

# INTRODUCCIÓN E IMPLANTACIÓN DE LA RADIOGONIOMETRÍA EN LA MARINA CIVIL ESPAÑOLA: GÉNESIS DE LA RADIONAVEGACIÓN EN ESPAÑA

JOAQUÍN CRUZ GONZÁLEZ  
FRANCISCO PINIELLA CORBACHO  
Universidad de Cádiz

## ***Resumen***

El presente trabajo trata de establecer los orígenes de la radionavegación marítima en España, a raíz de la introducción e implantación de estaciones de radiogoniometría a bordo de los buques de la marina civil española en 1921. Para ello, se describen y documentan las pioneras pruebas del vapor *Patricio de Satrústegui* en la bahía de Cádiz, así como los sistemas y equipos empleados en las mismas. Por entonces, para seguir avanzando en este campo, las navieras españolas se toparían con numerosas trabas administrativas derivadas de la falta de legislación nacional sobre el invento que, sin embargo, no les impedirán implantar los radiogoniómetros en sus flotas. Asimismo, también se encontrarían con la inexistencia de instalaciones de este tipo en tierra, por lo que, incluso antes de implantar la innovadora tecnología en sus buques, ya instarían a las autoridades españolas a establecer, a la mayor brevedad, una red nacional de estaciones radiogoniométricas en las costas españolas que, años más tarde, terminarían estableciendo los Ministerios de Marina y Obras Públicas, con quien, además, colaborarían para la puesta a punto de los radiofaros de Finisterre y Villano, primeros de su clase instalados en las costas españolas en 1922.

## ***Abstract***

This paper studies the origins and development of maritime radio navigation in Spain as a result of the introduction of radio goniometry stations aboard Spanish army vessels in 1931. The pioneer test on the steamer *Patricio de Satrústegui*, in the bay of Cádiz, will be described and documented, alongside with the system and equipment used. In those years, on order to develop in this particular field, Spanish shipping companies found several administration problems as a consequence of the lack of national legislation in this matter, however they get to set goniometry stations on their fleet. Despite of this, they would find the inexistence of this

systems on the ground and, therefore, they asked the Spanish authorities to establish, as soon as possible, a national network of radio goniometry stations in the Spanish coast. This network eventually will become the Ministry of the navy and the Ministry of Public Works, which will collaborate in order to reshape the radio beacons of Finisterre and Villano —the first radio beacons installed in Spanish coasts in 1922.

*Palabras clave:* Radiocomunicaciones, Radionavegación, Radiogoniometría, Radiofaros, Náutica, Marina Mercante, Marconi, Telefunken, España, Siglo XX.

*Keywords:* Radio communications, Radio navigation, Radio goniometry, Radio beacons, Navigation, Merchant Marine, Marconi, Telefunken, Spain, 20th Century.

*Recibido el 26 de junio de 2017 — Aceptado el 7 de noviembre de 2017*

## 1. INTRODUCCIÓN: ESTADO DE LA CUESTIÓN, OBJETIVO Y FUENTES

Cuando se comenzó a aplicar la radiotelegrafía y radiotelefonía a bordo de los buques se consideraba la comunicación por ondas hertzianas como un medio a utilizar, básicamente, en casos de emergencia y socorro marítimo. No obstante, su uso se expandiría también en otros sentidos, entre los que destacaría el empleo de los denominados radiogoniómetros, mediante los cuales se podían direccionar las señales emitidas por una estación en tierra, permitiendo conocer casi con entera exactitud la posición de la nave. Claramente, el empleo de estos aparatos en los barcos y la construcción de una red de radiofaros en las costas más peligrosas del litoral español, donde la niebla era frecuente, evitarían un gran número de accidentes marítimos, prestando así un grandísimo servicio en pos de una navegación mucho más segura.

Es nuestro principal objetivo en este trabajo poner en valor la importancia de las primeras experiencias con estaciones radiogoniométricas llevadas a cabo en España, describiendo y documentando las pruebas realizadas en buques nacionales, así como las efectuadas por los primeros radiofaros instalados en tierra, que unidas constituyen la génesis de la radionavegación marítima en España.

La falta que hemos observado en la literatura técnico-científica de obras dedicadas a este tema, nos hizo recurrir, dentro de nuestra línea de investigación, a fuentes documentales primarias, como las del archivo del Fondo de la Compañía Trasatlántica Española (FCTE) ubicada en la Biblioteca de Temas Gaditanos (BTG) ‘Juvencio Maeztu’, que contiene numerosa documentación de carácter técnico, administrativo y epistolar (sin clasificar)<sup>1</sup> del periodo estudiado. Asimismo, se puede considerar como un aporte bibliográfico esencial, la recopilación de artículos publicados en la *Revista de Obras Públicas* por Carlos Fernández Casado al comienzo de su etapa investigadora, que, junto a la extensa colección de revistas técnicas de la Hemeroteca de la Biblioteca Nacional de España, nos han permitido complementar la documentación de tan interesante periodo para la historia de las radiocomunicaciones marítimas españolas.

## 2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

### 2.1. Primeras experiencias internacionales (1902-1916)

En la historia de la navegación son innumerables los siniestros marítimos por falta de visibilidad producidos por las brumas en la mar, aun cuando se utilizasen diversos procedimientos para proteger los barcos contra la acción de la niebla o la calima, como el uso de señales ópticas (ráfagas de luces) y señales acústicas (sirenas, campanas, petardos, etc.), pero aun cuando todos estos medios podían ser eficaces en cortas distancias, su radio de acción resultaba insuficiente para prevenir colisiones entre buques o salvarlos de dar contra las rocas.

Hasta entonces, los elementos esenciales del navegante para poder situar a su buque en el mar eran el sextante y el cronómetro, aquel para medir la altura de los astros y éste para conservar a bordo la hora del primer meridiano, esto es, la latitud y longitud del punto en que se encontraba la nave [IGLESIAS, 1923, p. 410].

La invención a finales del siglo XIX de la telegrafía sin hilos (TSH), permitiría explorar todo un campo de posibilidades para la navegación marítima. Se buscaba perfeccionar un procedimiento más seguro y con mayor radio de acción que posicionase a un buque mediante el uso de ondas hertzianas directivas.

Aunque Hertz en el siglo XIX, Brown en 1899, y De Forest en 1900, realizaron diferentes estudios sobre la directividad de las ondas radioeléctricas, habría que remontarse a las experiencias realizadas por Stone, en 1902, para encontrar el primer esbozo de un verdadero radiogoniómetro. Basándose en el sistema directivo de Brown, Stone propondría el empleo de dos antenas verticales giratorias, distanciadas entre sí media longitud de onda, que no alcanzaría ningún resultado práctico debido a las dificultades de construir un sistema con dimensiones adecuadas a las ondas tan largas utilizadas en esa época. Por el contrario, ese mismo año, Blondel idearía el empleo de antenas formadas por cuadros cerrados con bobina y condensador de sintonía para determinar la dirección de las ondas, realizando experiencias junto con el entonces capitán Ferrié, que servirían para comprobar fehacientemente las propiedades directivas del sistema. De igual modo, en 1907, E. Bellini y A. Tossi, con el fin de salvar las dificultades que había para obtener antenas giratorias, idean su ingenioso sistema radiotelegráfico de cuatro antenas, por el cual se podían enviar ondas hertzianas en una dirección determinada, que posteriormente fue modificado por E. Prince en 1912 en dos cuadros cerrados cruzados, actualmente conocido como sistema Bellini-Tossi, que terminaría siendo el fundamento técnico de los radiogoniómetros empleados años más tarde; no pudiéndose sospechar entonces la importancia de lo que pareció en su época un invento inútil.

Hasta entonces, debido principalmente a la falta de amplificadores, los experimentos realizados pueden considerarse más bien como teóricos o de laboratorio, hasta que, al estallar la Primera Guerra Mundial, las necesidades militares harían a los

científicos perfeccionar el uso de la radiogoniometría en los buques. Con tal fin, aplicarían la recién inventada válvula de tres electrodos<sup>2</sup> (audión) del Dr. Lee De Forest, que les permitiría emplear amplificadores con mayor alcance, desarrollándose rápidamente los radiogoniómetros. Así, en el año 1916 Ferrié y Mesny emplearían los primeros radiogoniómetros de cuadro pequeño móvil para adaptarlos a las necesidades del ejército, la aviación y la marina de guerra. Al final de la guerra, las empresas constructoras de aparatos radioeléctricos (ingleses, franceses, alemanes y americanos) comenzaron a lanzar equipos de tipo comercial que pronto se montarían en las principales líneas de navegación mundiales para aumentar la seguridad de la navegación de los barcos. Estos radiogoniómetros estaban afectados de errores importantes (sobre todo cuando se les empleaba de noche y con ondas inferiores a los 100 metros), que poco después, Adcock solventaría sustituyendo las antenas de cuadro por las verticales, es decir, un sistema análogo al Bellini-Tossi, pero con los alimentadores horizontales cuidadosamente apantallados [FERNÁNDEZ Y QUINTAS, 1951, pp. 2-3].

Para fijar en la estación receptora la dirección en que llegaban las ondas desde el lugar de origen, la por entonces conocida como “brújula azimutal hertziana” experimentaba con dos procedimientos diferentes, por los cuales, la nave podía determinar la marcha.

El primero de ellos consistía en establecer estaciones costeras de ondas dirigibles, yendo los buques provistos de aparatos receptores ordinarios. En este caso, la estación costera iba cambiando la dirección de las ondas emitidas hasta que eran recibidas por un buque, y éste contestase. Entonces, se le enviaba enseguida un despacho con las indicaciones precisas que fijaban la posición de la estación costera emisora, y ésta resultaba ser para el buque como un faro de situación y circunstancias conocidas.

El segundo procedimiento pretendía establecer en las costas estaciones radiotelegráficas ordinarias, y procurar que los barcos fuesen provistos de aparatos que emitiesen ondas dirigibles. En esta opción sería el buque mismo el que determinase la situación de la estación costera [ESCOLANO, 1920, pp. 429-430].

Cada una de las dos soluciones indicadas tenía sus ventajas e inconvenientes. La primera permitía obtener radios de acción muy considerables, utilizando las longitudes de ondas ordinarias de la TSH convencional, lo que irremediamente obligaba al comandante de un buque a confiar en las observaciones que le eran transmitidas, con el consiguiente grado de inexactitud que ello aún conllevaba.

