoma de Madrid, y a la Oficina Española de Patentes y Marcas. La hoja de servicios de Cervera se la ha proporcionado su colega el Profesor Félix Pérez Martínez, quien a su vez la debe a la amabilidad del Archivo General Militar de Segovia. El Fons Històric de Ciència i Tecnologia de la biblioteca de la E. T. S. d'Enginyeria Industrial de Barcelona de la Universitat Politècnica de Catalunya, la biblioteca del Museo Postal y Telégrafico de Madrid, y la Hemeroteca Municipal de Madrid le han prestado también especial ayuda. A todos ellos su más sincero agradecimiento.

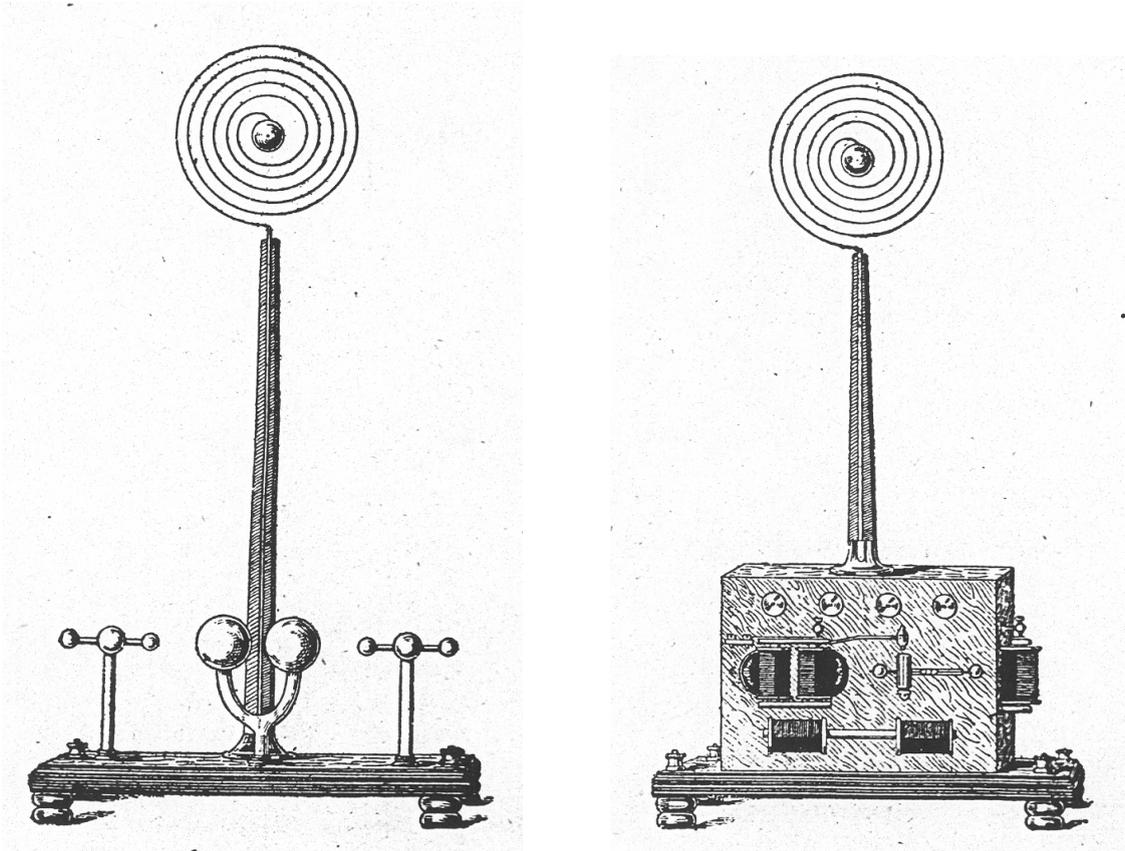


Figura 1. Transmisor (izquierda) y receptor de telegrafía sin hilos, demostrados por Jorge St. Noble en la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona el 27 de Mayo de 1899. No aparecen el carrete de Ruhmkorff, las pilas, etc., que debían conectarse a los bornes que se ven sobre las bases. De *La Energía Eléctrica*, tomo I, nº 8 (¿finales de Septiembre? de 1899).

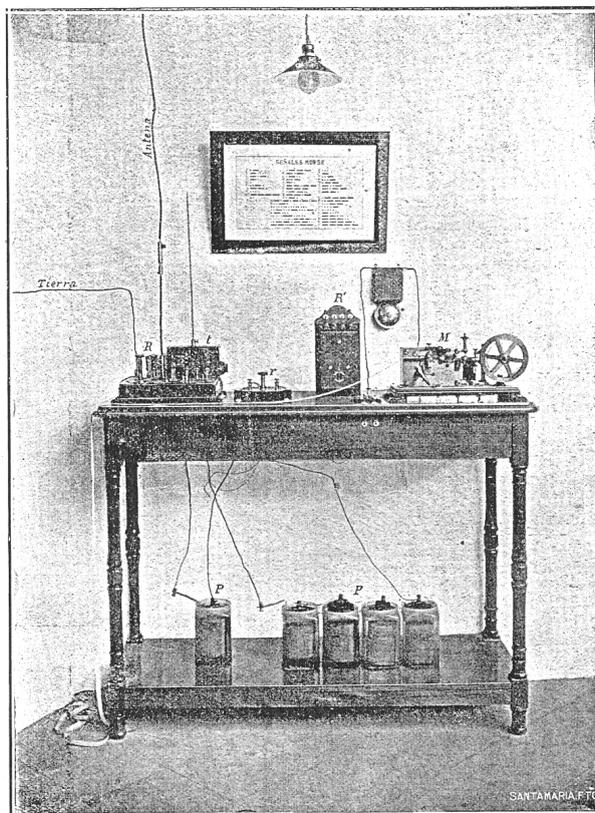
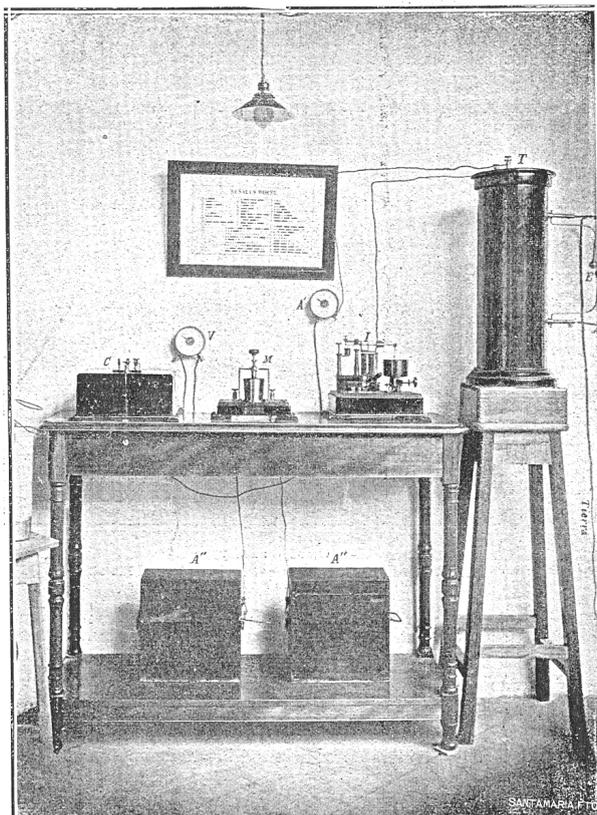


Figura 2. Estaciones transmisora (arriba) y receptora Rochefort, instaladas por la *Compañía Trasatlántica* en Octubre de 1901 para comunicar telegráficamente su Delegación en Cádiz con su dique en Matagorda. De *La Energía Eléctrica*, número extraordinario de 17/5/1902.

