

J. CARLOS GAMBAU

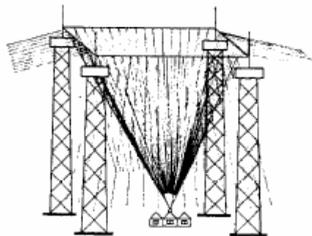
ESTACIONES DE RADIO MÍTICAS

UN RECORRIDO POR LA HISTORIA DE LAS
ESTACIONES DE RADIO MÁS IMPORTANTES
1900 – 1920

**Poldhu, Cape Cod, Glace Bay, Clifden, New Brunswick, Nauen,
Brant Rock, Radio Central, Lafayette, Torre Eiffel, Malabar**

Con un resumen de la cadena de estaciones de onda corta de Marconi

Versión corregida y aumentada (2021)



INDICE

Estaciones míticas

POLDHU	8
Se incorpora la sintonía – El primer transmisor – La primera antena – El gran experimento – ¿Recibió Marconi las señales trasatlánticas? – Los experimentos en el SS <i>Philadelphia</i> – El detector Magnético – Segundo transmisor de Poldhu – Tercer transmisor de Poldhu – Renovación total de Poldhu – Marconi conserva Poldhu y Clifden – I Guerra Mundial – La onda corta	
CAPE COD (South Wellfleet)	60
Comienza la construcción – La Fama por un día – La estación costera – I Guerra Mundial	
GLACE BAY	78
La primera época – Segunda época – Tercera época – Estación receptora de Louisburg – El final de la estación de Glace Bay	
CLIFDEN	106
Clifden, una estación mamut – Clifden y la aeronáutica – Guerra anglo-irlandesa, el final de Clifden	
NEW BRUNSWICK	118
La cadena de radio mundial – El primer transmisor de New Brunswick – El alternador Alexanderson – New Brunswick y el final de la Gran Guerra – Desaparece American Marconi y surge la RCA – La estación de Belmar	
NAUEN	144
Creación de Telefunken – Comienza la construcción de Nauen – Nauen en el periodo de 1909 - 1911 – Nauen en el periodo de 1911 - 1916 – El alternador de alta frecuencia – Nauen en la I Guerra Mundial – Nauen en el periodo de 1916 - 1919 – Nauen en el periodo de 1919 - 1926 – Nauen en el periodo de 1926 - 1945 – Nauen y la RDA	
BRANT ROCK	200
La aventura trasatlántica – Pruebas de radiotelefonía – Arlington y la Marina Americana – La ruptura	

RADIO CENTRAL ······	228
Nacimiento de la RCA – Radio Central – El final de la estación más grande del mundo	

Otras estaciones

LAFAYETTE ······	248
Construcción de la estación Lafayette – Descripción de la estación Lafayette – Destrucción de la estación Lafayette	
TORRE EIFFEL ······	266
Primeras experiencias de radio – I Guerra Mundial – Experiencias de radiodifusión	
RADIO MALABAR ······	278
Primeros experimentos – Antena de Malabar – Transmisor Telefunken – Estación receptora – El transmisor de arco – Inauguración, el primer fracaso	

Apéndice

ALTERNADOR DE ALTA FRECUENCIA ······	292
Alternador Goldschmidt – Alternador Telefunken – Alternador Alexanderson – Alternador Béthenod-Latour – Un curioso alternador	
AMPLIFICADOR ELECTROMECAÁNICO ······	306
Amplificadores electromecánicos – Amplificador Shreeve – Amplificador Brown	
TRANSMISOR DE ARCO ······	312
EL CHISPERO ROTATIVO Y EL CHISPERO APAGADO ···	322
Invención del chispero rotativo – Tesla y su asociación con la radio – Marconi y el chispero rotativo – El chispero rotativo de Fessenden – Otros chisperos rotativos – El chispero apagado	
LA VÁLVULA DE VACÍO ······	342
El diodo Fleming – El audión – La válvula Lieben – Otros investigadores – Walter Schottky – Compañía Marconi – Válvula Weagant – Válvula desmontable Holweck – Dynatrón y Pliodynatrón	

ESTACIONES MARCONI DE ONDA CORTA	372
Antecedentes: La Cadena Imperial en onda larga – El extraño comportamiento de la onda corta – Las estaciones de onda corta – Antenas – Transmisor – Receptor – Conclusión	
Notas	382
Bibliografía	384

INTRODUCCIÓN

*E*n el curso de la Historia hay héroes, personajes importantes que cambiaron el mundo con sus logros y hazañas. En la Historia de la Radio también hay héroes y personajes que cambiaron el mundo de las comunicaciones. Podemos citar a Marconi, Fessenden, el Conde d'Arco, el general Ferrié, etc. etc. Nombrar a todos sería largo y prolijo, y correríamos el peligro de olvidarnos de otros personajes de igual o mayor importancia.

Puede decirse que este trabajo se inició en el año 2002 con motivo de unas investigaciones sobre la Historia de la Radio para una charla en el Radio Club Fragatí. En estas investigaciones nos encontramos con estaciones de radio que, por diversos motivos, han pasado a ocupar un lugar de honor en la Historia de la Radio al lado de las personas que hemos citado antes, estaciones que en su época se situaron en primer plano mundial. ¿Quién no ha oído hablar en algún momento de Poldhu, Nauen o la Torre Eiffel? Todas ellas tienen una cosa en común: pertenecen a la primera época de la radio, una época en que las comunicaciones era un arte, una aventura, entrar en lo desconocido, algo totalmente diferente a la eficacia, precisión y seguridad de hoy día. Por esta razón hemos preparado una "biografía" de las estaciones míticas, las barreras que rompieron, sus hazañas y lo que representaron en su momento.

En la actualidad han desaparecido prácticamente todas estas estaciones, en muchos casos encontrar algún resto se convierte en un verdadero reto de observación y trabajo de campo. Sólo queda una estación que sigue en activo (Nauen), aunque realizando cometidos completamente diferentes a los motivos originales por los que se construyó (hoy día dispone de varios emisores de radiodifusión en onda corta que alquila a diversas compañías). Otra (la Torre Eiffel) continua como monumento y símbolo inseparable de París y alberga varios repetidores de telefonía y televisión

La lista de estaciones sería inacabable, mientras se realizaba la investigación se encontraban frecuentemente referencias a otras estaciones actualmente desconocidas y que por un motivo u otro también tuvieron gran

importancia en aquellos días. Por esta razón hemos hecho una pequeña selección de estaciones míticas, seguramente habremos oído hablar ocasionalmente de alguna de estas estaciones mientras que otras están olvidadas en la memoria, pero todas ellas en algún momento tuvieron una gran relevancia.