La segunda solución hacía que los buques fuesen los que llevasen aparatos de ondas dirigibles, por lo que no tenía el alcance suficiente y necesario para asegurar la navegación, porque en los barcos no había el emplazamiento preciso para dar a las antenas las dimensiones requeridas para desarrollar plenamente el sistema, pero, en cambio, presentaba dos ventajas muy importantes: los Oficiales del buque podían, por sí mismos, orientarse y determinar su dirección con respecto a la estación costera con la que comunicasen, y además, a diferencia del primer sistema, dos naves po-

dían señalarse y orientarse recíprocamente, cada una con respecto a la otra, con lo cual se podían evitar posibles colisiones entre ellas.

El primer procedimiento se ensayó entre la estación radiotelegráfica de Dieppe, en Francia, y el contratorpedero *Bombarde*, y entre la estación radiotelegráfica de Bolougne-Sur-Mer y el acorazado *Bonvines*, con resultados muy positivos, dando un desvío máximo de dos grados entre las indicaciones obtenidas por el compás azimutal hertziano y las deducidas de la ruta del buque.

El segundo procedimiento se puso en práctica entre varios transatlánticos, pero muy particularmente entre *La Provence* y *L'Espagne*, también franceses. La precisión fue la misma que comunicando con tierra, advirtiéndose que las masas metálicas de los buques no ejercían influencia sensible sobre las indicaciones de los instrumentos. El alcance logrado entre los dos buques, aun cuando muy reducido en comparación con el radio de acción a que se podía llegar en el primer procedimiento, fue, sin embargo, muy considerable y más que suficiente para impedir siniestros, pues las señales se podían percibir muy bien a 22, 25 y hasta a 35 kilómetros [VERA, 1911, pp. 437-438].

Hasta el fin de la Gran Guerra, la aplicación del radiogoniómetro estaría prácticamente restringida al uso de las marinas militares; pero el amplio empleo que de él se haría durante el conflicto, proporcionaría las garantías técnicas necesarias para comenzar la producción y comercialización de un útil instrumento de resultados ya ensayados para un futuro empleo en la marina civil.

## 2.2. Primeros esbozos en España (1919-1920)

El avance logrado en la radiogoniometría durante la Primera Guerra Mundial, y lo que ello suponía para la seguridad de la navegación, haría al jefe de la Armada, José Espinosa de los Monteros, visitar distintos centros profesionales del extranjero. A su regreso, con ocasión de la celebración a mediados de noviembre de 1919 del primer congreso de Ingeniería celebrado en Madrid, impartiría una conferencia titulada “Radiogoniometría y recepción por cuadro” para dar a conocer las ventajas que ofrecía la nueva técnica en España [ESPINOSA DE LOS MONTEROS, 1920, p. 418].

Durante su ponencia, explicaría en detalle el sistema de antenas dirigidas que resolvía el problema de la dirección de las señales emitidas, describiendo las ventajas e inconvenientes de algunos de los aparatos empleados. Posteriormente, presentaría un proyecto original de radiogoniómetro para barcos —del que no se tiene otra constancia— que, por sus palabras, “resolvía prácticamente y con rapidez el interesante problema de la situación de las naves”. Igualmente, pondría especial atención en los radiogoniómetros que comenzaban a instalarse en tierra en Norteamérica, pues “claramente se había demostrado su utilidad práctica durante la última guerra”.

Por tal razón, Espinosa de los Monteros creía de la mayor importancia el nombramiento urgente por parte del Gobierno, de una comisión que propusiera las solu-

ciones más prácticas y acertadas para implantar la radiogoniometría en la Península, para lo cual propondría un estudio rápido y profundo sobre las siguientes cuestiones:

- Redacción de un proyecto de instalación de los radiogoniómetros necesarios para poder marcar la situación de las naves que lo pidiesen o de aquellas cuya posición interesase al Gobierno.
- Fijar las condiciones para la instalación de una red de radiofaros útiles a la navegación marítima y aérea, y de estaciones que suministrasen datos meteorológicos, horarios, etc., determinando las correspondientes tasas a percibir por dichos servicios, con objeto de que no resultasen onerosos para el Estado.
- Establecer la gama de longitudes de onda reservadas a los distintos servicios de navegación, aviación, señales meteorológicas, horarios, etc.
- Creación de un centro especializado para seguir los progresos de la TSH e ir, en lo posible, a la cabeza de ellos.

La referida comisión también debería ser la encargada de preparar el terreno para exponer las propuestas de España en materia de TSH en las futuras Conferencias Internacionales de Radiotelegrafía a celebrar [ESPINOSA DE LOS MONTEROS, 1920, pp. 419-422].

### 3. LA RADIOGONOMETRÍA EN ESPAÑA

#### 3.1. Necesidad de una red de “faros hertzianos” nacional

Pese a que el paso dado era enorme, aquellos innovadores aparatos no ofrecían las suficientes garantías técnicas, pues estaban afectados de errores importantes. Pese a ello, las empresas de comunicaciones, con *la Marconi* a la cabeza, continuarían perfeccionando la nueva técnica de navegación, intentando introducirla en la marina comercial de igual modo que anteriormente lo hicieron con la TSH.

Por aquel entonces, eran bien conocidos y apreciados los nobilísimos esfuerzos de la *Compañía Trasatlántica Española* (CTE) y de su presidente, Claudio López Brú, segundo marqués de Comillas, para que los buques de su flota estuviesen siempre en primera línea de cuanto significase progreso para la navegación y las ciencias navales [QUERO, 1921, p. 280]. Esto se cumpliría fielmente en el caso de los radiogoniómetros, pues apenas se dieron a conocer los últimos avances técnicos del ya afamado Marconi, Claudio López Brú aconsejaría su adaptación a todos los buques de su flota a la mayor brevedad, y a tal fin, ordenaría iniciar contactos con la *Compañía Nacional de Telegrafía Sin Hilos* (CNTSH)<sup>3</sup> para estudiar la instalación de las novedosas estaciones de radiogoniometría en sus mejores vapores, anticipándose a todas las grandes compañías de navegación extranjeras, no sólo por el valor real que representaba en cuanto a la mayor seguridad de la navegación,

sino porque también entendía que la Convención Radiotelegráfica Internacional pronto lo exigiría.

La CTE estudiará la posibilidad de emplear el invento, no sin antes solicitar a las autoridades adaptar las costas españolas a la nueva tecnología. Por esta razón, a mediados de 1919, Eugenio Agacino,<sup>4</sup> asesor técnico de la Compañía y gran estudioso de la TSH, comunicará a Javier Gil y Becerril, apoderado de la Naviera [MARTÍNEZ RIAZA, 2003, p. 171], la necesidad de instalar “faros hertzianos” en las costas españolas, requiriéndole lo hiciese llegar a las administraciones competentes.<sup>5</sup>

Fruto de las peticiones, el Gobierno tendría en cuenta que, existiendo ya en algunas naciones servicios de esta clase abiertos al público, era de interés nacional no parecer rezagados en adelante de tal interés para la defensa del territorio, considerando de primordial importancia para la navegación en los pasos estrechos y puntos de recalada, establecer este servicio en las costas de la Península, Baleares, Islas Canarias y posesiones de África, para lo cual, convocaría una Junta compuesta por los Ministerios de la Guerra, Gobernación, Fomento y Marina para estudiar el asunto, designando a este último para redactar un proyecto de instalación de estaciones radiogoniométricas “de interés nacional” y “a la mayor brevedad” en los principales puntos de las costas españolas.

Con tal fin, a mediados de 1920 se remitiría a la CTE el borrador de un proyecto de Real Decreto<sup>6</sup> para recabar opinión sobre el mismo. La redacción contemplaba como “obras imprevistas” con un presupuesto de 700.000 ptas., la construcción de cinco estaciones radiogoniométricas en el menor plazo posible, que inicialmente se situarían en Estaca de Bares (u Ortegal), Toriñana, Trafalgar, Monte Toro y Tarifa, las cuatro primeras de 100 y la última de 30 a 50 millas de alcance.

Las futuras estaciones radiogoniométricas, que dependerían del Ministerio de Marina tanto en la parte del material como en la de personal, emplearían provisionalmente una longitud de onda de 450 metros, hasta que los convenios internacionales indicasen la normalizada a utilizar. Asimismo, deberían cuidar que sus observaciones no perturbasen el curso del servicio radioteleográfico ordinario, no pudiendo en ningún caso recibir o transmitir servicio público radioteleográfico ordinario, y si por cualquier causa hubiera de desdecirse alguna de las estaciones, el curso del servicio público radioteleográfico pasaría temporalmente al Ministerio de Gobernación por el tiempo que fuese necesario, sirviéndola el personal civil, conforme al servicio general [CRUZ Y PINIELLA, 2014, p. 21].

### 3.2. El contrato “Tres Comillas”, un acuerdo innovador

Al mismo tiempo que la Naviera solicitaba al Estado la infraestructura necesaria para emplear la radiogoniometría en España, el contrato firmado con la CNTSH para la instalación y explotación del servicio radioteleográfico en sus buques estaba próximo a finalizar. Por tal motivo, la *Compañía Trasatlántica Española* recibiría

numerosas ofertas de distintas empresas del sector como la *Compañía Ibérica de Comunicación*, el *Sindicato Independiente del Telégrafo*, *Radio France*, *Radiola*, etc., pese a lo cual, a instancias de Eugenio Agacino, decidiría seguir fiel a *la Marconi* concretando, el 20 de diciembre de 1920, un innovador contrato para dotar del más moderno servicio de TSH a los tres trasatlánticos del proyecto “Tres Comillas” (*Alfonso XIII*, *Cristóbal Colón* y *Manuel Arnús*)<sup>7</sup> que se habían de construir en los astilleros de su propiedad en Matagorda. Se buscaba que estos buques fuesen equipados con la mejor tecnología existente hasta entonces, y en materia de comunicaciones aprovechar para adaptar los novedosos avances de su proveedor.

Como más tarde se demostraría, este nuevo contrato constituirá el punto de partida para la modernización de la flota de la CTE, y por ende de la marina civil española, al contemplar la instalación de distintos equipos que comenzaban a introducirse en las principales navieras extranjeras. El acuerdo incluía la sustitución de las estaciones de radiotelegrafía de 5 y 1 ½ Kw de onda amortiguada por las de 3 Kw de onda continua, la implantación de los modernos radiogoniómetros, así como la utilización de estaciones de socorro en los botes de salvamento, reafirmando así a la CTE como líder de las radiocomunicaciones marítimas españolas.