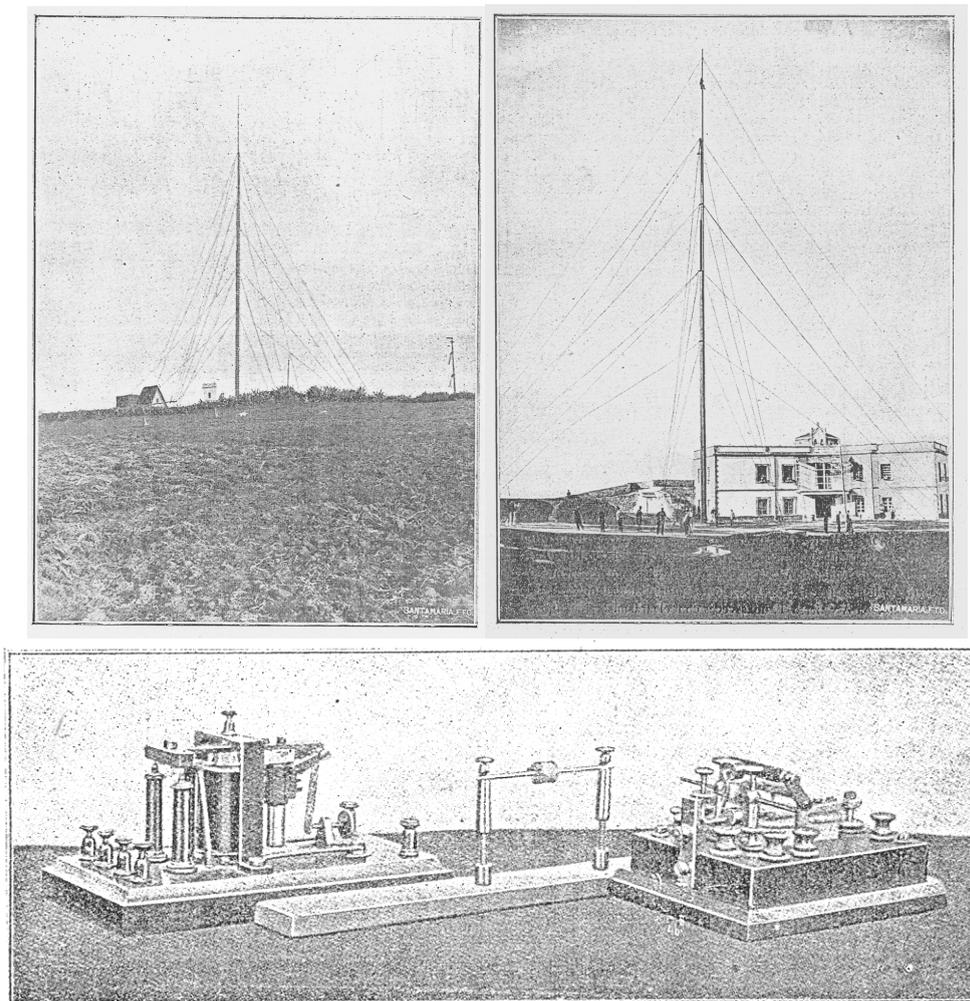


Figura 3. Antenas instaladas por Julio Cervera en el cerro del Camorro (Tarifa) –izquierda– y el monte Acho (Ceuta), en 1901. Abajo algunos de sus aparatos. De *La Energía Eléctrica*, número extraordinario de 17/5/1902.



Figura 4. De izquierda a derecha, Teniente Antonio Peláez Campomanes, Comandante Cervera, y Teniente Tomás Fernández Quintana. De *Blanco y Negro* de 22/2/1902.

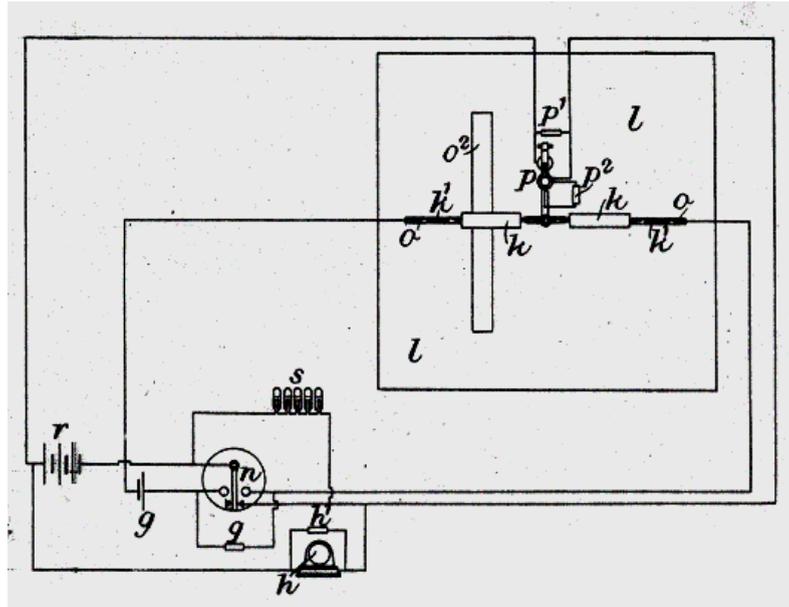


Figura 5.— Figura 4 de la memoria de la patente 20041 de Marconi. Esquema de un receptor. El cohesor y los elementos que lo acompañan están colocados a lo largo de la recta focal de un cilindro parabólico (visto de frente). El extremo del brazo del vibrador p golpea por delante al cohesor. El vibrador y el receptor telegráfico h están en sendos circuitos auxiliares, derivados de la pila r. Ésta se conecta cuando se cierra el contacto del relé n, insertado con la pila g en el circuito local del cohesor. El relé se activa al recibir el cohesor un impulso de radiofrecuencia y hacerse conductor el cohesor. Obsérvense las resistencias destinadas a evitar interferencias de los propios equipos del receptor sobre el cohesor: n lleva q en paralelo con su devanado y s entre los terminales del interruptor que controla, h lleva h', y p lleva p' en paralelo con la bobina y p' entre los contactos vibrantes. Todas las resistencias son "platinoides" ("platinoid" ¿?), salvo s, que es líquida y está formada por una serie de tubos con agua acidulada con sulfúrico.



Figura 6.— Figura 5 de la memoria de la patente 20041. Esquema del cohesor y de los elementos que lo acompañan en la figura anterior. El tubo de vidrio j contiene las limaduras j' entre los tapones j². Éstos se conectan a los alambres terminales j³, que a su vez van unidos a las placas metálicas k. El circuito local continúa por los choques de radiofrecuencia k¹. Todo el conjunto va sujeto mediante alambres O¹ a un tubo de vidrio delgado O, "que de preferencia no habrá de ser más largo de 12 pulgadas", el cual se sujeta a su vez a una pieza de madera O.

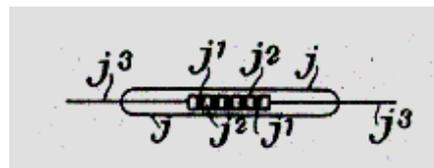


Figura 7.— Figura 6 de la memoria de la patente 20041. Tubo cohesor compuesto de varios elementos en serie. Los espacios j¹, que contienen las limaduras, están separados por tapones j². Para su funcionamiento correcto se recomienda que la fuerza electromotriz de la pila en serie con el tubo y el relé sea igual a 1,2 V, multiplicado por el número de espacios.

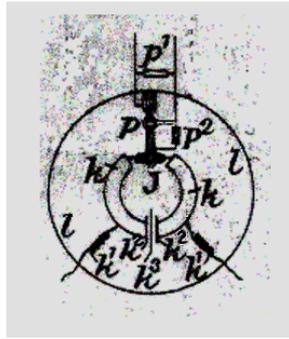


Figura 8.– Figura 11 de la memoria de la patente 20041. Vista frontal del receptor colocado en el foco de un paraboloides de revolución I. El cohesor j, que es golpeado por el vibrador p, provisto de las resistencias antiparásitas p^1 y p^2 , se intercala entre las placas k, ahora de forma anular, de las que salen las conexiones al circuito local, a través de los choques k^1 . Entre las placas puede insertarse un condensador con armaduras k^2 y una hoja de papel k^3 como dieléctrico. Este condensador “puede suprimirse sin que por ello se alteren en mucho los efectos que se obtienen”.

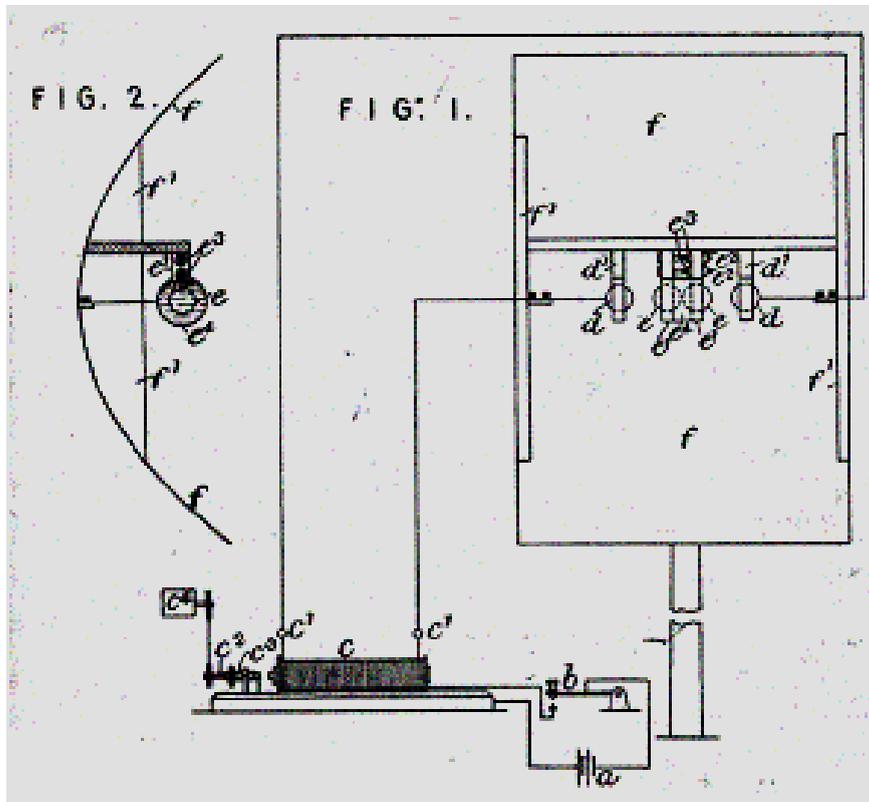


Figura 9.– Figuras 1 y 2 de la memoria de la patente 20041. Vistas frontal y lateral del transmisor colocado en la recta focal de un cilindro parabólico. Los soportes d^1 y e^1 son placas de ebonita con agujeros para recibir, respectivamente, las bolas d y e, de cobre o bronce macizo de 4 pulgadas de diámetro. Sobre los soportes e^1 se encola una membrana flexible e^4 , de papel de pergamino, formando un recipiente que se llena de aceite de vaselina espesado con vaselina. Actuando sobre las tuercas e^2 y e^3 se puede variar la distancia entre las bolas e. “Con una bobina [de inducción] que produzca una chispa ordinaria de 8 pulgadas”, las bolas e se separan entre 1/25 y 1/30 de pulgada, y las d y e “como una pulgada y media”. Marconi asegura que las oscilaciones que se producen tienen una longitud de onda de 10 pulgadas. El reflector f se construye “combando o abarquillando” una plancha de cobre o bronce, que mantienen en la forma deseada las piezas f^1 . A éstas se sujeta la pieza sin designar, seguramente también de ebonita, como los soportes d^1 y e^1 que de ella cuelgan. En la figura 1 puede verse el motorcito c^4 que hace girar la varilla c^2 de la que es solidario uno de los contactos de platino del interruptor vibrante del primario de la bobina de inducción. c^3 es un tornillo que permite ajustar la distancia entre los contactos.