El lector conocedor de la Historia de la Radio puede echar a faltar alguna estación con méritos más que suficientes para incluirla en esta lista. No le faltará razón, pero en este trabajo nos hemos limitado a incluir las estaciones que según nuestro punto de vista rompieron alguna barrera en su tiempo ciñéndonos a la franja entre los inicios de la radio y el principio de la década de los años 20 (el Boom de la radiodifusión).

Se ha incluido un Apéndice con información suplementaria sobre la historia y la técnica del transmisor de arco, el alternador de alta frecuencia, el amplificador mecánico, el chispero rotativo y la válvula de vacío.

Debido también a la gran importancia histórica y haber cambiado profundamente el panorama de las comunicaciones se ha incluido también información sobre la primera cadena de estaciones en onda corta de Marconi aunque pertenezcan a un periodo posterior.

*José Carlos Gambau
EA2BRN*

POLDHU

En la historia de las estaciones de radio míticas es obligatorio comenzar con la estación de Poldhu. Se ha ganado merecidamente y con todos los honores un lugar de privilegio en la historia. Otras estaciones míticas hicieron historia, Poldhu *es Historia*. Narrar la historia de Poldhu es narrar la historia de la radio. Sus señales cambiaron la radio y al Mundo. Poldhu abrió una nueva puerta a las comunicaciones y presentó un nuevo medio en sociedad. Significó una ruptura total con el pasado. Cuando se terminó de construir, todas las demás estaciones medían su alcance en docenas de Km., Poldhu lo medía en miles de Km. Fue la primera estación de radio en escucharse al otro lado del Atlántico. En suma, sacudió al mundo con una auténtica revolución entre 1901 y 1902. Impulsó grandes modificaciones en el diseño y construcción de emisores y receptores, los equipos no sintonizados quedaron inmediatamente obsoletos y desfasados, la radio entró en su mayoría de edad. Alguien ha comparado el significado de Poldhu para la radio como la llegada del hombre a la Luna en 1969. Y tan sólo habían transcurrido tres años desde los primeros experimentos de Marconi.

Hacia 1905 los avances que Poldhu había iniciado en la radio la habían hecho obsoleta y pasó a desempeñar una misión secundaria hasta 1920, en que se convirtió en una estación experimental del Departamento de Investigación y Desarrollo de la Compañía Marconi Wireless. En este nuevo y último cometido volvió a asombrar al mundo, se situó de nuevo en primer plano y alteró nuevamente el panorama de las comunicaciones.

Para poder comprender lo que significó Poldhu hay que retroceder a los años 1897 – 1900 y seguir los pasos que llevaron a su construcción y a su histórica hazaña. En aquellos años la compañía de radio más importante era la Compañía Marconi, que empezaba a suministrar equipos de radiotelegrafía no sintonizados y de limitado alcance a la Armada del Reino Unido, a Italia y a la compañía naviera Lloyds. Hasta esos momentos las ondas electromagnéticas sólo habían estado en manos de los físicos, que se dedicaron a estudiarlas desde un punto de vista científico sin darse cuenta de su enorme potencial. Marconi vio un medio de comunicación y se ocupó en perfeccionar los aparatos ya existentes para conseguir mayores alcances. En Salisbury Plain dio a conocer al público y la prensa sus aparatos con los que establecía comunicación a una distancia de 2,6 Km. y detectaba señales a 3 Km. con equipos alimentados con una batería de 8 V y 3 A. Esto proporcionaba a los barcos un medio de comunicación alternativo a las señales con banderas y luces semafóricas que empleaban para comunicarse, y comenzaron a equiparse lentamente con equipos Marconi.

¿Cómo pudo Marconi construir estaciones de alta potencia para cruzar por radio el Atlántico en los tres años que transcurren desde su llegada a Londres y el inicio de la construcción de Poldhu? Rastreando los periódicos de la época encontramos pistas que nos permiten seguir sus pensamientos. En Marzo de 1897 apareció una entrevista a Marconi en el *Magazine McClure*. El entrevistador, H. J. Dam, en un momento de la entrevista le hace las siguientes preguntas:

- J. Dam** *¿Hay algún límite a la distancia a la que pueden enviarse estas ondas?*
- G. Marconi** *No hay razón para ello...*
- J. D** *Luego, ¿podría enviarse, por ejemplo, un despacho de aquí a Nueva York?*
- G. M** *No veo cómo se podría hacer. Piense que este es un campo nuevo y cuando hablamos de posibilidades omitimos los obstáculos que pueden presentarse en la práctica. Yo no deseo que me recuerden por haber dicho una cosa y no poder hacerla...*
- J. D** *¿Qué tamaño debería tener la estación, suponiendo que pudiera enviarse un mensaje desde aquí a Nueva York?*
- G. M** *Una estación del tamaño de esta sala. No sé cuánto de altura.*
- J. D** *¿Qué potencia?*
- G. M** *Creo que serían suficientes cincuenta o sesenta caballos...*

En 1899 Marconi volvió a ocupar las primeras páginas de los periódicos al establecer un servicio de radiotelegrafía entre Inglaterra (Dover) y Francia (Boulougne sur Mare). La distancia era algo superior a 50 Km., menor que algunas distancias máximas que había conseguido en pruebas, pero el hecho de saltar el Canal de la Mancha tuvo en ese momento una significación especial. Era el primer contacto internacional por radio entre dos naciones. En el *Magazine McClure* de Junio de 1899 Cleveland Moffet incluye dos entrevistas muy diferentes. La primera, de fecha incierta, pero que podemos situar en algún momento a finales de 1898 o principios de 1899, Marconi se encuentra en el Hotel Needles, y comenta que han intercambiado algunas señales con el Hotel Haven, en Poole, a 120 Km. Erskine-Murray, un ingeniero de Marconi, desvela que a esas distancias no parece que la curvatura de la Tierra afecte a las ondas. Erskine-Murray comenta al periodista la ley de la altura de la antena, que establece que la distancia cubierta es proporcional al cuadrado de la altura de la misma. El periodista se interesa en esta ley, empieza a hacer comparaciones y acaba preguntando si con una antena de 390 m de altura se podrían enviar señales a 7.000 Km. Erskine-Murray

contesta afirmativamente y acaba diciendo que si en Nueva York hubiera una Torre Eiffel se podría comunicar a través del Atlántico. En esa misma entrevista pregunta a Marconi sobre la privacidad y secreto de las transmisiones, que en ese momento era motivo de preocupación. Marconi le comenta que conoce dos maneras de garantizar la privacidad de los mensajes. La primera es acortar la altura de la antena para que sólo se capte su señal dentro de un radio determinado. La segunda es usar la transmisión direccional con reflectores parabólicos, pero a diferencia del hilo vertical, ha observado que los alcances obtenidos son menores, limitados siempre al alcance óptico, y la curvatura de la Tierra puede suponer un límite real para este tipo de ondas.