El precio a desembolsar por cada estación de radiogoniometría ascendería a 24.000 ptas., más un subsidio anual de 1.125 ptas. por cada uno de los buques, a lo que habría de añadirse 6.000 ptas. más al año por cada uno de los dos telegrafistas encargados de los equipos.<sup>8</sup>

Sin embargo, el acuerdo con la CNTSH para el proyecto de los “Tres Comillas” condicionaría la renovación del resto de la flota y, aunque las nuevas instalaciones se presupuestaron para que los innovadores equipos estuviesen instalados en los buques en construcción para marzo de 1921, el hecho de tener que volver a renovar la concesión del servicio radiotelegráfico, haría que tras el informe favorable de Eugenio Agacino, las numerosas gestiones de Juan García de Sola<sup>9</sup> tuviesen como resultado la firma, en Madrid, el 2 de julio de 1921, de un nuevo contrato con la compañía *Marconi*,<sup>10</sup> renovando y sustituyendo al anterior de 1910. Por el mismo, la CNTSH se comprometía a sustituir los equipos existentes por otros más modernos en dieciocho buques más de la CTE<sup>11</sup> [CRUZ Y PINIELLA, 2014, pp. 35-37].

### 3.3. Las pruebas en el vapor *Patricio de Satrústegui*, una experiencia pionera

Aunque la radiogoniometría se instalaría en varios buques de la CTE por las mismas fechas, el *Patricio de Satrústegui*, al igual que sucedería con la radiotelegrafía en 1910, sería pionero en adaptar la novedosa radiogoniometría y, a principios de septiembre de 1921, provisto de radiogoniómetro y estación de salvamento, realizaría pruebas con gran éxito a considerable distancia con la estación costera de Puntales (Cádiz). Para realizar dichas pruebas, se instalarían a bordo dos antenas en forma de

triángulos, una de babor a estribor y otra de proa a popa, cuyos vértices estaban situados en el mismo plano. De esta forma, cuando se recibiese una señal radiotelegráfica, daría lugar a una diferencia de potencial entre la parte superior y la inferior; que siempre se produciría antes en una que en la otra. Por tal razón, esa diferencia de potencial en ambos lados de las antenas no estaría en fase entre sí, y ello daría lugar a que se produjese una corriente oscilatoria a través de la antena.

La intensidad de la corriente que circulase por ésta y por el radiogoniómetro dependería del ángulo con que la onda chocase con las antenas, dando lugar ambas corrientes a un campo magnético cuya dirección dependería de la intensidad de la corriente que circulara por las bobinas del campo magnético del aparato, que a su vez, constaba de una “bobina exploradora giratoria” dentro de ese campo magnético; de modo que, cuando ésta estuviese paralela a la dirección del campo magnético, sería nula la fuerza electromotriz, y máxima cuando la bobina estuviese perpendicular.

En las prácticas realizadas en aguas de la bahía gaditana, el aparato mostraría que el ángulo con que giraba la aguja del radiogoniómetro coincidía exactamente con el ángulo con que llegaban las ondas a la antena, y siendo así, fácilmente podía averiguarse con exactitud de dónde procedían las señales y, por tanto, la dirección de la estación radiotelegráfica transmisora, facilitando así que el capitán orientase el buque con la misma exactitud que si con tiempo claro, viera el faro de Cádiz.

El novísimo aparato instalado en el *Satrústegui* permitía navegar evitando los peligros de las nieblas, lo que presumiblemente supondría que el porcentaje de siniestros fuese considerablemente menor; además, dichos radiogoniómetros debían estar preparados para las distintas travesías establecidas por la CTE, por lo que deberían transmitir con onda de 800 metros con las estaciones radiogoniométricas de los Estados Unidos.

A juicio del entonces inspector de TSH en Cádiz, Francisco Catand [*Diario de Cádiz*, 7 de septiembre de 1921, p. 1]: “La aplicación más innovadora que adopta la CTE es la denominada estación radiogoniométricas, la cual permitirá a los vapores fijar la situación de los buques, aún en las peores condiciones meteorológicas”, destacando que la CTE y su Presidente, se habían apresurado a instalar en su flota las nuevas instalaciones, “aún antes de que importantes compañías navieras del extranjero se hayan decidido a hacerlo”.

El marqués de Casa Receño, inspector de telegrafía, en el reconocimiento a las instalaciones del *Patricio de Satrústegui*, certificaría la autorización de la estación de onda amortiguada de 500 Km. y de la de socorro, no haciendo lo mismo con las de onda continua de 1000 Km., el radiogoniómetro y la del bote salvavidas, pues lamentablemente aún “no figuraba en la legislación española”.<sup>12</sup>

Llama la atención que las pruebas que realizó el vapor español con los nuevos equipos recibiese el halago por parte de la inspección radiotelegráfica, cuando días

antes y tras solicitar las correspondientes autorizaciones, recibiría la respuesta negativa por parte del Ministerio de Marina.

La negativa de la administración española a regularizar los innovadores equipos levantaría recelos en los dirigentes de la CTE, que sospecharían que la compañía *Marconi* pretendía utilizar su flota para experimentar la eficiencia de sus nuevos radiogoniómetros. Sin embargo, al igual que en anteriores ocasiones, y a pesar de tener que paralizar las instalaciones radiogoniométricas<sup>13</sup> proyectadas en varios de sus vapores,<sup>14</sup> la CTE pasaría por alto las trabas administrativas impuestas, pues al *Patricio de Satrústegui* le sucederían el *Alfonso XII*, *Cristóbal Colón*, *Reina María Cristina*, *Manuel Calvo* y *Montevideo*, hasta completar la totalidad de su flota. Además, dichas pruebas constituirían el punto de partida para que el resto de compañías marítimas nacionales de la época fuesen adaptando paulatinamente el cada vez más eficaz invento, estableciendo así los comienzos de la radionavegación marítima en nuestro país.

No obstante, su aplicación a bordo de los vapores no iba a ser una tarea fácil, pues la mayoría de los Capitanes al mando de los vapores no se fiaban de las marcaciones tomadas, y en muchas ocasiones obviaban su uso, desechando las marcaciones que le adjuntaban los radiotelegrafistas.<sup>15</sup> Por tal motivo, serían numerosas las quejas de estos últimos a la CNTSH, que a su vez, serían trasladadas a la delegación gaditana de la CTE y a la figura de su delegado, Juan García de Sola, quien rápidamente instaría a los Comandantes de las naves a utilizar sin objeciones la radiogoniometría a bordo.<sup>16</sup>

### **3.4. Los primeros equipos empleados: *Marconi* y *Telefunken*, dos sistemas distintos**

El equipo que emplearía el *Patricio de Satrústegui* era un radiogoniómetro *Marconi* marino tipo II (fig. 1), estaba diseñado especialmente para ser empleado a bordo de los buques, recibiendo señales radiotelegráficas y radiotelefónicas e indicando la dirección de la estación transmisora. Podía alcanzar un radio de acción de 200 a 300 millas náuticas cuando se usaba en combinación con otras estaciones costeras y navales de baja potencia, pudiendo ser mucho mayor empleado con estaciones de mayor potencia.

Exceptuando las dos baterías y los teléfonos del operador radiotelegrafista, el radiogoniómetro formaba una unidad compacta y de poco volumen que no era influenciado por las condiciones atmosféricas y, hasta entonces, el único medio conocido en España para orientar la nave con niebla o bruma.

Su manejo era sumamente fácil, gracias a la ausencia de ajustes complejos de sintonización, la cual se realizaba haciendo girar una manivela, que permitía al mismo tiempo precisar y conservar la sintonía. De esta forma, mientras que en un receptor de barco convencional se podían oír a todas las estaciones de barco y costeras de los alrededores en un mismo momento, en el radiogoniómetro *Marconi*, solamente se escuchaba a las que estuviesen situadas en la dirección marcada por el índice del radiogoniómetro. Moviendo el índice sobre la escala, se podía precisar la dirección de dos o

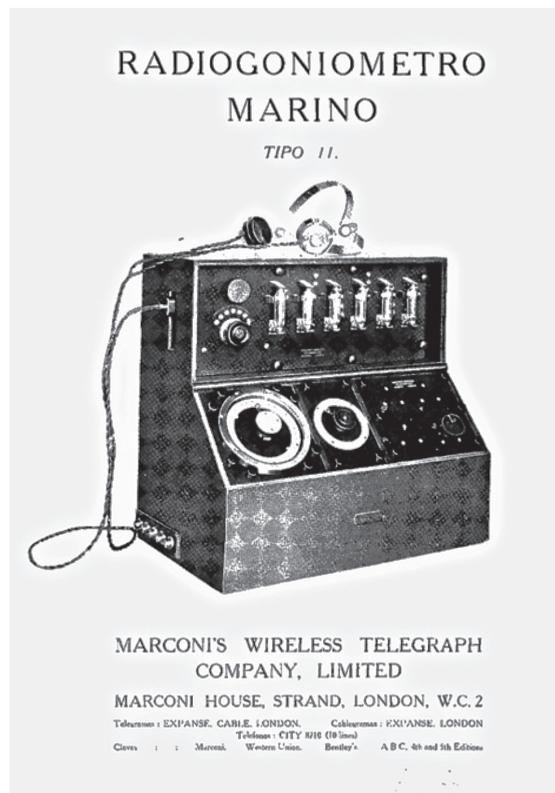


Figura 1: Estación de radiogoniometría *Marconi* del *Patricio de Satrústegui*.

Fuente: Manual técnico de la *Marconi's Wireless Telegraph Company Limited* [FCTE, Caja roja nº 55].

más estaciones, y por este medio determinar la situación de la nave. En otras ocasiones, solamente se pedía la dirección de un punto conocido, como si se tratase de saber si la ruta de un barco se dirigía o no hacia otro barco o faro fijo, con lo que una señal radiotelegráfica emitida desde el barco o faro era suficiente para resolver la cuestión.

El sistema adoptado estaba constituido por:

- Un par de antenas de forma triangular o rectangular, situadas en planos verticales que formaban entre sí un ángulo recto.
- Una caja radiogoniométrica provista de un mango y un índice móvil sobre una escala fija.
- Una caja receptora.
- Accesorios.