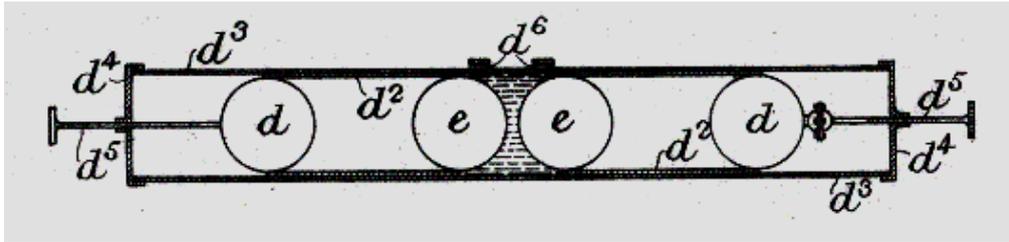


Figura 10.- Figura 9 de la memoria de la patente 20041. Otra disposición de las cuatro esferas del oscilador. Cada par d y e va sujeto en los extremos de un tubo de materia aislante d^2 . Los tubos d^2 encajan en otro tubo similar d^3 , cuyas tapas d^4 atraviesan varillas d^5 , unidas metálicamente a las bolas d de modo que se pueda variar la separación entre las bolas e. Por los agujeros d^6 se puede introducir el aceite de vaselina.

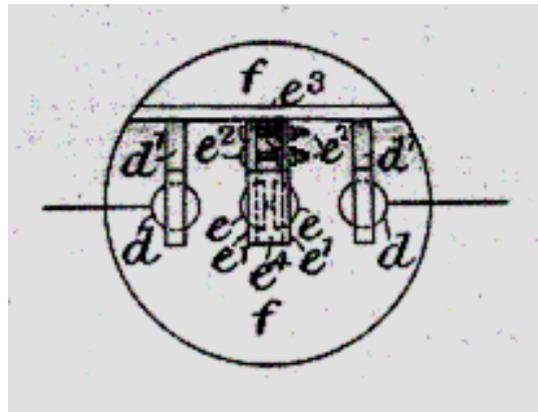


Figura 11.- Figura 10 de la memoria de la patente 20041. Otra disposición de las esferas del oscilador para facilitar su colocación en el foco de un paraboloide de revolución. El montaje es idéntico al de la figura 9, pero las dos bolas interiores e son semiesferas separadas por un pequeño espacio lleno de aceite u otra sustancia dieléctrica. Según Marconi, la chispa salta entre dos pequeños salientes que hay en los centros de las caras planas enfrentadas de los hemisferios.

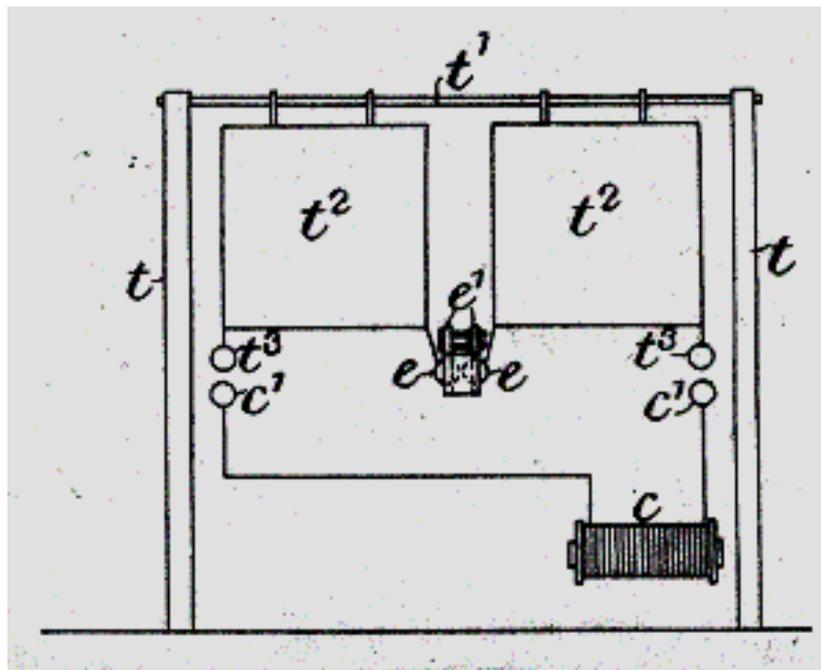


Figura 12.- Figura 12 de la memoria de la patente 20041.

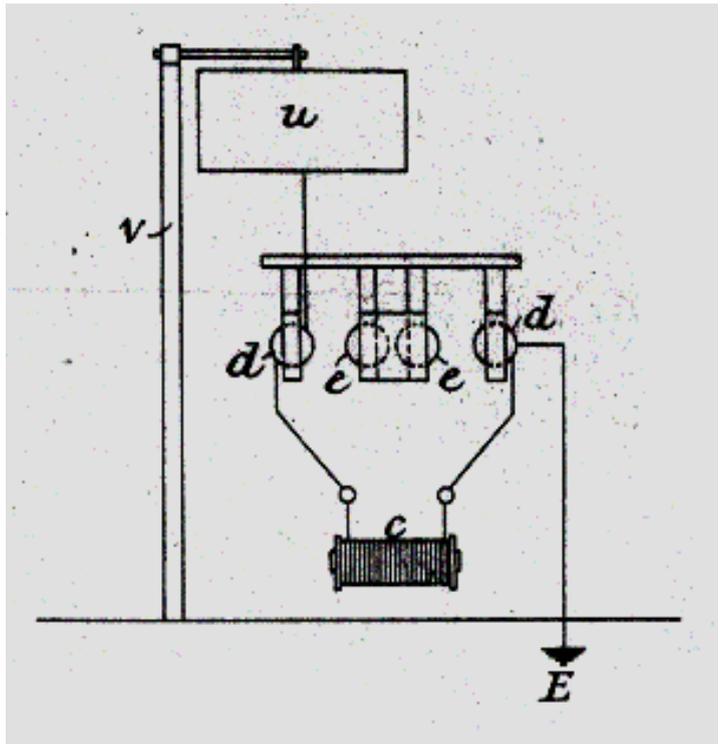


Figura 13.- Figura 13 de la memoria de la patente 20041.

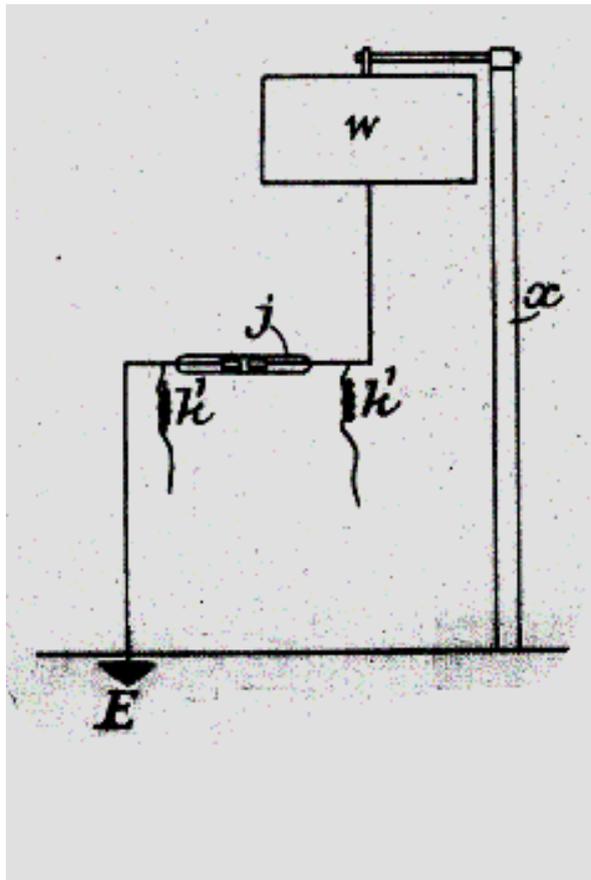


Figura 14.- Figura 14 de la memoria de la patente 20041.