La segunda entrevista tiene lugar durante la inauguración del enlace a través del Canal de la Mancha. Este enlace tuvo una significación especial por ser el primer enlace de radio internacional. Este enlace se mantuvo durante seis meses en los cuales se hicieron diversas pruebas bajo todas condiciones meteorológicas. En este segundo artículo de Cleveland Moffet un ingeniero comenta que Marconi está ocupado haciendo experimentos con la sintonía. Esta otra entrevista da una impresión muy distinta. Marconi ha observado que la curvatura de la Tierra no parece afectar a las ondas, y el límite de las ondas viene dado realmente por la energía que llega al receptor, y que depende de la potencia radiada y del tamaño de la antena. No ha encontrado indicio alguno que muestre un límite; en teoría nada impide comunicar a través del Atlántico. Sus ingenieros comparten ese punto de vista, no tienen duda alguna sobre esta posibilidad. Pero para poder hacerlo se han de dar una serie de pasos muy importantes, uno de ellos es la sintonía.

En Septiembre de 1899 Marconi había acudido a los EE.UU. para transmitir la American Cup para el *New York Herald*. La Marina de los EE.UU. solicitó probar los aparatos aprovechando la estancia de Marconi. Entre las pruebas solicitadas por la Navy se encontraba el modo de evitar interferencias. Marconi contestó:

Después de consultar con mis socios, lamento no poder dar una demostración del dispositivo que uso para evitar las interferencias y del sistema empleado para sincronizar los instrumentos. Las razones por las que no puedo dar una demostración son:

a) El medio que uso todavía no está patentado y protegido, b) carezco de los materiales e instrumentos necesarios para dar una demostración completa, y c) el Departamento Naval de los EE.UU. no entregó una información detallada a mi Compañía antes de la salida de Inglaterra; por tanto los instrumentos enviados eran únicamente los necesarios para cumplir el contrato con el New York Herald y suficientes para una prueba del Gobierno a pequeña escala.

En esas pruebas los ingenieros de Marconi contestaron siempre con evasivas a las preguntas de los oficiales navales. El informe de la Fuerzas Navales le acusó de cierto secretismo, retrasó la adopción de la radio por la Marina de los EE.UU. y tal vez muestra una cierta animadversión hacia la Compañía Marconi, aunque reconocían sin ningún género de duda el valor que podría tener la radio en la Marina. Esta animadversión de la Navy hacia la Compañía Marconi se vería acentuada en Julio de 1902 cuando una delegación de oficiales de la Navy visitó varias compañías europeas de radio para adquirir sus equipos. En la visita que hicieron a la Compañía Marconi en su factoría de Chelmsford elevaron el siguiente informe:

“La gente de Marconi no parece que quiera dejarnos ver nada, se comportan como si les estuviéramos espiando. Sólo nos han permitido ver los mástiles y los exteriores de los edificios. No se nos ha permitido acercarnos a la estación de Poldhu aduciendo órdenes del Almirantazgo Británico...”

El informe final establecía que los aparatos de Marconi eran muy superiores a los demás, pero no se iba a tratar con la Compañía por sus altas exigencias que impedían llegar a un acuerdo.

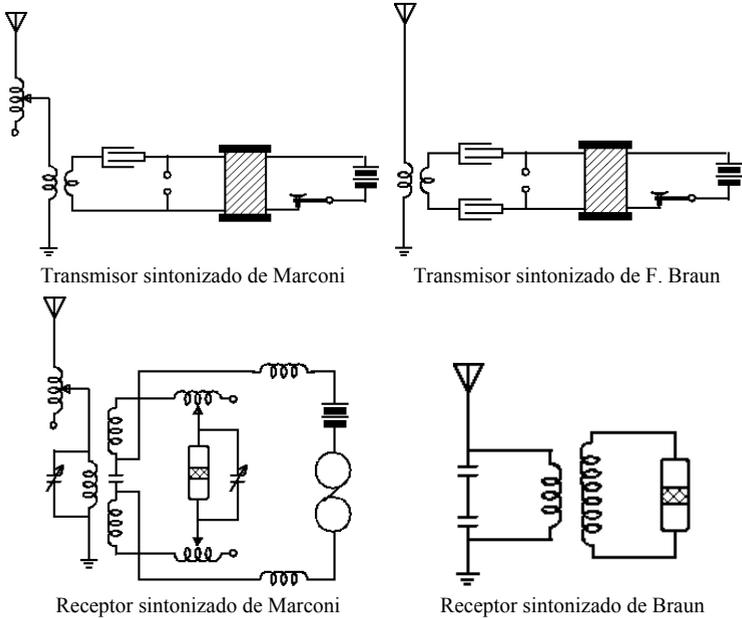
SE INCORPORA LA SINTONÍA

Hoy día sabemos que los experimentos de sintonía se llevaron a cabo en la estación del Hotel Haven, en Poole. ¿De dónde proviene la idea de la sintonía? Hemos rastreado dos orígenes diferentes. El primero es la patente N° 11575 de Oliver Lodge, solicitada en 1897 sobre la sintonía del emisor y el receptor. La patente de Lodge se refiere únicamente a ideas y sugerencias para conseguir la sintonía. Lodge no trabajó de forma práctica con la sintonía hasta asociarse años más tarde con Muirhead. Lodge siempre amenazó a la Compañía Marconi con llevarlos a juicio por causa de esta patente. Finalmente en 1911 la Compañía Marconi ofreció al profesor Lodge una compensación de 18.000 libras esterlinas por su patente. Logde aceptó y esto selló las paces. El otro origen señala al profesor Ferdinand Braun. Braun había solicitado una patente en Enero de 1899 sobre un acoplamiento indirecto entre el chispero y la antena. Marconi solicitó su famosa patente 7777 sobre la sintonía en Abril de 1900. Esta patente también contempla el acoplamiento indirecto de la antena. Ambos sistemas se basan en el mismo principio, eliminar la separación entre la antena y tierra causada por el chispero. Esto permite que la antena siga oscilando después de haber recibido un impulso eléctrico. Podemos compararlo con un diapasón que después de darle un golpe sigue oscilando decreciendo su amplitud hasta que se disipa toda la energía. Cuando se introduce el chispero entre antena y tierra se disipa en él una gran parte de la energía y el resultado final es un tren de ondas de sólo dos o tres oscilaciones por cada descarga.