El sistema era, en esencia, un circuito radiotelegráfico corriente que no presentaba significativas diferencias con respecto a los de las estaciones ordinarias navales hasta entonces utilizadas, diferenciándose de éstas en la forma de captar la energía radiada por la estación transmisora, para lo cual, debían emplearse antenas de gran propiedad directiva.

Para captar las señales a bordo se utilizaban dos tipos diferentes de antenas: la de grandes cuadros fijos y las de pequeño cuadro giratorio, pudiendo asociarse cada una de ellas a cada una de las dos grandes empresas competidoras del sector, siendo *Marconi* partidaria de los grandes cuadros triangulares aperiódicos y *Telefunken* de los pequeños cuadros giratorios.

Por consiguiente, la antena empleada por la CNTSH para la instalación del *Patricio de Satrústegui* sería de tipo fijo triangular aperiódico (fig. 2), su poste central medía 21 metros de altura, y sostenía dos cuadros triangulares, cuyos tramos oblicuos y horizontales cubrían una longitud de 27,60 y 42 metros respectivamente [FERNÁNDEZ CASADO, 1928c, p. 417].

El sistema permitía direccionar señales emitidas desde 300 millas náuticas, gracias a que llevaba en su interior una “bobina investigadora” de muy pequeñas dimensiones, a la que podía considerarse como una diminuta antena radiogoniométrica, influenciada por las dos antenas fijas. La rotación de esta bobina era equivalente a la rotación de una bobina grande, pero su tamaño y peso eran tales que podía manejarse desde la cabina del operador con la facilidad necesaria para realizar un trabajo rápido y exacto.

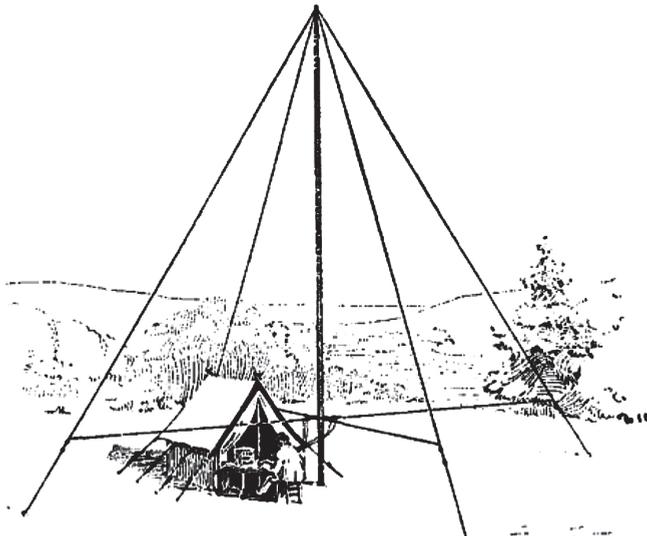


Figura 2: Cuadro fijo triangular de una sola espira. Sistema *Marconi*. Fuente: Folleto publicitario “El radiogoniómetro *Marconi*”, CNTSH [FCTE, Caja roja n° 55].

A diferencia de su gran competidora, la sociedad alemana *Telefunken* empleaba un pequeño cuadro (fig. 3) situado encima de la caseta de maniobras, resguardado de la intemperie por una pequeña caseta de madera o cualquier otro material no conductor. Este procedimiento es el que mejor se adaptaba a las necesidades del barco, donde el espacio disponible era pequeño y se tropezaba con la dificultad de instalar grandes cuadros simétricos, condición que era indispensable para un buen funcionamiento en el sistema *Marconi*. Además, el sistema empleado por *Telefunken* había sido experimentado en 1919, con motivo de las experiencias realizadas por el buque alemán *Panther*,<sup>17</sup> comprobándose que situando la antena en el centro del buque, de modo que las masas metálicas constituyesen un conjunto simétrico respecto a ella, se obtenían curvas de perturbaciones muy semejantes a las curvas de desviaciones cuadrantales de las agujas magnéticas, reduciéndose enormemente, de esta forma, las perturbaciones ocasionadas en el radiogoniómetro por las masas metálicas del buque.

Posteriormente, *Marconi* adaptaría los cuadros fijos rectangulares de pequeñas dimensiones, un tipo intermedio que reunía las ventajas de los dos anteriores, los cuales compensaban la reducción de superficie con la multiplicación del número de espiras en los arrollamientos de la antena (fig. 4) [FERNÁNDEZ CASADO, 1928, p. 219].

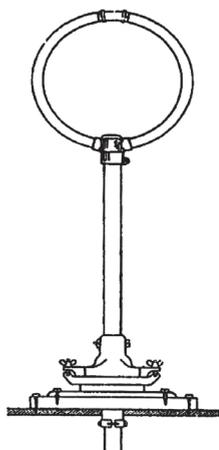


Figura 3. Pequeño cuadro giratorio.  
Sistema *Telefunken*.

Fuente: *Revista de Obras Públicas*,  
2503, p. 219.

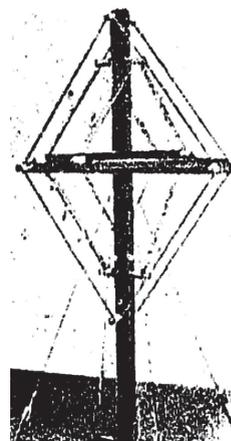


Figura 4. Cuadro de arrollamiento múltiple.  
Sistema *Marconi*.

Fuente: *Revista de Obras Públicas*,  
2503, p. 219.

Con posterioridad a su introducción en la marina española, la CNTSH comenzaría a estudiar la aplicación de distintos tipos de radiogoniómetros a la navegación aérea<sup>18</sup> pues, aunque aún se encontraba en su infancia, ya se vislumbraba que podía ser de un valor inestimable en el porvenir de la aviación comercial.

## 4. ESTABLECIMIENTO DE LOS RADIOFAROS EN ESPAÑA (1922-1930)

### 4.1. La necesidad de su implantación: el primer intento

Los excelentes resultados que arrojaron los experimentos de radiotelegrafía realizados por la *US Navy Department*, harían que las autoridades estadounidenses comenzasen a sustituir los clásicos faros luminosos por los modernos e innovadores radiofaros, con el fin de prestar servicios de orientación a los navegantes de altura, pues estos no tenían, como los luminosos, un alcance limitado a unas cuantas decenas de millas [CARAVACA, 1926, p. 10].

Como consecuencia de ello, a comienzos de los años 20 se comenzaría a instalar una red completa de ellos en las costas de Europa y Norteamérica.<sup>19</sup> De estas innovaciones técnicas tendría constancia la CTE, pues sus vapores realizaban rutas desde Cádiz a distintos puertos norteamericanos. Por tal razón, sería la primera en solicitar la instalación de estos aparatos en nuestras costas (apartado 3.1), pues ya conocía la utilidad de su aplicación.

Era claro que la posición geográfica de España hacía más que necesario el establecimiento de estaciones radiogoniometrías y de radiofaros en sitios adecuados, en pos de facilitar la navegación marítima y aérea [ESPINOSA DE LOS MONTEROS, 1920, p. 419]. El coste de instalación de estos aparatos era muy limitado, ya que en muchos de los casos se instalarían en los faros luminosos ya implantados, no siendo necesario ningún aumento de personal para su agregación al servicio de los faros y demás balizamientos, pues bastaba con el asignado para el funcionamiento de éstos.

Habría que remontarse a mediados de 1920 para encontrar el primer intento de instalación de un radiofaro nacional, cuando en plena expansión de la telefonía sin hilos en nuestro país, el Servicio Central de Faros establecería una estación radiotelefónica en las Islas Columbretes (Castellón) para comunicar el faro de estas islas con el puerto de Castellón.<sup>20</sup> Al mismo tiempo, idearía aprovechar dicha estación utilizándola de radiofaro,<sup>21</sup> proveyendo a ésta de un transmisor automático que radiase las palabras *Faro de Columbretes*.

Aunque al final no se llegó a realizar el proyecto, el Ministerio de Obras Públicas estudiaría qué sería más conveniente, si el emisor radiotelegráfico o el radiotelefónico, decantándose claramente por el primero.

### 4.2. Finisterre y Villano, primeros radiofaros nacionales

En aquella época los radiofaros se encontraban en periodo de ensayo en Europa,<sup>22</sup> los de Finisterre y Villano se instalarían de forma definitiva, y serían los primeros de su clase que funcionasen en nuestro país. Fueron proyectados por Mauro Serret, ingeniero del Servicio Central de Faros y Señales Marítimas, siendo construidos e instalados en mayo de 1922 por la conocida como *Compañía Ibérica de Electricidad*, filial española de la sociedad germana *Telefunken*.

Anteriores al plan general de 1923, para el que servirían de experiencia preliminar, estaban situados en la provincia de La Coruña, en la zona denominada “costa de la muerte”, y constituían una pareja que, sin duda, rendiría utilísimos servicios a la navegación en una zona de paso trasatlántico donde las entradas a puerto eran complicadas por la frecuencia de las nieblas e irregularidades de las costas [FERNÁNDEZ CASADO, 1929, pp. 353-354].

En agosto de 1922 se efectuaron pruebas de recepción de los aparatos radiotelegráficos<sup>23</sup> instalados en ambos radiofaros, que serían dirigidas por Mauro Serret a bordo del cañonero *Hernán Cortés*, comisionado a tal efecto por orden de las autoridades de Marina.

Durante los quince días que estuvo navegando por la zona se realizaron distintas experiencias, emitiendo diariamente a horas determinadas, verificándose la recepción en la estación de TSH de La Coruña, que distaba respectivamente 38 y 45 millas de Villano y Finisterre [FERNÁNDEZ CASADO, 1929, pp. 279-280].

Prueba del rotundo éxito logrado en estas “pioneras” pruebas, son las palabras que el Comandante de dicho buque, capitán de corbeta Luis Ozámiz, escribiría en su informe al finalizar las mismas [VIDA MARÍTIMA, 30 de agosto de 1922, p. 251]:

En las frecuentes derrotas que he efectuado entre La Coruña, Camarinas y Corcubión, durante los quince días que han durado las pruebas de los radiofaros instalados en los cabos Villano y Finisterre, he podido apreciar con el aparato de telegrafía sin hilos de este buque los sonidos emitidos por ellos, que son perfectamente distintos uno de otro, se oyen por radio con diferente intensidad, según la distancia a que el buque se encuentra situado, lo que proporciona una ligera indicación de la proximidad del barco a la estación emisora.