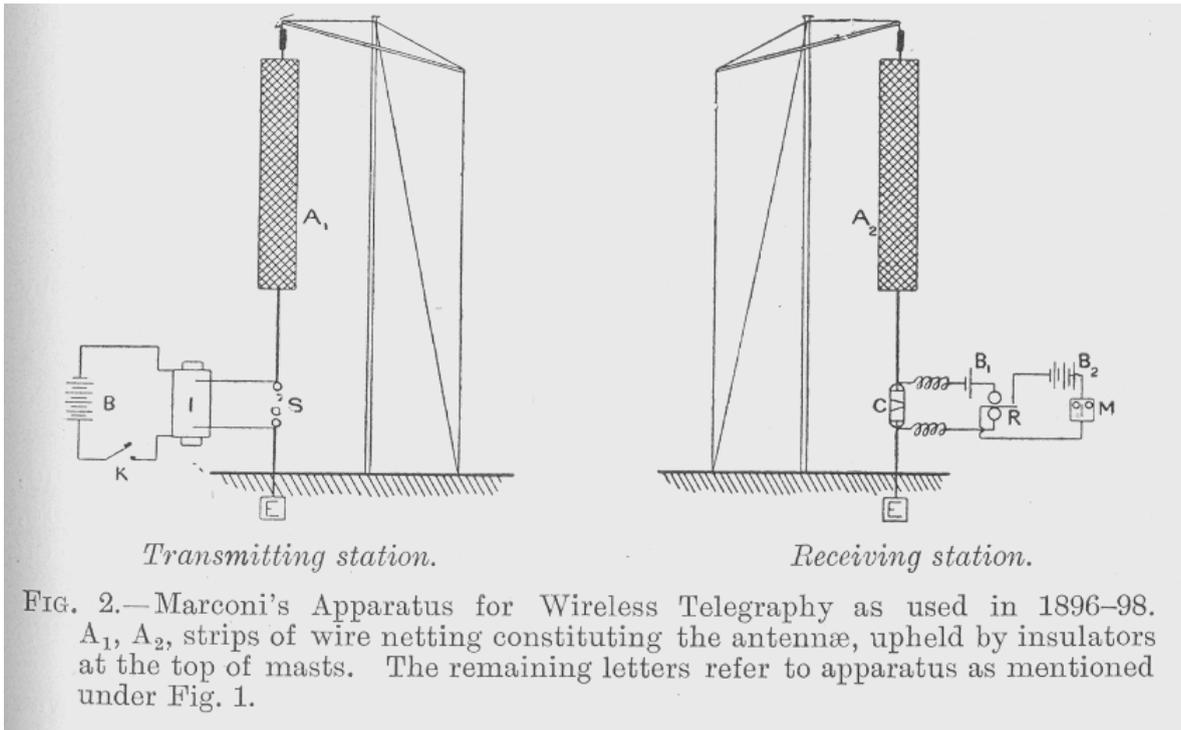


Figura 15.— Figuras del libro citado de J. A. Fleming, p. 581.

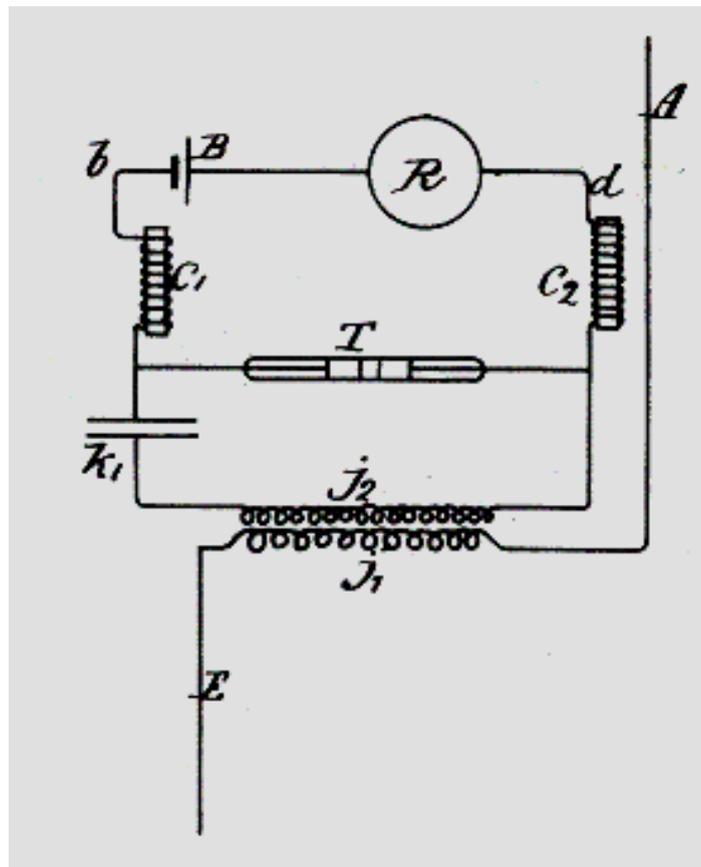


Figura 16.— Figura 1 de la memoria de la patente 23449 de Marconi. Disposición del receptor que, según Marconi, da mejores resultados de las dos que propone. j^1 es el primario del transformador, conectado entre antena A y tierra E, j^2 el secundario, k^1 un condensador, T el cohesor, c^1 y c^2 los choques de radiofrecuencia, B la pila y R el relé.

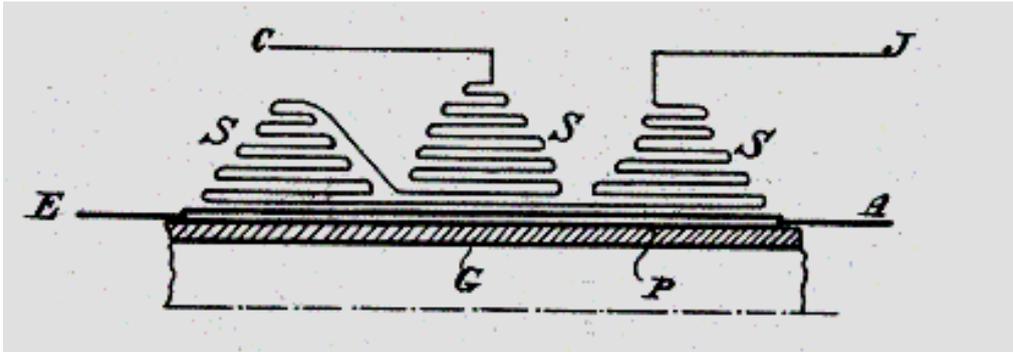


Figura 17.- Figura 1 de la memoria de la patente 25890 de Marconi. Una de las peculiares seis maneras de devanar las bobinas primaria y secundaria del *jigger*, a las que se refiere el documento. Se representa la mitad de una sección longitudinal del bobinado, realizado sobre un tubo de vidrio G, cuyo eje aparece trazado de puntos y rayas. Las capas de espiras se esquematizan con líneas, de trazo grueso las del primario P, inmediato al tubo, y de trazo más fino las del secundario S. Los terminales A y E van a la antena y a tierra, respectivamente. J comunica directamente con un terminal del cohesor y C con el otro, a través del condensador.

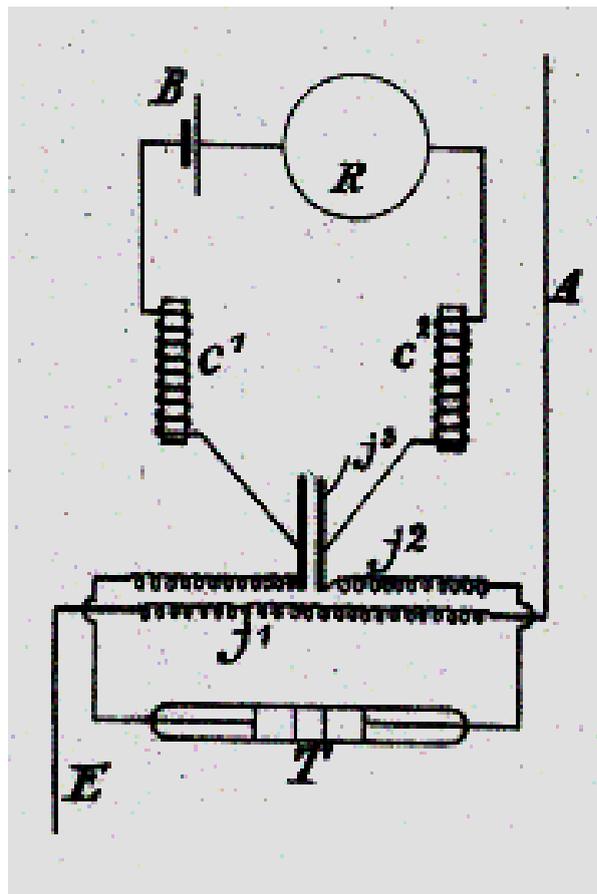


Figura 18.- Figura 1 de la memoria de la patente 26574 de Marconi. Modificación del *jigger*. Como en los diseños anteriores, el primario del transformador j^1 se conecta entre la antena A y tierra E, y el secundario j^2 al cohesor T, pero este devanado se interrumpe en su punto medio con el condensador j^3 . En paralelo con éste va el resto del circuito local, con los choques c^1 y c^2 , la pila B y el relé R.