¿Qué diferencia hay entre la solución de Marconi y la de Braun? La principal diferencia en el transmisor es que Marconi contempla también la sintonía de la antena e inserta para ello una inductancia variable en su circuito, mientras que la patente de Braun no incluye ese punto. Además Braun usaba dos botellas de Leyden (botellas de vidrio cubiertas por dentro y por fuera de papel de estaño, que actúa de condensador) para aislar el chispero del transformador de acoplamiento, mientras que Marconi usaba sólo una botella de Leyden (una diferencia ciertamente muy pequeña y de poca importancia).

El receptor de Braun usaba un transformador de acoplamiento similar con el primario sintonizado, al que se conectaba la antena y la tierra. El secundario no estaba sintonizado, se trataba de una bobina de elevación de tensión donde se conectaba al cohesor. El receptor de Marconi usaba un transformador más complicado con el secundario dividido en dos partes en su centro, entre las cuales se conectaba un condensador, el relé y la pila eléctrica. Ambos bobinados, primario y secundario, estaban sintonizados. Las diferencias con el circuito de Braun son algo mayores, pero el concepto es básicamente el mismo, como reconoció Braun. En la entrega del Premio Nobel de Física de 1909 concedido a ambos en conjunto, Marconi reconoció con franqueza que había tomado ‘prestadas’ algunas ideas del profesor

Braun. ¿Por qué Braun no demandó a Marconi por plagio? No se conoce la razón. Unos años más tarde, cuando se entabló un pleito, había pasado tanto tiempo que la posición de la compañía propietaria de las patentes de Braun (Telefunken) se había debilitado mucho.



Hay que resaltar que Marconi anunció la sintonía como un medio para evitar interferencias y garantizar el secreto y privacidad de los mensajes. Rápidamente se observó en las pruebas que la sintonía permitía alcances más lejanos. Hasta ese momento los largos alcances se habían obtenido usando como antenas largos hilos elevados con globos y cometas. Con los equipos sintonizados de la estación de Poole se podían sobrepasar fácilmente los 100 Km. usando las bobinas de inducción normales disponibles y antenas de altura moderada. La auténtica razón de este aumento reside en que hasta entonces la energía que se convertía en ondas se almacenaba en la antena, cuya capacidad es muy pequeña; en el sistema sintonizado la energía se almacena en el condensador, que al tener mayor capacidad que la antena permite almacenar más energía que después se convertirá en ondas.

Una vez que Marconi se aseguró la patente de la sintonía (la famosa patente 7777) comunicó a la sorprendida junta de dirección de su compañía

su intención de cruzar el Atlántico. No sabemos el discurso que debió pronunciar, pero es de suponer que comenzaría con algo parecido a

“Ayer tuve un sueño...”

Naturalmente no consiguió convencerles, el coste del “experimento” sería de unas 50.000 libras esterlinas “de entonces” (equivalente a unos 4,5 millones de euros actuales) pero tras una demostración en la estación de Haven obtuvo su aprobación a principios de Julio de 1900. Una vez conseguida la aprobación todo se sucedió muy rápidamente. Al ver los pasos que se hicieron en tan poco tiempo es de suponer que ya tenía el plan completamente pensado y madurado en su cabeza. Lo más probable es que lo hubiera discutido ampliamente con sus ingenieros más allegados, como se intuye en la entrevista anterior. El 10 de Agosto, en menos de un mes, ya se había elegido el sitio para la estación y se había puesto en contacto con el propietario del terreno (el Vizconde Clifden de Lanhydrock) (**Fig. 1**)

“...para el alquiler, con derecho a compra, de un 1 acre (0,4 Has) para la construcción de una estación experimental de larga distancia.”

El 1 de Octubre los habitantes del tranquilo pueblo de Mullion observaron asombrados el estrépito que hacían por sus calles los grandes carruajes tirados por percherones llevando los materiales para la construcción de la estación.

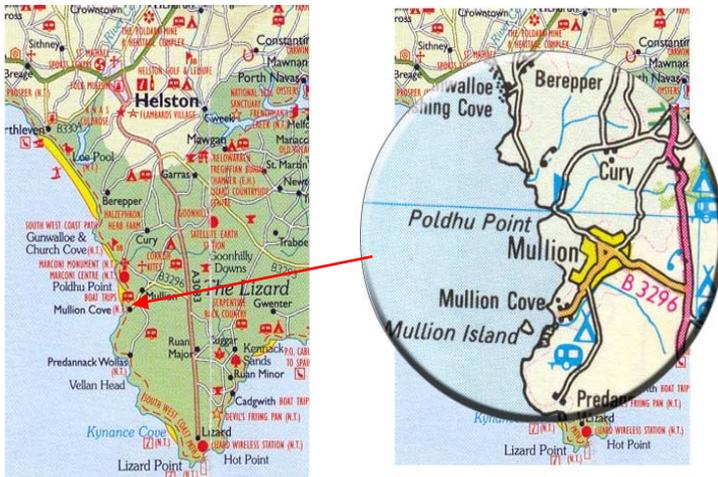
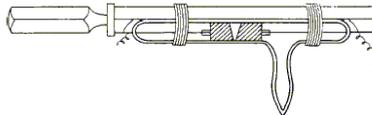


Fig. 1. - Localización de Poldhu en el mapa.

Esta estación representaría una enorme ruptura con todo lo que se había hecho hasta entonces. Se iba a entrar en un terreno desconocido, la alta potencia y larga distancia. El diseño del transmisor se confió a John A. Fleming, físico y profesor de Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Londres. Hacía unos meses que Marconi le había contratado como asesor científico de la compañía. ¿Qué características debería tener la estación? En primer lugar, el detector que se usaba en ese momento de forma casi universal era el cohesor. La estación estaría adaptada a las características del cohesor llevadas hasta su último extremo. Para comprender mejor las características que debía reunir el transmisor echaremos un rápido vistazo al cohesor.