Se han oído ambos, distintamente, en todos momentos, en la mar y fondeando en los puertos de Camarinas y de Corcubión.

Si estos radiofaros se instalasen en todos los principales puntos de la costa y los buques llevasen con la estación de telegrafía sin hilos un pequeño radiogoniómetro, que determinase por medio de ondas los ángulos de marcación a dichos faros, la utilidad para la seguridad de la navegación, especialmente en tiempo de niebla, sería inapreciable, pues con estos ingeniosos aparatos se sustituye, cuando conviene, el órgano de la vista por el del oído, para situar el buque en las proximidades de la costa.

Como este barco no llevaba radiogoniómetro, las indicaciones que le proporcionaba el radiofaro se reducían a indicarle la proximidad de la costa, o sea que resultaban equivalentes a las señales sonoras acústicas proporcionadas por las sirenas, explosivos y campanas submarinas, utilizadas por entonces.

Realmente, para que el radiofaro cumpliera su misión se precisaba la presencia del radiogoniómetro a bordo; y ocurrió aquí, como en todos los servicios que requería el tráfico marítimo, que hubo discusiones sobre quien debía adelantarse, si el Estado (servicio para crear un tráfico) o las compañías navieras (tráfico para crear un servicio). A esto se le añadiría la cuestión de decidir si las futuras instalaciones deberían ser radiofaros o estaciones radiogoniométricas, estas del dominio del Ministerio de Marina y aquellas pertenecientes al Ministerio de Obras Públicas.

Gracias a la tenacidad de Mauro Serret, triunfó el criterio nacional, y en febrero de 1923 se redactó el plan general de radiofaros, que fue aprobado por la R.O. de 14 de julio de ese mismo año, con la siguiente observación [FERNÁNDEZ CASADO, 1929, p. 280]:

... debiendo empezar su ejecución por el primer grupo que comprende el referido plan que se refiere a la zona noroeste de España; y que una vez establecidos estos radiofaros, se verifiquen estudios comparativos de la eficacia de las indicaciones que estos proporcionan a la navegación, en relación con los que suministren los radiogoniómetros que el Ministerio de Marina ha de instalar en la misma zona, para que en vista del resultado de estas experiencias, se pueda en lo sucesivo, adoptar la resolución más conveniente.

Como el faro de Finisterre tenía la apariencia de destellos ópticos equidistantes y el de Villano, grupos de dos destellos blancos, las emisiones de los radiofaros anteriores se establecieron en un principio de la siguiente forma:

- Finisterre, notas equidistantes de dos segundos y silencio de siete segundos.
- Villano, dos notas de un segundo separadas de un segundo cada uno y veintiún segundos cada grupo.

La duración de las señales estaba calculada de modo que cumpliera la condición preconizada por el proyecto del Convenio Radiotelegráfico Internacional, que establecía para los radiofaros una emisión de dos minutos cada media hora.

### 4.3. La experiencia de la CTE, una aportación necesaria

Parece que, a pesar del éxito logrado en las pruebas del *Hernán Cortés*, éstas no serían del todo concluyentes, pues un año más tarde, el ingeniero jefe del Servicio Central de Servicios Marítimos, Sr. Castellé, se dirigirá al presidente de la CTE, Claudio López Brú, para solicitarle colaboración en la puesta a punto del funcionamiento de los radiofaros de Finisterre y Villano, pues debido a la práctica inexistencia de buques dotados con estaciones radiogoniométricas, existía gran interés en conocer los resultados que en la práctica ofrecían dichos radiofaros a los navegantes.

Como me han dicho que los modernos barcos de Vds., *Alfonso XIII* y *Cristóbal Colón* llevan a bordo el radiogoniómetro, yo agradecería de Vds. que encargara a los capitanes de estos trasatlánticos, hicieran observaciones con el radiogoniómetro de a bordo, sobre estos dos faros, que en virtud de las instrucciones que tienen recibidas funcionan en todo momento de niebla, ya sea de día o de noche.<sup>24</sup>

Como podría darse la casualidad que, cuando navegaran los vapores de la CTE por aquellas aguas, estuviera la atmosfera despejada y, por lo tanto, no funcionasen los radiofaros, se ofrecería ordenar a los faros que se pusieran en funcionamiento el día y a la hora que por dichas aguas navegasen los barcos, con objeto de que el radiotelegrafista de a bordo pudiera determinar si había tiempo suficiente en la duración de las emisiones, para poder situar perfectamente el cuadro y dar la marcación del barco sobre el radiofaro, o si por el contrario, le parecían demasiado cortas estas emisiones, siendo

entonces conveniente —a juicio del operador— otra agrupación de señales que tuviesen una duración mayor con objeto de que, una vez transmitidas, pudiera servirle al Servicio Central para los próximos proyectos que tenía que redactar con respecto a las sucesivas instalaciones que debían hacerse en toda la costa española.

El asunto sería derivado a la delegación de la naviera en Cádiz, que rápidamente le comunicaría a los vapores *Alfonso XIII* y *Cristóbal Colón*, al barco que hacía la ruta del Norte y al de Filipinas, que si tenían contacto con los dos radiofaros citados, les diesen cuenta de sus observaciones para trasladárselas al Servicio Central, con objeto de que el servicio pudiese ir mejorando.<sup>25</sup>

Casualmente, poco después, la experiencia aconsejó una variación completa de criterio, y la emisión se realizó por grupos de características, cada una de las cuáles constaba del indicativo del radiofaro (letras iniciales que lo definían) seguidas de trazos largos para orientación del receptor, distribuidas para cada uno de los radiofaros como se especifica en la tabla 2 [FERNÁNDEZ CASADO, 1929, pp. 353-354].

Al prestar servicio, el radiofaro emitía constantemente una señal radiotelegráfica, que era distinta para cada uno de ellos, tanto por la duración de la emisión como por su agrupación y el tono musical o número de vibraciones de la misma. Para ello, cada radiofaro tenía instalado un transmisor automático de atención personal y, además, un transmisor corriente para manipular a mano en el caso de avería del automático.

De esta manera, cuando un barco entraba en la zona de alcance del radiofaro, el encargado de la estación de TSH podía sintonizar su aparato con el radiofaro y recibir la señal de éste con intensidad proporcional a la distancia a la que se encontraba de la estación emisora, teniendo con ello —según la práctica de recepción del radiotelegrafista de a bordo— una idea rudimentaria de la distancia a la costa.

En cambio, si el barco iba incorporado del radiocampos o radiogoniómetro, entonces el encargado del mando del barco, o el radiotelegrafista con los auriculares puestos, maniobraba el cuadro de la antena del aparato que, a su vez, giraba alrededor de un eje vertical, cambiando una aguja que se movía sobre un panel horizontal dividido en grados, de tal manera que la línea 0-180 grados coincidiese con el eje del barco, haciéndolo girar sobre dicho eje hasta que se encontrase la posición de máxima intensidad del sonido. Estas dos posiciones del cuadro eran perpendiculares entre sí, determinando la alineación de las dos estaciones, la primera sería la emisora (radiofaro) y la segunda la receptora (barco) [SERRET MIRETE, 1923, p. 270].

Sin embargo, hemos podido contrastar que ésta no sería la primera vez que los buques de la CTE comunicarían con el radiofaro de Finisterre, pues ya en diciembre de 1921, antes incluso de las pruebas del *Hernán Cortés*, el *Ciudad de Cádiz* (provisito de radiogoniómetro) solicitaría y obtendría marcación de este.

Solicito que pregunten a las costeras si deben dar siempre la situación, porque he experimentado con el radiogoniómetro y he tenido que pedirlo como servicio a la estación de Finisterre<sup>26</sup>

#### 4.4. La normalización: hacia el Plan General de Radiofaros de 1923

La experiencia demostraría a las autoridades españolas la urgencia del establecimiento y puesta en servicio de radiofaros marítimos en las costas españolas, ya que con sus emisiones y el radiogoniómetro de a bordo, cualquier navegante podría orientarse con todo tipo de tiempo.

Este primer intento y la progresiva instalación de radiofaros marítimos en las costas europeas y norteamericanas, avocarían a las instituciones españolas a emplazar verdaderos radiofaros en nuestro litoral [SERRET Y MIRETE, 1923, p. 270]. Con tal fin, el Servicio Central de Señales presentaría un plan completo para el establecimiento de radiofaros en las costas españolas, que sería aprobado mediante R.O. de 14 de julio de 1923.

En dicho plan, se contemplaban ocho grupos clasificados como siguen:

- Zona noroeste: Isla Sálvora (grupos de tres emisiones), Cabo Prior (4), Estaca de Vares (3), Cabo Peñas (equidistantes) Cabo Silleiro (4).
- Zona del Estrecho sur: Punta Carnero (2), Punta Almina (3), Cabo Trafalgar (4), Chipiona y Málaga (equidistantes).
- Zona norte: Cabo Mayor (2), Cabo Machichaco (equidistantes), Cabo Higuer (3), Llanes (4), Tapia (2).
- Zona de Levante: Cabo San Sebastián (equidistantes), Punta Llobregat (2), Isla Buda (3), Columbretes (4), Isla Nao (3), Cabo Palos (3), Cabo Gata (4), Valencia (equidistantes), Alborán (3 y 2), Baleares, Ahorcados (3), Isla Aine (3), P. Nati (4), Cabo Figuera (equidistantes), Cabo de Pera (2), Canarias, Alegranza (equid.), La Isleta (3), P. Pechiguera (2), P. Anaga (4), P. Orchilla (3), P. Teno (4), P. Cumplida (2).



Figura 5: Situación de los radiofaros del plan general de 1923.  
[Revista de Obras Públicas, 2529, p. 279].

La ejecución de los trabajos comenzaría por la zona noroeste que, debido a la irregularidad de sus costas y las frecuentes nieblas, era claramente la más peligrosa para la navegación. Una vez establecidos los primeros radiofaros, se verificarían estudios comparativos de la eficacia de las indicaciones que éstos proporcionasen a la navegación en relación con las de los radiogoniómetros que, aunque en estudio, el Ministerio de Marina había de instalar en la misma zona, para posteriormente adoptar la opción más conveniente [*Ibérica*, XX (132) 1927, p. 130].