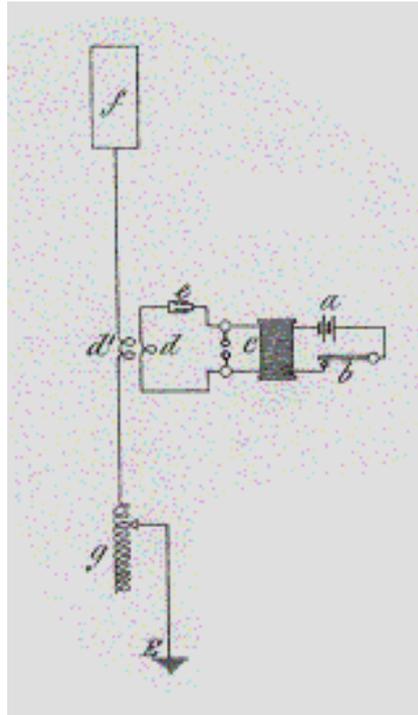


Figura 19.- Figura 1 de la memoria de la patente 26745 de Marconi. Nueva estructura del transmisor para la *telegrafía sintónica*. En el texto se menciona la posible variante de introducir un segundo condensador en el oscilador, intercalándolo entre los terminales del secundario de la bobina de inducción y del transformador de radiofrecuencia que aparecen unidos en la figura.

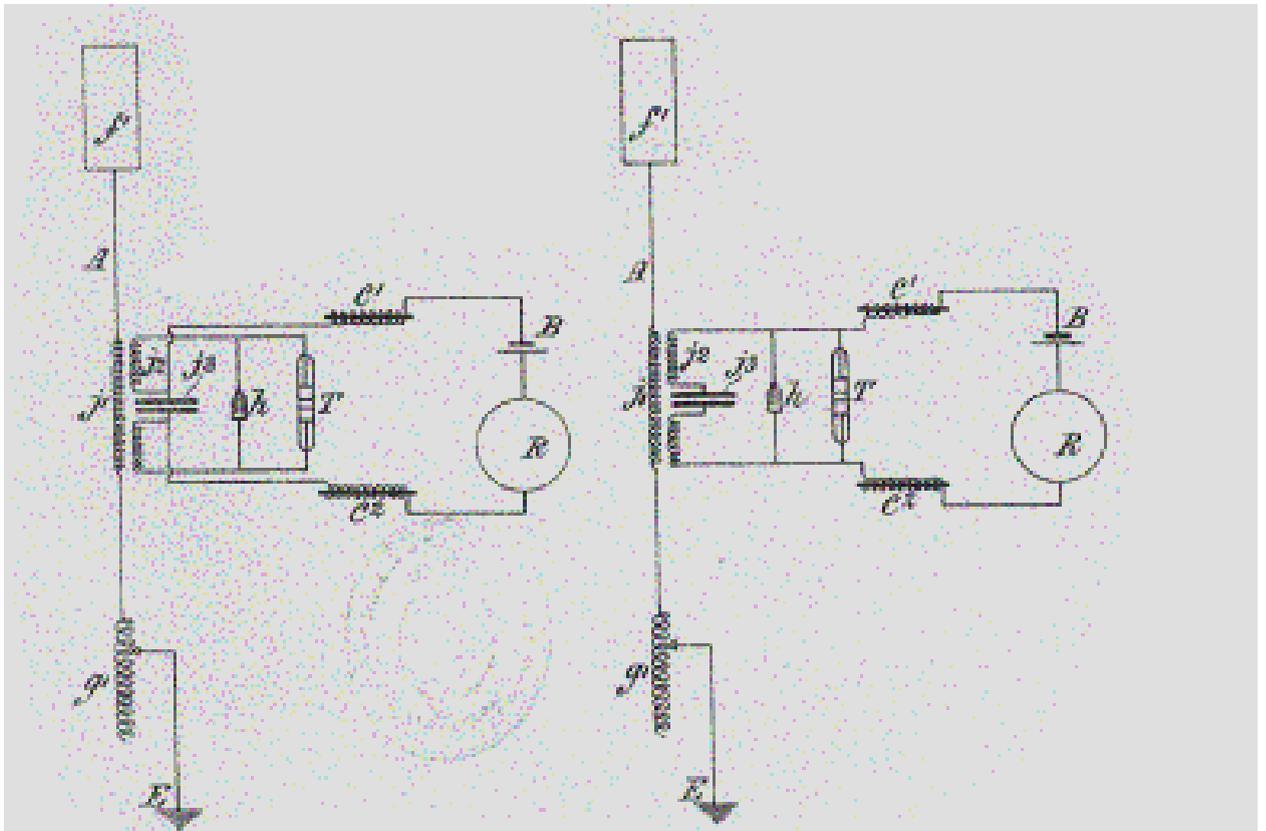


Figura 20.- Figuras 2 y 3 de la memoria de la patente 26745. Receptores para telegrafía sintónica. La novedad es la introducción del condensador variable *h*, en paralelo con el cohesor.

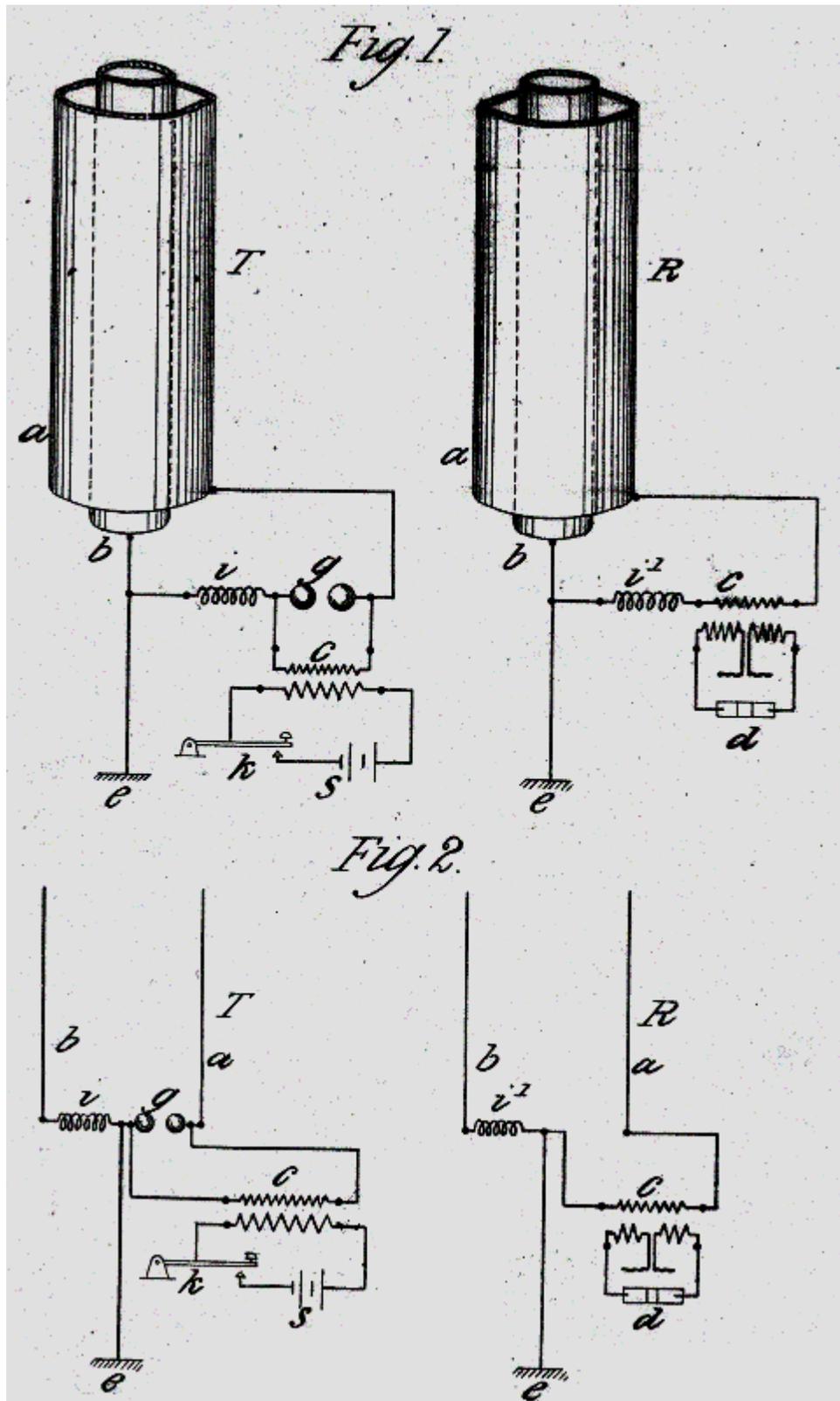


Figura 21.- Figuras de la memoria de la patente 27355 de Marconi. El par transmisor-receptor de la figura 1 utiliza conductores cilíndricos coaxiales, y el de la 2 alambres paralelos. Obsérvese que el *jigger* utilizado en ambos casos es el de la patente 26574 y no lleva en derivación el condensador variable introducido en la patente 26745. En la explicación de estas figuras Marconi dice haber empleado con éxito cilindros exteriores de tres pies de diámetro e interiores de un pie y seis pulgadas, ambos con una altura de 20 pies, e indica que para mayores alturas es conveniente aumentar el espacio anular entre los cilindros.