EL COHESOR

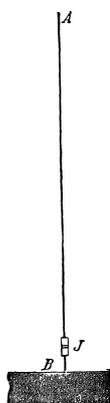
El cohesor es un tubo de vidrio lleno de limaduras poco apretadas entre dos contactos que hacen de tapón. Los contactos están en forma de V y con los extremos inferiores separados 1 mm. El cohesor se sujeta en un soporte que se puede girar, de esta forma se obtiene una especie de ajuste de sensibilidad al apretarse más o menos las limaduras por efecto de su propio peso. Marconi empleaba en su cohesor una mezcla de limaduras de níquel (95%) y plata (5%). En condiciones normales la resistencia del cohesor es muy elevada, puede decirse que del orden de 1 M Ω . Al paso de una onda electromagnética la resistencia del cohesor cae bruscamente a menos de 1000 Ω . Este cambio de resistencia es brusco, sin estados intermedios, y permanente. Para volver a su condición sensible hay que darle un pequeño golpe, es decir, restaurarlo (reset). El principio de funcionamiento del cohesor se basa en la delgadísima película no conductora que se forma espontáneamente en la superficie de las limaduras. El paso de una onda electromagnética crea un pulso superior a la tensión de ruptura de esta película, que desaparece en el punto donde salta la minúscula chispa y se suelda ligerísimamente con la siguiente partícula lo que reduce la resistencia al paso de la corriente. El cohesor se trata en realidad de un dispositivo biestable controlado por tensión, la tensión de umbral del cambio de estado de alta resistencia al de baja resistencia se cifra de unos 3 V en las mejores unidades. Esta tensión de disparo puede ser un pulso de una duración brevísima. En pruebas de laboratorio se ha comprobado que es suficiente un pulso de 100 picojulios para hacerlo bascular del estado de no conducción al de conducción. Es suficiente con un pulso, oscilaciones posteriores no añaden nada. Para obtener este pulso se cargaba la antena transmisora a una tensión elevada, y luego se descargaba bruscamente por medio de un chispero. Esto inducía en la antena receptora una tensión de pico que podía ser superior a varias decenas de voltios. El cohesor es el dispositivo receptor ideal para los transmisores de onda muy amortiguada, del tipo de chispa. Por supuesto que la tensión del circuito local del cohesor ha de ser lo más baja posible, inferior a la tensión de disparo. Marconi usaba una pila seca con una tensión de 1,5 V y un sensible relé telegráfico polarizado. (Fig. 2)



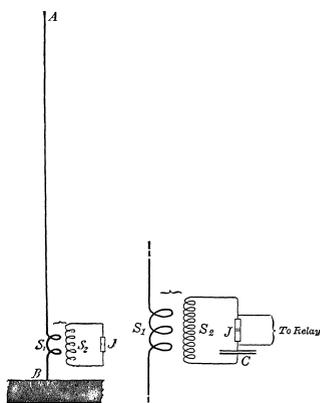
Aspecto del cohesor fabricado por Marconi.

Marconi llevó el cohesor a su estado más avanzado y le permitió desarrollar un sistema de radiotelegrafía práctico.

Marconi presentó en 1899 un perfeccionamiento clave en la radio y que le permitió multiplicar por diez las distancias conseguidas. Comprendió que el cohesor era un dispositivo que actuaba por tensión y se le ocurrió colocar un transformador entre la antena y el cohesor para elevar la tensión captada por la antena. Este era un transformador de diseño especial que Marconi llamó “jigger”. Aunque este circuito receptor seguía siendo no sintonizado, y respondía a cualquier frecuencia, esta invención que hoy es muy poco conocida, aumentó muchísimo la sensibilidad del receptor y permitió el enlace a través del Canal de la Mancha, e hizo que la radio dejara de verse como un curioso experimento y pasara a verse como un medio de comunicación con grandes posibilidades.



Primer receptor Marconi.



Receptor de 1899 con el “Jigger”.
Al lado el circuito real

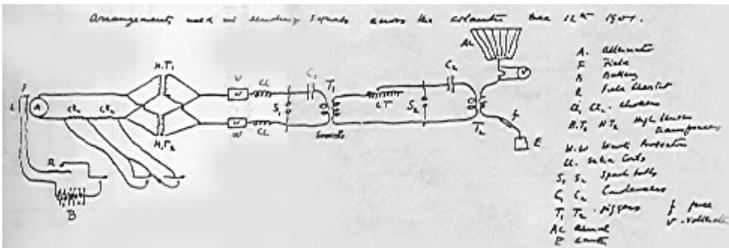


Fig. 2.- Receptor con cohesor de limaduras.

EL PRIMER TRANSMISOR

La estación de Poldhu estaba pensada para dar un pico de tensión elevadísimo y usaba la antena ideal para transmitir estos pulsos, la antena cónica. Marconi se reservó la construcción de la antena y encargó a John Ambrose Fleming, el mejor ingeniero eléctrico de aquel momento y asesor científico de la compañía, el diseño de la estación.

El diseño de la estación rompía todos los moldes de la época. Hasta entonces los transmisores se habían basado en una bobina de inducción alimentada con una batería de acumuladores. En Poldhu la energía se obtendría de un alternador de 25 kW accionado por un motor de petróleo y la antena sería un cono invertido de 400 hilos sostenidos por 20 mástil de 61 m. de altura dispuestos en círculo. El motor era un Hornsby-Ackroyd de petróleo con una potencia de 32 CV. Fleming lo adquirió de segunda mano. El alternador era un Mather & Platt de 25 kW que proporcionaba una tensión de 2000 voltios a 50 Hz. Los condensadores estarían formados por placas de vidrio y láminas de hojalata dispuestas en cajas llenas de aceite. Hasta entonces no se habían empleado condensadores con tensiones tan elevadas, únicamente sencillas botellas de Leyden.



Esquema con los valores de los componentes del circuito de descarga del transmisor de Poldhu en Diciembre de 1901. Extraído del libro de notas de Fleming.

J. A. Fleming usó en la estación el mejor método que conocía para obtener tensiones muy elevadas, el transformador de Tesla alimentado a 2.000 V y 50 Hz que los elevaba primero a una tensión superior a 20.000 voltios y una frecuencia de varios miles de Hz. que después aplicaba al circuito de descarga oscilante. En la antena se obtenían picos de tensión cercanos a los 200.000 voltios a varios cientos de kHz. Ratcliffe, que ha estudiado con detenimiento el transmisor de Poldhu, estima que el pulso inicial de descarga era superior a varios megavatios, aunque la potencia media era de unos kW. Se conseguía este efecto descargando rápidamente la energía almacenada en el condensador. Aunque la estación de Poldhu era en aquel tiempo una estación sintonizada, hoy no estaría considerada como tal. La manipulación se hacía por medio de un sistema patentado por Fleming.