El plan clasificaba a los radiofaros por grupos geográficos, y con arreglo a la categoría de urgencia de la siguiente forma:

Estaciones	Primera Urgencia	Segunda Urgencia
Grupo 1 Zona noroeste	Cabo Silleiro, Isla Sálvora, Cabo Villano, Cabo Finisterre, Estaca Vares, Cabo Peñas	
Grupo 2 Zona del Estrecho y Sur	Trafalgar, Punta Carnero, Punta Almina	Chipiona, Málaga
Grupo 3 Zona Norte	Cabo Mayor, Machichaco	Yapia, Llanes, Cabo de Higuer
Grupo 4 y 5 Zona de Levante	Cabo de San Sebastián, Punta de Llogregat, Cabo de Tortosa, Cabo de Columbretes	Valencia, Punta de Nao, Cabo Palma, Cabo Gata, Isla de Alborán
Zona 6 Balears	Ahorcados, La Mola, Punta Natí, Cabo Figuera, Cap de Píera	
Zona 7 y 8 Canarias		Alegranza, La Isleta, Punta Pechiguera, Punta Anaga, Punta Orchilla, Punta Tono, Punta Cumplida

Tabla 1: Red de radiofaros proyectados por el Ministerio de Obras Públicas (1923).  
[*Revista de Obras Públicas*, 2529, p. 281].

#### 4.5. La consolidación: la Red Nacional de Radiofaros Marítimos

Siguiendo las normas establecidas por el plan general de radiofaros, después de los de Villano y Finisterre, la *Compañía Ibérica de Electricidad*, bajo la dirección de Rafael de la Cerda, instalaría durante el año 1926 los de Silleiro y Sálvora, también en la costa noroeste, el primero en el cabo de su nombre y el segundo a la entrada a la ría de Arosa. Además se proyectó otro para el faro de cabo Prior, que finalmente se montaría en cabo Machichaco, pues con los cuatro radiofaros anteriores, la cobertura de la costa gallega era suficiente, en cambio, la gran utilidad que se presumía en su definitivo emplazamiento, comprendía un radio de acción que abarcaba los puertos de Bilbao y San Sebastián, cuya zona era también difícil para la navegación por la violencia del mar y la frecuencia de la niebla.

Cada una de las instalaciones llevaba un aparato receptor que les permitía escuchar las emisiones de los otros radiofaros, ponerse de acuerdo con ellos y establecer comunicación con las otras estaciones que se pusiesen a su alcance [FERNÁNDEZ CASADO, 1929, pp. 370-371].

A la instalación de estos, le seguiría la del radiofaro de Tres Forcas (no contemplado en el plan de 1923), que la pérdida del acorazado *España* hizo poner en valor. Estaba situado en un punto estratégico de la costa de Melilla, y protegía junto con los de Alborán y Málaga la entrada al Estrecho de Gibraltar por el lado del Mediterráneo. Fue montado nuevamente con la dirección de Rafael de la Cerda por la *Société française Radio-électrique*, poniéndose en servicio durante el mes de marzo de 1928 [FERNÁNDEZ CASADO, 1930, p. 126].

Nombre de la estación	Señal llamada	Lat. - Long.	Llamada radiogoniométrica	Longitud onda	Nº libro faros
Cabo Machichaco	M A	43°21'14"N 2°45'13"W	Señal repetida durante 30s, seguida de silencio durante 270s.	1000 metros Onda amortiguada	2732
Cabo Villano	V	43°09'36"N 9°12'41"W	Señal repetida (800 vibr/s) durante 47s, seguida de una raya de 10 s, repitiéndose al final una vez la señal (V). Después un silencio de 260s.	1000 metros Onda amortiguada	2815
Cabo Finisterre	F	42°52'56"N 9°16'20"W	Señal repetida (500 vibr/s) durante 47s, seguida de una raya de 10s, repitiéndose al final una vez la señal (F). Después silencio de 260s.	1000 metros (500 vibr./s) Onda amortiguada	2817
Isla Sálvora	S O O	42°27'51"N 9°00'49"W	La señal (1100 vibraciones por seg.) emitida durante 30 s y a continuación un silencio de 270s.	1000 metros Onda amortiguada	2826
Cabo Silleiro	R O	42°06'14"N 8°53'50"W	La señal (800 vibraciones por seg.) emitida durante 30s y a continuación un silencio de 270s.	1000 metros Onda amortiguada	2869
Cabo Tres Forcas	T F	35°26'08N 2°58'05"W	Señal seguida de una raya de 4s de duración, seis veces en un minuto, y a continuación habrá un silencio de 4 minutos	1000 metros. Onda continua	2966

Tabla 2: Radiofaros del Ministerio de Obras Públicas (1926).

Fuente: *Revista de Obras Públicas*, 2554, pp. 365-366.

Los seis radiofaros anteriores y las cuatro estaciones radiogoniométricas del Ministerio de Marina formarían una red de ayuda a la navegación bastante avanzada para su tiempo, de hecho, desde cualquier punto del litoral se podían oír siempre dos estaciones

o más. En cambio, en la zona de Levante, donde la navegación se consideraba más segura, estaban más distanciadas, situándose en las puntas prominentes o en las entradas de los puertos de primer orden, pues dado el alcance normal de las estaciones, quedaba muy poco espacio por cubrir, por lo que, con la recepción de un radiofaro, el barco podía situarse exactamente en la costa, haciendo para ello dos observaciones sucesivas y conociendo, además, el rumbo y velocidad con que había navegado entre ellas.

En el resto de las zonas, el alcance y la situación de dos radiofaros próximos estaban calculados de tal suerte que se podía siempre obtener la situación del buque mediante dos marcaciones, de ahí la necesidad de distinguir claramente las emisiones de dos radiofaros; lo que se obtuvo gracias a las modulaciones de las ondas con frecuencias musicales diferentes. No obstante, como persistía aún cierta dificultad de distinción durante la transmisión simultánea de varias estaciones, se decidió que los manipuladores automáticos de los radiofaros contiguos funcionasen de modo que la emisión de cada uno tuviese lugar durante el período de silencio de los otros [CARAVACA, 1926, p. 10].

Nombre Estación	Señal llamada	Lat./Long.	Llamada radiogoniométrica	Potencia de radiación (amp/m)	Horarios y tasas
Ferrol	EBO	43°29'05"N 8°12' 58"W	A2 500-375 kc/s. (600-800 m.)	75	Servicio permanente Buques nacionales 10 pesetas Buques extranjeros 10 francos oro
Tarifa	EBQ	36° N 5°36'36"W	Ídem	33	
Torre Alta (Cádiz)	EBR	36°27'36"N 6°12'24"W	Idem	42	
Mahón	EBS	39°53'43"N 4°16'05" E	Idem	30	

Tabla 3: Estaciones radiogoniométricas terrestres del Ministerio de Marina (1926).

Fuente: *Revista de Obras Públicas*, 2554, p. 366.

Básicamente existían tres tipos de radiofaros experimentados hasta entonces: de emisión ordinaria, de emisión giratoria y estaciones radiogoniométricas. Los primeros, podían considerarse como estaciones radiotelegráficas ordinarias, que emitían en determinados momentos una señal característica periódica y que recibida a bordo por medio de un radiogoniómetro, permitía determinar al observador su posición respecto al radiofaro. Era pues, un faro que, en vez de proyectar destellos luminosos, seguía un esquema determinado para lanzar al éter un grupo de signos Morse [SERRET MIRETE, 1923, p. 270]. Estaban diseñados para trabajar en grupos, y al igual que las señales acústicas, se caracterizaban por una señal distintiva y una frecuencia común para cada grupo [SÁNCHEZ TERRY, 1986, p. 65].

En los de emisión giratoria, el emisor emitía un haz rectilíneo giratorio, para que, recibida a bordo por un receptor ordinario, pudiese ser conocida. En cambio, las estaciones radiogoniométricas eran aparatos radiogoniómetros instalados en puntos de la costa, y a petición de los barcos le fijaban la posición y comunicaban la posición.

De los tres tipos, el radiofaro de emisión directa fue el que mayor difusión y perfección alcanzó en España, pues aun cuando las estaciones radiogoniométricas eran también muy numerosas, su empleo no terminaría de afianzarse, debido al inconveniente de que el barco dependía de la estación terrestre para conocer su posición, y ésta no podía dársela con la precisión o rapidez requerida; además, el perfeccionamiento alcanzado por los radiogoniómetros en los buques, reduciría mucho los posibles errores de recepción, compatibilizándolos así, cada vez más, con los radiofaros de emisión ordinaria.

Sin embargo, los radiofaros de emisión giratoria, que estuvieron muy en boga los primeros años de la evolución de los radiofaros por su ventaja de reunir todos los aparatos especiales en tierra, y no tener el inconveniente de las estaciones radiogoniométricas, tropezarían con tales dificultades en la realización de los primeros tipos que, después de haberse construido algunos,<sup>27</sup> más bien experimentales que prácticos, se optaría por abandonar su construcción [MOYA BLANCO, 1933, p. 265].

Generalmente, estaban equipados con una estación radiofaro *Telefunken* S. 251 N, perteneciente al primer tipo (emisión dirigida), que permitía variar la longitud de onda un rango entre 500 y 1100 metros, de modo que se podía conseguir no solo la onda internacional para radiofaros (1000 metros), sino también la gama para comunicación con los barcos (600-560 metros) y con las aeronaves (900 metros).

La maniobra del radiofaro se realizaba automáticamente mediante un reloj de contactos, y su alcance para marcaciones radiogoniométricas era, por término medio, entre 50 y 100 millas náuticas [FERNÁNDEZ CASADO, 1928a, p. 104].

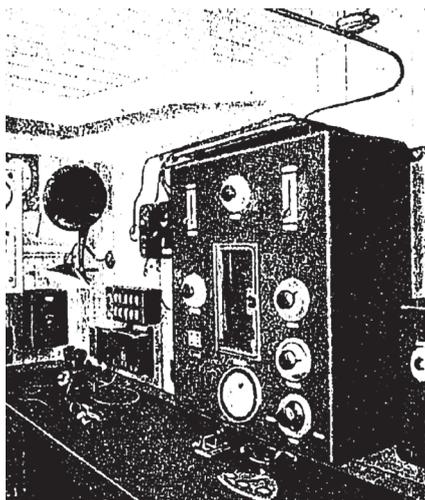


Figura 6: Radiofaro *Telefunken* S. 251 N. Fuente: *Revista de Obras Públicas*, 2497, p. 170.