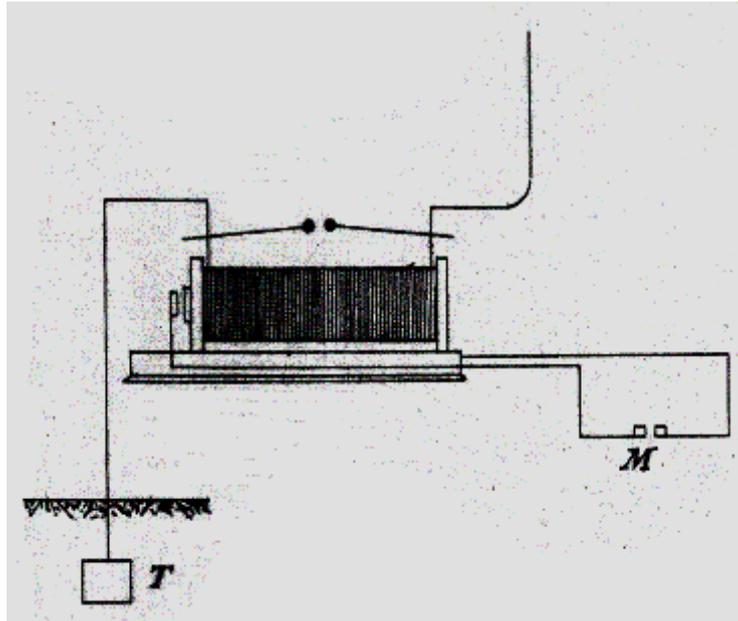


Figura 22.- Figura 3 de la memoria de la patente 24717 de Cervera. Representación esquemática del oscilador del transmisor, en la que se ha omitido la pila en el primario de la bobina de inducción. M, manipulador; T, tierra.

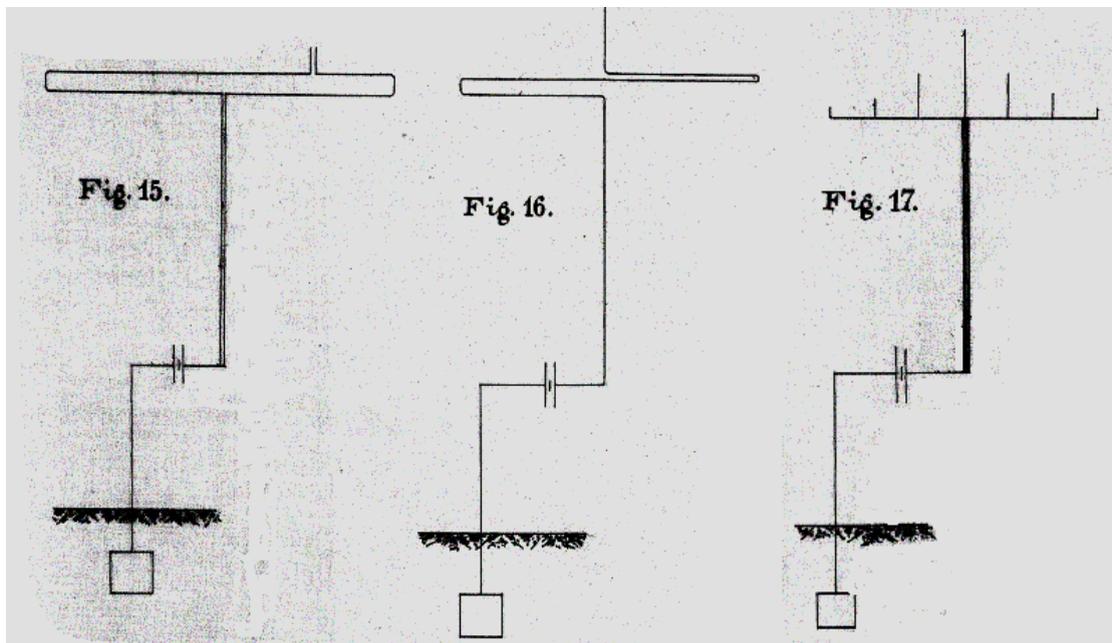


Figura 23.- Figuras 15 a 17 de la memoria de la patente 24717. Terminaciones del hilo o cable de antena en su extremo elevado. La figura 16 corresponde a un alambre único y las 15 y 17 a cables de dos y siete hilos, respectivamente. El símbolo entre la antena y tierra representa el cohesor.

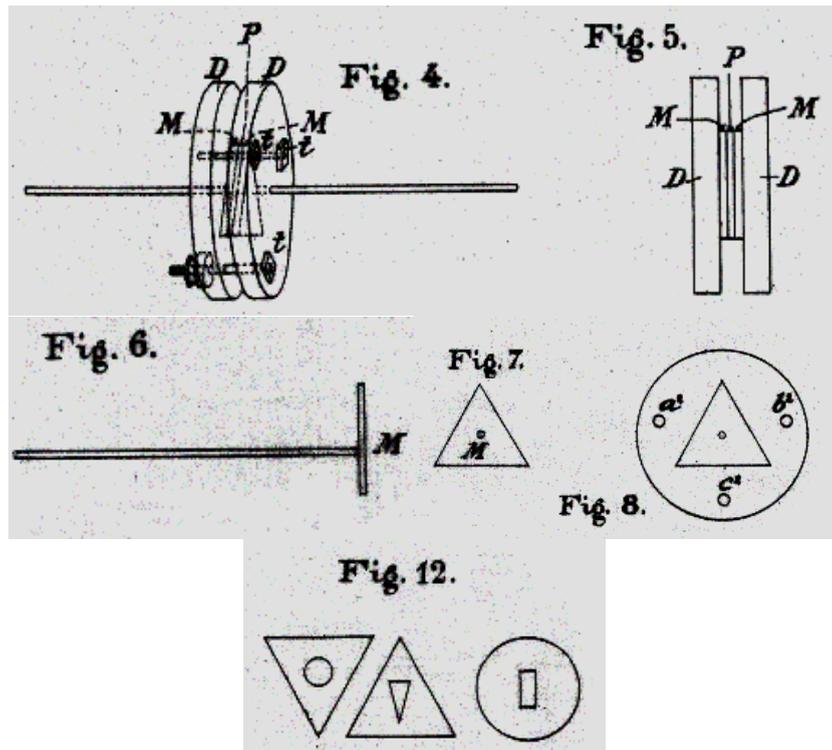


Figura 24.— Figuras 4 a 8 y 12 de la memoria de la patente 24717. Una plaquita triangular metálica (fig. 7) a la que se suelda en su centro M un alambre (fig. 6), se dispone sobre un disco de marfil o ebonita provisto de los tres orificios a^2 , b^2 , c^2 y un cuarto no visible, en el centro, que deja pasar el alambre (fig. 8). Entre ésta y otra disposición análoga se comprime mediante tres tornillos t (figs. 4 y 5) la película sensible P. La figura 12 muestra tres formas de ranuras practicadas en láminas de material aislante para contener la película sensible en el caso de que ésta sea líquida.

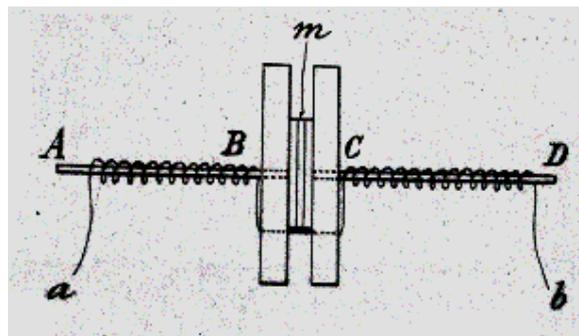


Figura 25.— Figura única de la memoria de la patente 24899 de Cervera. Los alambres terminales AB y CD del cohesor son “de hierro, níquel, platino u otro metal paramagnético (no debiendo ser de metales diamagnéticos)”. ab es un hilo aislado constituyendo una bobina que reviste a los terminales. Uno de los extremos a o b se conecta a la antena y el otro a tierra.