Había dos bobinas de choque dispuestas en serie con la alimentación. La reactancia de estas bobinas permitía cargar el condensador hasta una tensión insuficiente para que saltara la chispa. Había un manipulador en paralelo con cada bobina de choque. Al accionar un manipulador se elevaba la tensión del condensador. Si las esferas del chispero estaban lo suficiente cercanas saltaba la chispa y se generaban las ondas. Si las esferas del chispero estaban algo más separadas no era suficiente con puentear una bobina, había que puentear las dos para obtener una tensión de carga más elevada, y por tanto una potencia más elevada. De este modo se podía transmitir en alta o baja potencia. Los ingenieros de Marconi estimaron que la potencia media de RF de la estación de Poldhu debería estar entre 10 y 12 kW. Esta estación fue la primera que se instaló en un edificio construido expresamente para albergar una estación de alta potencia. Hasta entonces se había aprovechado alguna habitación de edificios ya existentes (faros, hoteles, etc.). La estación de Poldhu constaría de un edificio para el transmisor, otro para el receptor, una caseta para el generador eléctrico y un hotel para albergar a los empleados. (Fig. 3)

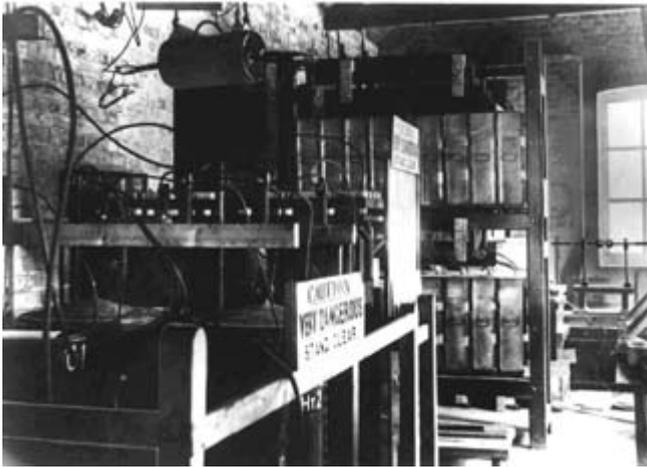


Fig. 3.- Interior de la estación de Poldhu.

Obsérvese al fondo el chispero, cerca de la ventana y los carteles advirtiendo del peligro de alta tensión.

Actualmente se ignoran los valores originales del transmisor de Poldhu. No ha sobrevivido hasta nuestros días ninguna pieza original de la estación, y los planos e informes indicados por los ingenieros que trabajaron en su construcción dan valores diferentes, aunque coinciden en su esquema original. No se conoce con precisión la frecuencia en la que transmitía. En

aquella época no había métodos fiables para medir la longitud de onda. Marconi comentaba que debía estar alrededor de los 360 m y Fleming la situaba en unos 300 m. Algunas simulaciones por ordenador indican una longitud de onda de 590 m, pero hay que tomarlo con reserva pues no se conocen los valores exactos de los componentes, principalmente de las bobinas y transformadores, y los transmisores de chispa con un acoplamiento en el transformador algo más fuerte de lo estrictamente necesario transmitían en dos frecuencias separadas. En una entrevista que J. A. Fleming concedió en 1935 comentó al llegar a ese punto:

“No se midió la longitud de onda de las ondas eléctricas emitidas por la estación Marconi de Poldhu en 1901 porque no inventé mi ondámetro o cymómetro hasta Octubre de 1904.”

LA PRIMERA ANTENA

No tardaron en aparecer voces discrepantes sobre la forma y construcción de la antena. El más crítico era Richard Norman Vyvyan, ingeniero de Marconi, que indicaba sin cesar la debilidad estructural de la antena y el peligro de derrumbe. No se le hizo caso y se siguió con la construcción. Era un diseño del propio Marconi. (Fig. 4)

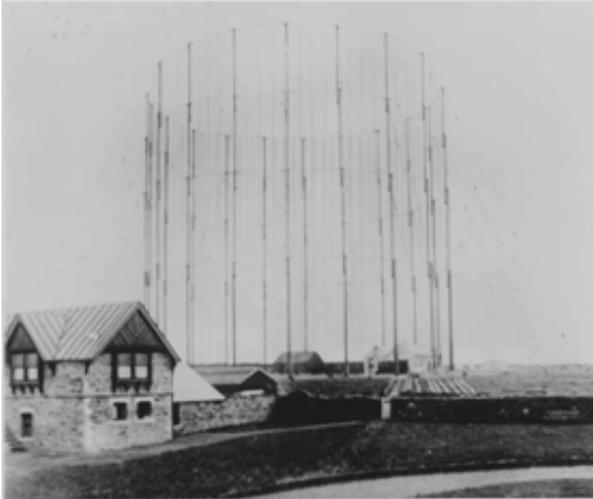


Fig. 4.- Este es el aspecto que “debería” tener la antena cónica original. Examinando esta fotografía se observa que está retocada. Tal vez no se veían los hilos de la antena y el fotógrafo la retocó a mano. No debía comprender muy bien la antena ya que dibujó los hilos verticalmente hacia abajo, cuando en realidad bajaban inclinados hacia el centro, en forma de cono.

La construcción de la antena se encargó a George Kemp, que anotó en su diario la progresión de la misma. Los mástiles de la estación seguían el procedimiento de construcción de los buques de vela, cada mástil estaba formado por cuatro palos empalmados y de diferente sección: inferior, superior, gallardete y real. Cada mástil estaría sujeto con el siguiente y con un viento dirigido radialmente hacia el exterior. La forma de todo el conjunto sería cilíndrica. De cada hueco entre dos mástiles descenderían 20 hilos que se unirían en uno sólo en el vértice y entraría en el edificio de la estación. Para facilitar la construcción se montó una grúa y un andamiaje. A medida que se iba completando la antena el propio Marconi iba probando los grupos de hilos en recepción. G. Kemp anotó en su diario las pruebas de Marconi. En el diario aparece anotado que Marconi probó un tubo sensible

de mercurio de invención italiana que permitía captar la señal de un zumbador a más de 20 metros de distancia. Cuando la antena estaba muy avanzada se conectó un carrete de inducción de 10 pulgadas para comprobar la corriente de antena. Esa misma noche se derrumbó la antena.

¿Cuál era el punto débil de la construcción? El punto débil era su poca resistencia a la torsión. R. N. Vyvyan, que estaba encargado de la construcción de la estación de Cape Cod con una antena similar escribió varias veces a Marconi que la antena se retorció peligrosamente ante las más leves brisas.