## 5. LAS ESTACIONES RADIOGONIOMÉTRICAS EN LOS BUQUES NACIONALES

Al mismo tiempo que implantaban los radiofaros en la península, seguía desarrollándose con fuerza el servicio radiogoniométrico marítimo a bordo de los buques civiles, hasta el punto de ser casi un centenar las estaciones instaladas en buques españoles a finales de 1926 (Tabla 4).

Al igual que ocurriría con la radiotelegrafía y la radiotelefonía, las dos grandes empresas del sector pugnarían por introducir sus radiogoniómetros en la flota española. Siendo esta vez *Telefunken* quien lograría colocar sus aparatos en la mayoría de los radiofaros de la red nacional. En cambio, con respecto a las estaciones radiogoniométricas de a bordo, la compañía *Marconi* acabaría imponiendo sus equipos en un mayor número de buques nacionales.

Pasaje	Carga		Pesca
Alfonso XIII	Cabo Palos	Andutz Mendi	Alcatraz
Alicante	Cabo Quilates	Elcano	Alcaudón
Antonio López	Cobetas	Arnús	Juan Mari
Buenos Aires	Conde de Zubiría	Valentín Ruíz	Pesquerías Cantábricas 1
Claudio López	España 3	Aloña Mendi	Cantábricas 2
Cristóbal Colón	España 6	Aralar Mendi	Cantábricas 3
Infanta Isabel de Borbón	Fernando L. de Ybarra	Galdames	San Juan
Isla de Panay	Igotz Mendi	Gastelu	San Pedro
Joaquín del Piélago	Mar Rojo	Banana	Santiago Rusiñol
Legazpi	Marqués de Chávarri	Amboto Mendi	Luis
León XIII	Victor Chávarri	Ayala Mendi	Rey Alfonso XIII
Manuel Arnús	Miguel, Júpiter	Ebro	Euskalherria
Manuel Calvo	Araitz Mendi	Sil	Galerna
Montevideo	Arnotegi Mendi	Cilurnuni	Vendaval
Reina María Cristina	Artea Mendi	Ángela	Guimerá
Reina Victoria Eugenia	Ardantza Mendi	Luis Adaro	Santa Ana
Juan Sebastián Elcano	Artiba Mendi	María Adaro	Santa Rosa
Magallanes	Artxanda Mendi	Moltrico	
Marqués de Comillas	Eretza Mendi	Atalaya	
	Gorbea Mendi	Deva	
	Urbe Mendi	Arralz	
	Upo Mendi	Altube Mendi	
	Bizkargi Mendi	Atxuri Mendi	
	Guipúzcoa	Axpe Mendi	
	Uribitarie	Aya Mendi, Durango	
	Candina	Juan de Astigarraga	

Tabla 4: Relación de buques españoles equipados con radiogoniómetro (1926). Fuente: Elaboración propia a partir de la *Revista de Obras Públicas*, 2554, pp. 364-365.

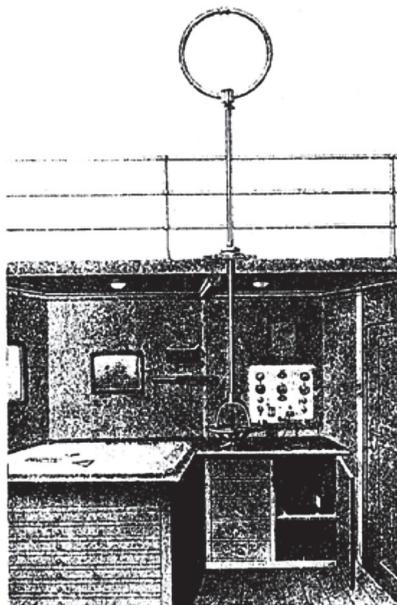


Figura 7: Estación de radiogoniometría naval *Telefunken*.

Fuente: *Revista de Obras Públicas*, 2503, p. 219.

El principal estímulo para este desarrollo fue la utilidad del radiogoniómetro como aparato orientador, que primero se empleaba únicamente como medio de reserva, especialmente para casos de niebla, pero cada día avanzaría más hacia su uso como aparato normal para determinar la dirección y localización del buque, en competencia con el compás giroscópico, llegando a convertirse de un sistema radiotelegráfico de apoyo, a un verdadero sistema directivo para determinar el rumbo del buque, emitiendo y recibiendo señales de una manera continua.

Otro de los motivos que resultaría determinante en su implantación, sería de gran importancia para los vapores pesqueros, por la facilidad de dirigirse mediante el radiogoniómetro hacia un emisor cualquiera, lo que permitía la constitución de flotillas con un barco nodriza, al cual podrían dirigirse en cualquier momento guiándose por la radiación que éste emitía, sirviéndole de radiofaro. Esta propiedad resultaría fundamental para el salvamento de buques, especialmente cuando el siniestrado no conocía su posición verdadera, pues la emisión de la señal de peligro, servía a los barcos que llevaban radiogoniómetro, para dirigirse en la dirección exacta.

Así ocurrió en el naufragio del *Arnabal-Mendi*, barco de la compañía *Sota y Aznar*, que el 25 de noviembre de 1928, a consecuencia del temporal, quedó a la deriva en las proximidades del puerto de Pasajes, en medio de una espesa niebla; el barco no co-

municaba su situación, pero las señales de socorro fueron recogidas por el pesquero *San Pedro*, que mediante el radiogoniómetro llegó fácilmente al lugar del suceso, consiguiendo salvar a la tripulación, que se encontraba ya en situación desesperada [FERNÁNDEZ CASADO, 1930, pp. 362-363].

El coste de una instalación radiogoniométrica de a bordo podía considerarse bastante limitado y despreciable ante el valor de los grandes servicios que podía prestar para la seguridad de la navegación; además, la utilidad del radiogoniómetro iría más allá, pues se emplearía también para tomar marcaciones en proximidad de las costas. Asimismo, también serviría para determinar la posición y la derrota de los buques próximos en tiempo de niebla. En tales circunstancias atmosféricas, todo buque en navegación debía emitir frecuentes señales, análogas a las de los radiofaros, por medio del radiogoniómetro, para que otro buque cualquiera, situado dentro de su radio de acción, pudiese así determinar la dirección de la nave trasmisora y regular su propia derrota para seguir adelante con seguridad y rapidez [CARAVACA, 1926, pp. 11-12].

## 6. CONCLUSIONES

La documentación de archivo nos ha permitido establecer con detalle los inicios de la radionavegación marítima en España. Para ello nos hemos remontado a diciembre de 1920, cuando, con motivo de la firma del acuerdo para la instalación en los futuros trasatlánticos “Tres Comillas” de los más modernos equipos de radiotelegrafía, se incluiría la instalación de las innovadoras estaciones de radiogoniometría, que por aquel entonces comenzaba a comercializar internacionalmente la compañía *Marconi*.

De especial interés para la historia de nuestras radiocomunicaciones resulta la primera experiencia llevada a cabo a bordo del vapor *Patricio de Satrústegui* durante la primera semana de septiembre de 1921, en aguas de la bahía de Cádiz, en las que se probaría con rotundo éxito una estación radiogoniométrica por primera vez en España.

La aportación de la naviera española iría todavía más allá, pues ya en 1919, incluso antes de adaptar los radiogoniómetros en sus vapores, comunicaría al Estado la necesidad de establecer los denominados “faros hertzianos” en el litoral español. Meses más tarde, dicha propuesta sería favorablemente aceptada por las autoridades españolas, que rápidamente encargarían al Ministerio de Marina un proyecto de instalación de estaciones radiogoniométricas “de interés nacional” y “a la mayor brevedad” en los principales puntos de las costas españolas.

Del mismo modo, en 1923 prestaría valiosos servicios para la puesta a punto del funcionamiento de los radiofaros de Finisterre y Villano, primeros de su clase instalados en la península. Los resultados obtenidos servirían para perfeccionar ambos

radiofaros, así como al resto de los que posteriormente instalaría el Ministerio de Obras Públicas a lo largo del litoral español que, junto a las estaciones radiogoniométricas en tierra del Ministerio de Marina, formarían una red nacional bastante avanzada para su tiempo.

Finalmente, cabe resaltar que la pionera iniciativa sería seguida por el resto de las compañías de navegación españolas de la época, desarrollándose con fuerza el servicio radiogoniométrico marítimo a bordo de los buques civiles, hasta el punto de ser casi un centenar las estaciones implantadas en buques españoles a finales de 1926.

Como síntesis de cuanto queda documentado, creemos que sería de gran importancia poner de manifiesto el decisivo impulso que aportaría la CTE al establecimiento de los primeros sistemas radioeléctricos de ayuda a la navegación implantados en España.