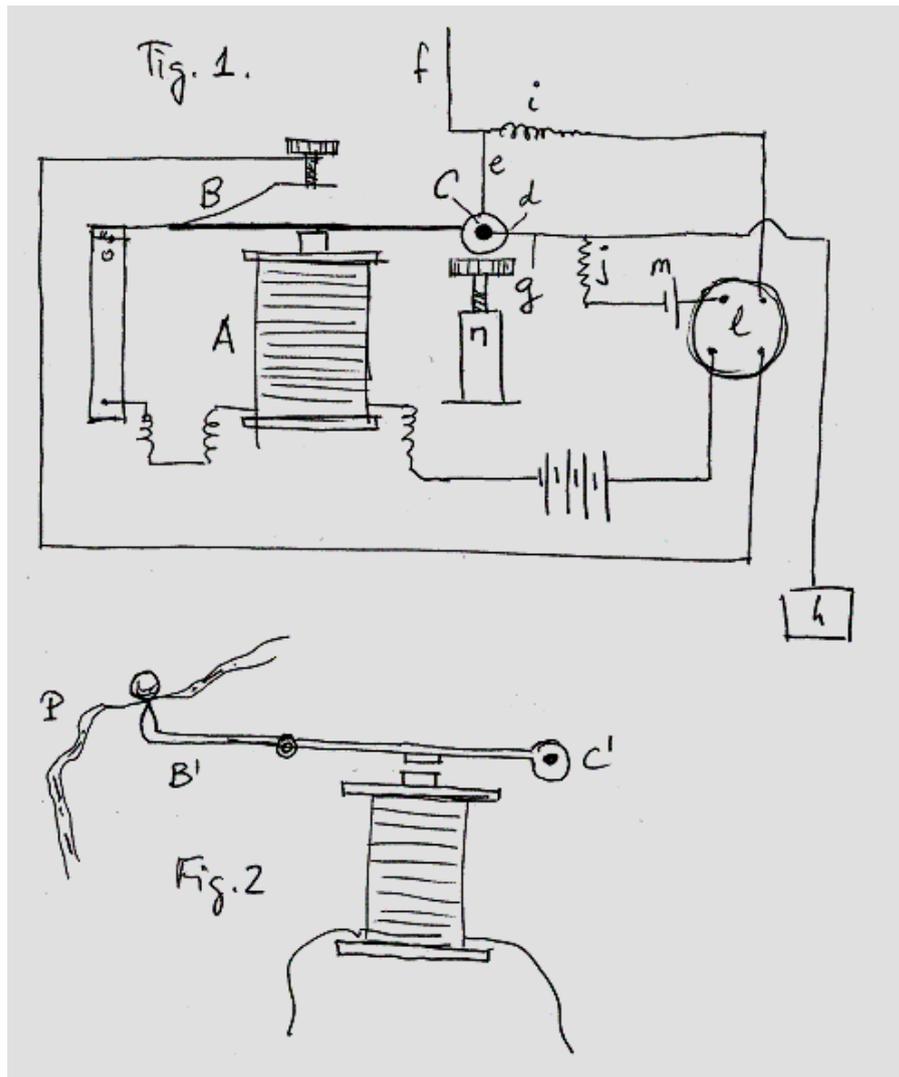


Figura 26.- Copia de las figuras 1 y 2 de la memoria de la patente 25038 de Cervera, que no han podido reproducirse por encontrarse el original en mal estado. 1 de la fig. 1 representa un relé en el que los dos terminales superiores son los de la bobina y los dos inferiores los del interruptor que ella cierra cuando se activa. C es una pieza “que puede ser esférica”, “de marfil, ebonita, o cualquier otra substancia dieléctrica”, en la que “se practica una pequeña cavidad d” donde se aloja el cohesor, cuyos dos terminales comunican, uno, e, con la antena f, y el otro, g, con tierra, en h. Cuando recibe un impulso de radiofrecuencia, el cohesor disminuye mucho su resistencia en el circuito del que forma parte junto con la pila m, las resistencias i y j, y la bobina del relé; éste se activa, cerrando su interruptor, y el electroimán A atrae la armadura B de la que es solidaria C, que golpea sobre el tornillo regulable n produciéndose la descohesión; la atracción de B interrumpe la corriente en el electroimán, y B (con C) vuelve a la posición de reposo, repitiéndose el ciclo a la llegada de un nuevo impulso de radiofrecuencia. Cada tren de éstos hace, pues que B vibre y C repiquetee sobre n, permitiendo recibir el Morse a oído. La fig. 2, en la que además del electroimán sólo se representa una armadura distinta B', solidaria también del cohesor C', y faltan todos los demás elementos de la fig. 1, pretende indicar que utilizando el electroimán de un receptor Morse y cambiándole la armadura por otra como B', se mantienen la descohesión y el repiqueteo, y además se registran los signos en cinta de papel.

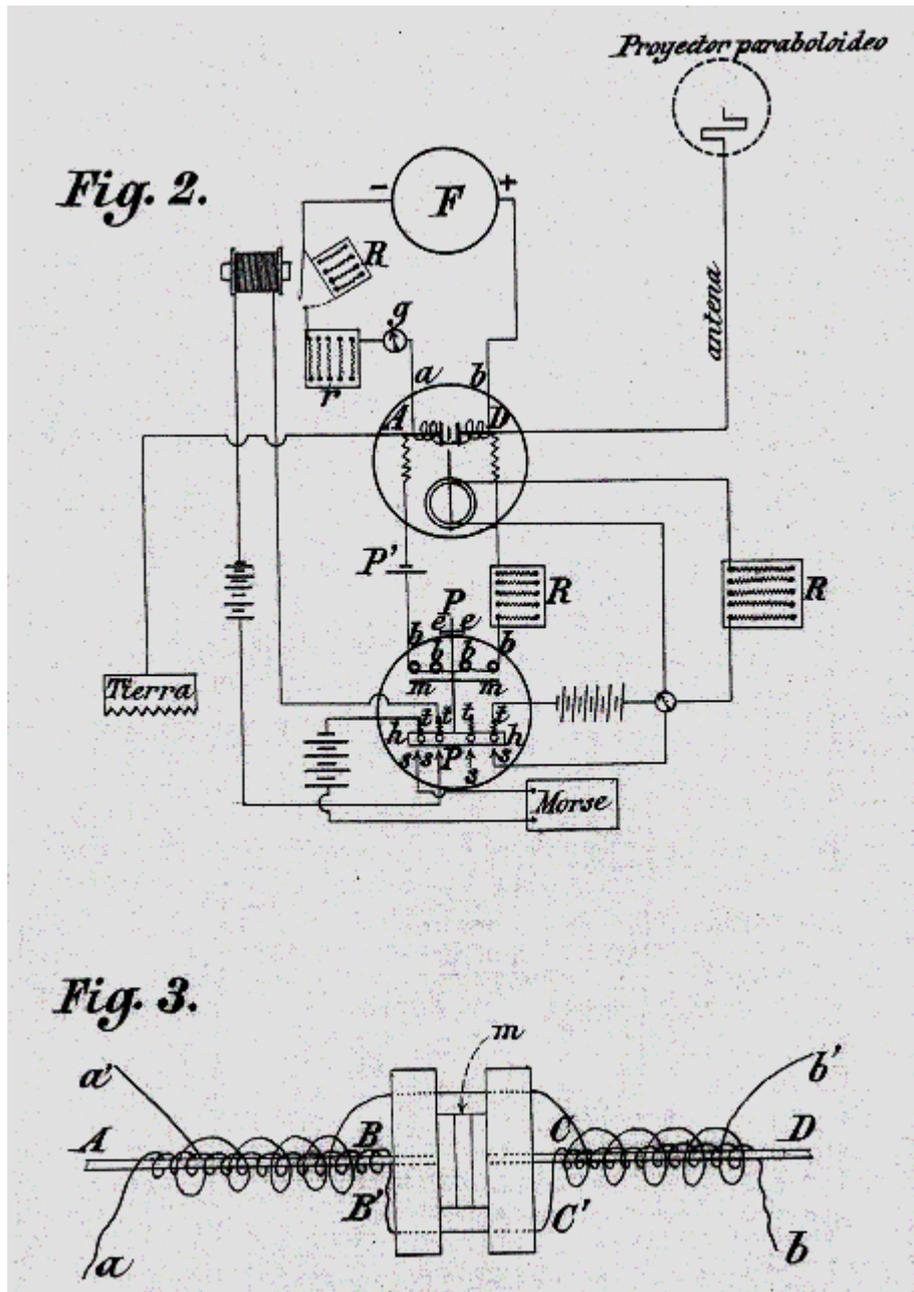


Figura 27.— Figuras 2 y 3 de la memoria de la patente 25096 de Cervera. En la fig. 2 los alambres terminales A y D del cohesor están conectados a tierra y antena, respectivamente, y al circuito local de la pila P'; y los terminales ab de la bobina a otro circuito local, donde F es "una fuente de energía eléctrica o magnética [¿?]"'. En la fig. 3 aparece devanada una nueva bobina a'B'C'b' en torno a los terminales del cohesor, de forma que a' comuniquen con tierra y b' con la antena; la bobina aBcB forme parte del circuito local de F; y los terminales AD del cohesor se conecten al circuito local de P'. En la fig. 2 se esquematiza también el multiplicador, descrito así: "Consiste en una o varias bobinas bbbb [...] que forman parte de un circuito primitivo ADbbbbP'A, y cuyos núcleos atraen una lámina metálica mm unida a una palanca PP que gira alrededor de un eje ee situado cerca de uno de sus extremos. En el otro extremo una pieza de ebonita hh o de cualquiera otra sustancia aisladora, lleva varios terminales tttt metálicos, móviles en ella y fijos a otros tantos circuitos independientes. Cada uno de estos terminales móviles en la pieza hh de ebonita, al moverse ésta por efecto de la acción del circuito primitivo, cierra su circuito correspondiente estableciendo el contacto con otros terminales fijos, ssss."

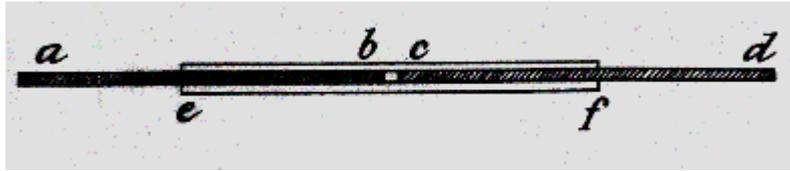


Figura 28.- Figura 5 de la memoria de la patente 27228 de Cervera. Cohesor.