Kemp anotó en su diario el derrumbe de la antena de Poldhu el 17 de Septiembre de 1901:

17 de Septiembre – Por la mañana se han hecho experimentos con chispas hasta que se ha fundido el voltímetro. Hemos comprobado las chispas con el amperímetro (de hilo caliente) y hemos conseguido cuatro amperios usando 3 condensadores grandes. Hoy ha habido una tormenta del SO. Hemos montado dos soportes más usando cable de acero flexible de 1 pulgada, y después se han conectado los condensadores. A la 1:00 pm. ha cambiado súbitamente el viento a NO con la misma fuerza y ha golpeado el círculo con una violencia inusual hasta romper una de las anillas exteriores de un mástil superior, se ha desalineado el mástil inferior y ha colapsado todo el círculo de mástiles (Fig. 5)

Las noticias que llegaban de Cape Cod tampoco eran nada halagüeñas. Se decidió rápidamente construir una antena provisional aprovechando el material disponible. (Fig. 6 y 7) Esta antena provisional estaría formada por dos mástiles de 46 m entre los cuales dispuso 54 hilos separados por 1 m y se continuaría con la construcción de la antena de Cape Cod a sabiendas que corría peligro de derrumbarse. No había tiempo para desmontar todo, buscar otra estructura y volver a empezar. Para las pruebas Marconi decidió ir a lo seguro, eso significaba que las pruebas de recepción se harían en Terranova, a una distancia inferior a la que había con Cape Cod. Se sospecha que ya tenía tomada esta decisión antes del derrumbe de la antena de Poldhu. Paralelamente se comenzó a estudiar otro tipo de mástil para la antena, y el 22 de Octubre de 1901 se aprobó definitivamente el diseño de torre cuadrada, que con el tiempo sería característico de las grandes estaciones Marconi. El 26 de Noviembre, cuando Marconi y Percy Paget estaban preparando el viaje a Terranova les llegó la noticia del derrumbe de la antena de Cape Cod causando graves daños en los edificios.



Fig. 5.- Aspecto que presentaba la antena de Poldhu la mañana del 18 de Septiembre, después de haber padecido la tormenta que la destruyó.

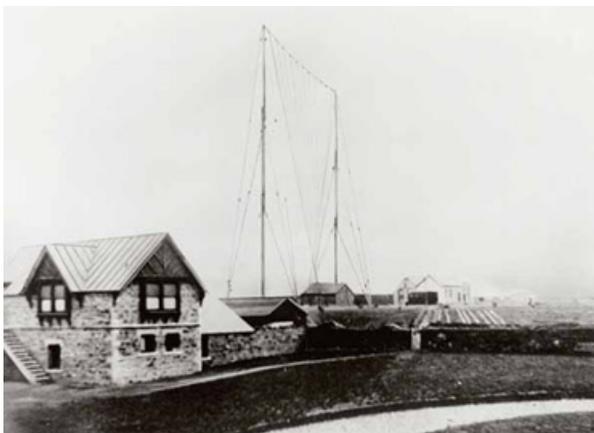


Fig. 6.- Esta es la famosa fotografía de la estación de Poldhu con su antena temporal que existe en los archivos de la Compañía Marconi. Pero se sabe que se trata de una falsificación. Si la comparamos con la fotografía de la Fig. 4 observaremos que se trata de la misma fotografía. Se han borrado todos los mástiles de la antena circular excepto dos y se han dibujado unos hilos entre ellos, en número inferior a los 54 que tenía. Además el hilo de soporte horizontal parece tener aisladores y está completamente recto, algo imposible de conseguir en la práctica ya que el esfuerzo de tensión sería excesivo para la estructura de la propia antena.

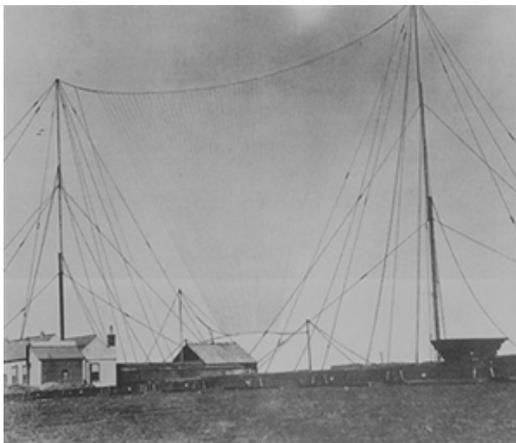


Fig. 7.- Esta es otra fotografía de origen desconocido de lo que parece ser la estación de Poldhu con la antena temporal. Examinando la fotografía podemos ver los siguientes detalles: Hay 54 hilos que cuelgan de un hilo de soporte pandeado. Los aisladores se encuentran en los extremos del hilo de soporte, aislándolo de los mástiles. Los hilos de la antena se unen en otro hilo inferior tendido entre dos postes y con aisladores entre los extremos. La línea de alimentación de la antena está conectada a este soporte inferior y sujeta con otro poste para separarla del tejado de la caseta y entra en ella verticalmente.

EL GRAN EXPERIMENTO

El 6 de Diciembre llegaron a Terranova G. Marconi, P. W. Paget y G. Kemp. Desembarcaron con rollos de hilos, receptores, cometas, globos y cilindros de gas. No podían dar a conocer sus intenciones, así que en todo momento dijeron que querían hacer experimentos de comunicación con los barcos. Esto es lo que podemos leer en el diario *The Halifax Daily Echo* que informó diariamente de los experimentos de Marconi, y en su edición del 12 de Diciembre de 1901 decía:

MARCONI ESPERA AL LUCANIA

San Juan de Terranova, 11 de Diciembre— William Marconi, de fama por la radiotelegrafía, está aguardando a que el vapor Lucania de la línea Cunard llegue al medio del océano. Espera establecer comunicación sin hilos con el Lucania mientras se encuentre entre 250 y 300 millas (400 a 500 Km.) de tierra. El Sr. Marconi seguirá el progreso del vapor a lo largo de su curso en el mar paralelo con la región de los Grandes Bancos. Espera que estos experimentos demuestren sin duda la utilidad práctica de la invención de la telegrafía sin hilos.

En Terranova se les ofreció toda posible cooperación, y se alojaron en un viejo hospital militar sobre el acantilado que domina el océano. Allí prepararon una sala para montar el receptor, ataron el hilo a un poste telefónico cercano, y se dispusieron a elevar un globo. Marconi envió un mensaje por cable a Poldhu para que comenzaran las emisiones en prueba. Todos los días, a partir del 11 de Diciembre, Poldhu emitiría la letra S desde las 3 a las 6 de la tarde.