## NOTAS

1. Especialmente la contenida en las Cajas verde nº1 y rojas nº 54 y 55.
2. Véase [CASTILLA LÓPEZ, 1918, pp. 98-99].
3. Concesionaria de la construcción y explotación del servicio público español de telegrafía sin hilos por Real Orden de 24 de agosto de 1911 OTERO CARVAJAL [2007, p. 122]. “Contaba con la representación general y exclusiva del sistema Marconi y tenía licencia de uso y explotación de todas sus patentes, y representaba también a la *Compagnie de Telegraphie sans fil* de Bruselas que poseía la exclusiva para las instalaciones de la marina mercante española”. [SÁNCHEZ MIÑANA, 2004, pp. 96-97].
4. Colaborador técnico de la CTE y teniente de navío de la Armada, se retira de la Armada para dedicarse a su pasión; la divulgación de los temas marítimos, muy especialmente la marina mercante. [VIDA MARÍTIMA nº 176, 10 de mayo de 1906].
5. FCTE-BTG, Caja roja nº 54. Carta manuscrita de Eugenio Agacino a Javier Gil y Becerril, 20.07.1919.
6. FCTE-BTG, Caja roja nº 54. Comunicación del Ministerio de Marina a la CTE. 01.06.1920.
7. FCTE-BTG, Caja verde nº 1. Copia del Contrato firmado entre la CTE y la CNTSH, 20.12.1920.
8. FCTE-BTG, Caja roja nº 55. Factura de la CNTSH a la CTE por instalación de radiogoniómetros y estaciones de botes salvavidas, 10.11.1921.
9. Como señala ROMERO GONZÁLEZ [2003, p. 102], Desde septiembre de 1912, y tras una breve interinidad de D. Manuel Eizaguirre, ejercerá las funciones de jefe de la Delegación de Cádiz, manteniéndose en el cargo hasta después de convertirse las oficinas en agencia, el 1 de julio de 1927.
10. FCTE-BTG, Caja verde nº 1. Copia del Contrato firmado entre la CTE y la CNTSH, 02.07.1921.
11. *Alfonso XII, Buenos Aires, Claudio López, Patricio de Satrústegui, Reina María Cristina, Manuel Calvo, Alicante, Cataluña, Legazpi, León XIII, Montevideo, Monserrat, Antonio López, Ciudad de Cádiz, Isla de Panay, M. L. Villaverde, Infanta Isabel de Borbón y Reina Victoria Eugenia*. FCTE-BTG, Caja verde nº 1. Copia del Contrato firmado entre la CTE y la CNTSH, 20.12.1921.
12. FCTE-BTG, Caja roja nº 54. Carta de Manuel de Eizaguirre a Juan García de Sola, 08.08.1921.
13. FCTE-BTG, Caja roja nº 54. Carta manuscrita de Juan García de Sola a Manuel de Eizaguirre, 13.09.1921.
14. FCTE-BTG, Caja roja nº 54. Carta de Carlos Barrie a Manuel de Eizaguirre. 28.08.1921. “Me trasladan su carta a Campon ordenando que no acometiesen obra alguna de nuevas instalaciones de radiogoniómetros, en los barcos de servicio de esta línea del norte, sin previa consulta a esta delegación”. “La situación actual de estas obras de instalación en los buques es la siguiente: - *Alfonso XII*, puesta

- la nueva estación y el radiogoniómetro, a falta de las antenas para este segundo aparato; - *Reina María Cristina*, puesta la nueva estación y el radiogoniómetro a falta igualmente de las antenas; - *Alfonso XIII* en servicio, no se ha efectuado instalación alguna”.
15. FCTE-BTG, Caja roja nº 55. Comunicación de la CNTSH a la Delegación de la CTE en Cádiz. 24.12.1924.
  16. FCTE-BTG, Caja roja nº 55. Carta de Juan García de Sola al capitán del *Victoria Eugenia*”. 30.12.1924.
  17. “La Sociedad Telefunken, de Berlín, ha logrado eliminar las dificultades expuestas, con un radiogoniómetro de su construcción, cuyas pruebas se han verificado a bordo del vapor alemán *Panther* destinado a investigaciones oceanográficas. Con el nuevo aparato la situación se obtuvo con un error menor de 1 grado, en todas las ocasiones y de noche, con tiempo de niebla y de borrasca”. [IBÉRICA, *XXI* (526) 1928, p. 278].
  18. “El servicio de Aviación, ha instalado la red fija de estaciones Marconi de medio, y uno y medio kilovatio en los aeródromos de Cuatro Vientos, Aeronáutica (Madrid), Getafe, Los Alcázares y Sevilla, teniendo unos 50 aparatos equipados con estaciones Marconi de 50 a 100 vatios, que prestan excelentes servicios en las escuadrillas de África, en combinación con los gonios de Nador (Melilla) y Tetuán, estando en curso de montaje los de Larache y Cádiz (*Telefunken* de la Marina)”. [GALLEGO VELASCO, 1922, p. 322].
  19. “Los experimentos efectuados por el *Bureau of Standards*, en colaboración con el *Bureau of Lighthouses*, condujeron a la instalación de algunos de estos radiofaros, que funcionaban automáticamente con una longitud de onda de 1000 metros, teniendo cada uno su característica propia, que permitía su fácil identificación sobre la carta”. [CARAVACA, 1926, p. 10].
  20. “El montaje de las dos estaciones radiotelefónicas se efectuó por parte de la *Sociedad Ibérica de Telecomunicación*, que fueron entregadas a la Jefatura de Obras Públicas de Castellón, encontrándose en funcionamiento desde el 20 de agosto de 1920, servidas exclusivamente con el mismo personal de las torretas de los faros”. [SERRET MIRETE, 1922, p. 270].
  21. “Básicamente un radiofaro es una estación de TSH de pequeña potencia que, emplazada en el faro, se pone en funcionamiento en el momento que aparece la niebla, funcionando todo el tiempo que ésta dure, emitiendo con una longitud de onda específica una señal previamente anunciada, en la misma forma en que se anuncia la característica del aparato óptico”. [SERRET MIRETE, 1922, p. 270].
  22. “En Francia solo existían los radiofaros de Creach Ouessant, Ile de Sein, barco-faro de la rada del Havre, y barco-faro de la rada de Dunkerke, cuyas instalaciones dispuestas para emitir onda de 125 metros, se iban a adaptar para utilizar la onda de 1000 metros, exigida a los radiofaros por el Convenio Radiotelegráfico Universal”. [FERNÁNDEZ CASADO, 1929, p. 279].
  23. “Estaban contruidos para trabajar a 110 voltios, y utilizando una longitud de onda de 1000 metros, que era la misma adoptada en Francia, eran capaces de lograr un alcance de 60 kilómetros”. [VIDA MARÍTIMA 30 de agosto de 1922, p. 251].
  24. FCTE-BTG, Caja roja nº 54. Carta del ingeniero del Servicio Central de Señales Marítimas Sr. Castellé al Marqués de Comillas, Claudio López Brú. 06.12.1922.
  25. FCTE-BTG, Caja roja nº 54. Carta de Juan Monteurol a Juan García de Sola. 18.01.1923.
  26. FCTE-BTG, Caja roja nº 55. Carta del Capitán del *Ciudad de Cádiz* a Juan García de Sola. 06.12.1921.
  27. “La primera estación de este tipo ha sido instalada por la Compañía Marconi en Inchkeith en 1924 con excelente éxito; actualmente la misma Sociedad construye otra más perfeccionada en South Foreland”. [MADRID CIENTÍFICO, *XXXII* (1145) 1925, p. 265].

## FUENTES DOCUMENTALES

Fondo de la CTE (FCTE). Biblioteca de Temas Gaditanos (BTG) *Juvenio Maeztu*. Cádiz.

**BIBLIOGRAFÍA**

- CASTILLA LÓPEZ, A. (1918) “Telefonía sin hilos”. *La Energía Eléctrica*, 9(XX), 98-101.
- CARAVACA, D. (1926) “Radioseñales”. *España Marítima*, 12(I), 10-12.
- CRUZ, J. y PINIELLA, F. (2015) “Los comienzos del Oficial radiotelegrafista marítimo en España”. *Llull*, 82(38), 259-290.
- ESCOLANO, M. (1920) “Radiotelefonía y Radiotelegrafía en sus aplicaciones a la esfera civil”. En: *Actas del I Congreso Nacional de Ingeniería celebrado en Madrid del 16 al 25 de noviembre de 1919, vol. II*. Instituto de Ingenieros Civiles de España, 524-534.
- ESPINOSA DE LOS MONTEROS, J. (1920) “Radiogoniometría y recepción por cuadro”. En: *Actas del I Congreso Nacional de Ingeniería celebrado en Madrid del 16 al 25 de noviembre de 1919, vol. II*. Instituto de Ingenieros Civiles de España, 418-422.
- FERNÁNDEZ, E. y QUINTAS, V. (1951) *Radiogoniometría*. Barcelona. Labor.
- FERNÁNDEZ CASADO, C. (1928a) “Radiofaros: el radiofaro de Creach Douessant”. *Revista de Obras Públicas*, 2497(76), 103-108.
- FERNÁNDEZ CASADO, C. (1928b) “Radiofaros: instalaciones radiogoniométricas de a bordo”. *Revista de Obras Públicas*, 2503(76), 218-223.
- FERNÁNDEZ CASADO, C. (1928c) “Radiofaros: estaciones radiogoniométricas”. *Revista de Obras Públicas*, 2514(76), 416-420.
- FERNÁNDEZ CASADO, C. (1929) “Los radiofaros españoles”. *Revista de Obras Públicas*, 2529(77), 279-282.
- FERNÁNDEZ CASADO, C. (1930) “Los radiofaros españoles”. *Revista de Obras Públicas*, 2554(78), 362-366.
- GALLEGO VELASCO, E. (1923) “Progresos radiotelegráficos durante el año 1923”. *La Energía Eléctrica*, 23(XXV), 286-291.
- IGLESIAS, E. (1923) “Aplicación de la radiotelegrafía a la náutica”. *Ingeniería y Construcción*, 9(I), 410-411.
- MARTÍNEZ RIAZA, A. (2003) “La Compañía Trasatlántica en el Perú. Intereses diplomáticos y comerciales en la génesis y desarrollo de una empresa arriesgada (1899-1935)”. *Anuario de Estudios Americanos*, 1(LX), 157-182.
- MOYA BLANCO, M. (1933) “Radiofaros”. *Revista de Obras Públicas*, 2623(LXXXI), 292-297.
- OTERO CARVAJAL, L. (2007) “Las telecomunicaciones en la España contemporánea (1855-2000)”. *Cuadernos de Historia Contemporánea*, 29, 119-152.
- QUERO, J. (1921) “La Compañía Trasatlántica y la telegrafía sin hilos”. *Vida Marítima*, 699(XX), 280-281.
- ROMERO GONZÁLEZ, J. (2003) “El Fondo de la Compañía Trasatlántica en Cádiz”. En: *Actas del III Congreso de la Historia de Andalucía*. Córdoba, Publicaciones Obra Social y Cultural Cajasar. 99-115.
- SÁNCHEZ MIÑANA, J. (2004) *La introducción de las radiocomunicaciones en España (1896-1914)*. [Cuadernos de Historia de las Telecomunicaciones, 3]. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid.
- SÁNCHEZ TERRY, M. (1986) *Los radiofaros españoles: Historia y Evolución*. Madrid, Servicio de Publicaciones del Ministerio de Obras Públicas.
- SERRET Y MIRETE, M. (1923) “Radio Faros”. *Revista de Obras Públicas*, 2395(21), 269-272.
- VERA, V. (1911) “La brújula azimutal hertziana. Aplicaciones de la telegrafía sin hilos a la navegación aérea”. *Vida Marítima*, 352 (X), 437-438.