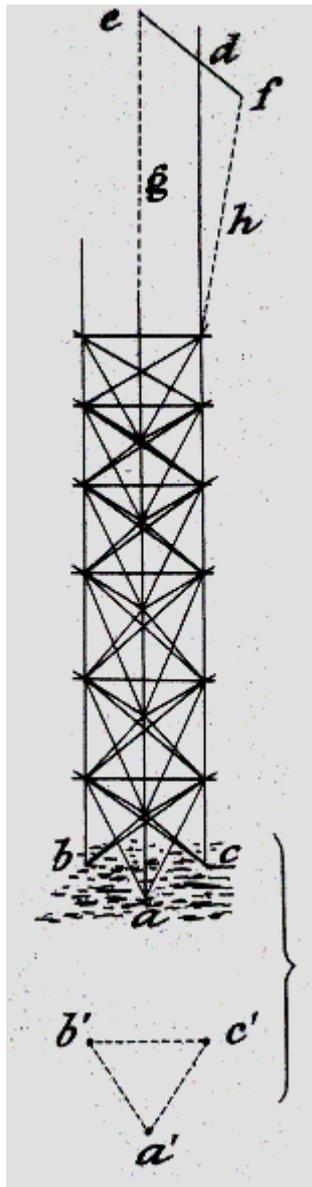


Figura 29.- Figura 4 de la memoria de la patente 27228. Representa en perspectiva una viga armada de sección triangular “construida en muy pocas horas por seis soldados del Batallón de Telégrafos, con los postes reglamentarios del material de línea de campaña empalmados convenientemente”. Prosigue Cervera diciendo que “se obtuvo así en una tarde una altura de 22 metros, que permitió comunicar una de mis estaciones instaladas en la explanada del cuartel de la Montaña en Madrid con otra estación establecida en San Francisco el Grande”. No hay explicación en el texto, pero parece que una de las aristas del prisma se prolonga hasta d con un poste que lleva una cruceta ef, y que de ésta penden (señalados de puntos) los hilos de la antena.

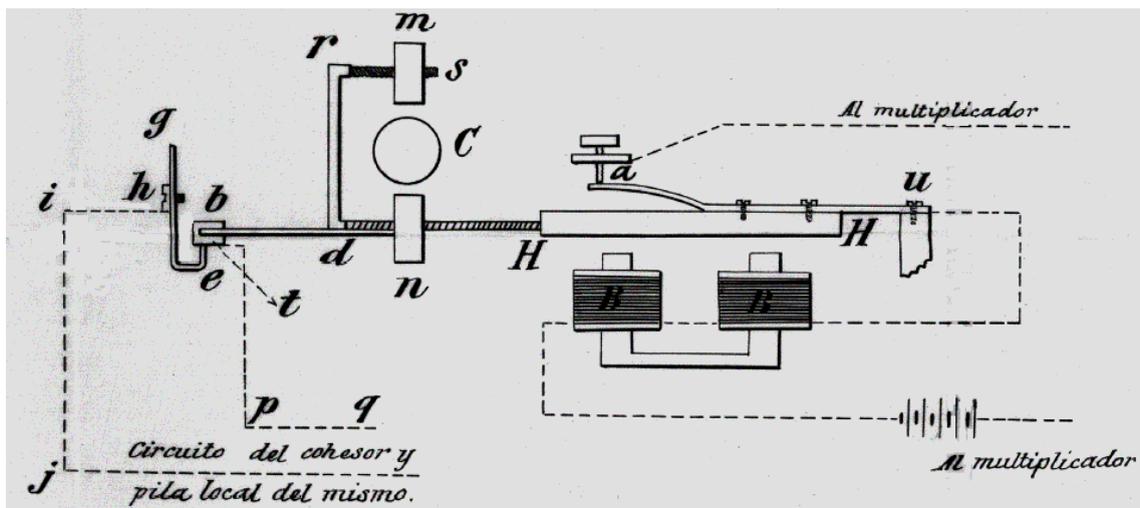


Figura 30.- Figura 4 de la memoria de la patente 28948 de Cervera. Disposición que “ha dado excelente resultado en las prácticas de Ceuta a Tarifa”, para sacudir el cohesor con dos golpes sucesivos de martillo, de modo que su circuito local se abra un instante antes de recibir el segundo. Solidarios de la armadura de hierro HH son el alambre drs (con los macitos m y n) y el muelle elástico de acero db. Éste termina en una pieccecita aislante que lleva adosada una plaquita metálica t. Los terminales del circuito del cohesor van conectados, uno a t y otro a la pieza metálica ghe.

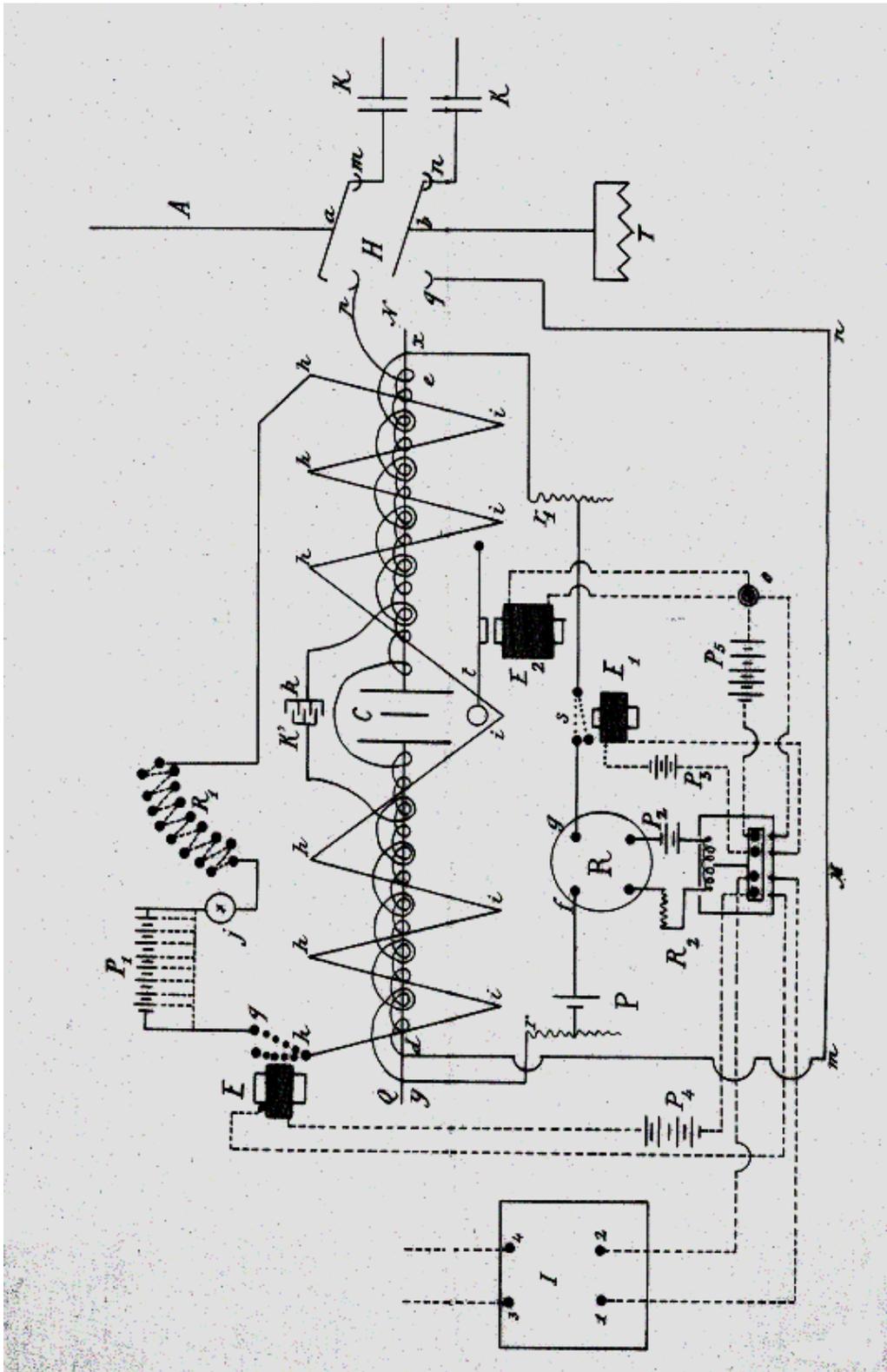


Figura 31.— Figura 2 de la memoria de la patente 29197 de Cervera. Receptor completo. Obsérvese el conmutador transmisor-receptor de antena, H; el cohesor C con tres bobinas en torno a sus terminales, una de las cuales —la que va cargada con el cohesor— está interrumpida por un condensador variable K'k; el “multiplicador” M, activado por el relé R en el circuito local del cohesor; y los cuatro circuitos auxiliares, tres de descohesión, alimentados por las pilas P3, P4 y P5, y el que va a los terminales 1-2 de un aparato telegráfico Hughes modificado I. (Los 3-4 se conectan a los terminales del manipulador del transmisor).