No acompañó el tiempo en Terranova. El globo se rompió en el primer ascenso, y se decidió usar una cometa. El 12 de Diciembre se elevó una cometa a 122 m, pero la fuerza del viento la movía y hacía subir y bajar constantemente. Según Marconi esto variaba la capacidad de la antena e impedía usar un receptor sintonizado. Se decidió emplear un receptor no sintonizado, y a las 12:30 (hora local de Terranova) Marconi escuchó los tres puntos de la letra S. Su ayudante Kemp también los escuchó. En el diario de Marconi aparece anotado que se recibieron señales a las 12:30, a la 1:10 y a las 2:20 horas. El día 13 sólo se pudo elevar una cometa durante poco tiempo y se recibieron algunas señales. **(Fig. 8)** El 12 de Diciembre de 1929, con motivo del 28 aniversario del evento, Marconi narró los sucesos para la BBC:

“La mañana del jueves, 12 de Diciembre, el momento crítico que había estado preparando desde hacía tanto tiempo, llegó, y a pesar del temporal que rugía, conseguimos elevar una cometa con una antena de 400

pies de largo. Al final había llegado el momento de probar si eran correctas mis esperanzas.

Hasta ese momento había usado un mecanismo receptor que se trataba de un cohesor, que recibía automáticamente las señales mediante un relé y un instrumento Morse. En ese momento decidí usar un teléfono conectado a un cohesor autorrestaurado, el oído humano es mucho más sensible que el registrador. ¡De repente, a las doce y media, llegó una sucesión de tres débiles clics al teléfono, que correspondían con los tres puntos de la letra “S”, que sonaron varias veces en mi oído, fuera de toda posibilidad de duda!”



Fig. 8. - Representación artística de la primera transmisión trasatlántica.

Marconi no anunció inmediatamente los resultados de sus experimentos. El diario *The Halifax Daily Echo* decía en su edición del 13 de Diciembre de 1901, al día siguiente de la histórica recepción:

MARCONI ESTÁ ESPERANZADO

San Juan de Terranova, 12 de Diciembre— El Sr. Marconi ha pasado el día comprobando la velocidad del viento con cometas. Mañana elevará un segundo globo, tomando precauciones para evitar la repetición del accidente de la noche pasada. El inventor ha explicado que todavía no está familiarizado con el tiempo y las condiciones climáticas de aquí, y que se deben parcialmente a la inusual elevación a la que se realizan los

experimentos. Espera que los experimentos de mañana tengan mayor éxito.

El 14 de Diciembre Marconi anunció los resultados a su compañía, y el 15 los principales periódicos abrieron su portada diciendo:

“Anoche Guglielmo Marconi anunció el avance científico más maravilloso de los tiempos modernos...”

El mundo quedó conmocionado. Era una noticia inesperada. De un plumazo se había multiplicado por doce la máxima distancia conseguida hasta la fecha. Esta noticia apareció prácticamente en todas las portadas de los periódicos del mundo que nombraban a Marconi como “El Hombre de la Radio” (The Wireless Man) y el “Mago de la Radio” (The Wizard Wireless). Poco después llegaba a manos de Marconi un requerimiento de la Compañía Telegráfica Anglo-Americana, propietaria del cable trasatlántico, por el que debía cesar inmediatamente todos los experimentos en Terranova, alegaban que tenían el monopolio de toda comunicación telegráfica en la isla, entendían que también tenían potestad sobre la telegrafía sin hilos, y en caso de persistir en sus experimentos acudirían a los tribunales. La prensa y todo el mundo se puso de parte de Marconi y afloró un sentimiento de animadversión hacia la Compañía Anglo-Americana que había detenido los experimentos trasatlánticos. El profesor Alexander Graham Bell, el inventor del teléfono, le envió inmediatamente un telegrama ofreciéndole su hacienda en Cabo Bretón para que prosiguiera sus experimentos:

“Felicidades y enhorabuena. Si desea usar mi hacienda en Cabo Bretón, cerca de Baddeck, como estación temporal, será bien recibido, y mi director, el Sr. Mc.Innis estará encantado de encargarse de Ud. y su gente para facilitar en todo lo posible sus experimentos. Respuesta telegráfica a Washington. Graham Bell”.

Marconi recogió todo y se dispuso a regresar a Inglaterra. Si no regresó inmediatamente fue porque William Smith, el secretario del Departamento Postal de Canadá, le convenció que se quedara un tiempo. Smith se dirigió apresuradamente a Ottawa y convenció al Ministro de Finanzas para invitar a Marconi y que el Gobierno del Canadá aprovechara la ocasión. Marconi dispuso que Paget regresara a Inglaterra con el material y él se marchó en olor de multitudes a Cabo Bretón (Nueva Escocia). Al día siguiente se dirigió a Ottawa donde recibió una propuesta formal del Gobierno del Canadá para la construcción de una estación permanente de alta potencia, Esta propuesta incluía gratis el terreno más idóneo que eligiera Marconi y 80.000 dólares para su construcción. Como contrapartida debía establecer tarifas especiales para el gobierno y la prensa. El 12 de Enero desembarcaba

en Nueva York, donde el Instituto Americano de Ingenieros Eléctricos le ofreció un banquete de gala con las personalidades más importantes de la ciencia americana, y todo ello adornado con el gusto y simbología americanos. La habitación estaba decorada con cientos de bombillas eléctricas conectadas, por medio de conductores flexibles y tableros, con pequeñas lámparas verdes insertadas en grandes bobinas de conductores sobre las mesas. En grandes tableros en el otro extremo del comedor estaban los nombres “Poldhu” y St. Johns”, en letras formadas con lámparas eléctricas, y opuesto a la mesa de los ‘locutores’ había otro tablero que llevaba el nombre “Marconi”. En los ramales del conductor había conectados grupos de tres lámparas a intervalos frecuentes que estaban diseñadas para representar los tres puntos de la letra “S” luciendo intermitentemente desde la costa de Cornwall hasta Terranova, a través del Atlántico. Lucían intermitentemente y luego se las mantenía encendidas formando una nueva y apropiada festividad de la cena. La procesión de camareros también mantenía el espíritu de la noche llevando hielo que tenía la forma de lámparas eléctricas y automóviles agrupados en las bases de postes telegráficos. De esos postes colgaban hilos rotos, y entre los postes había barcos y otros diseños simbólicos. Todas estas cosas fueron muy aplaudidas por los huéspedes en las mesas y en las galerías.

Las únicas pruebas que tenía Marconi eran su palabra y la de su ayudante Kemp que habían escuchado las débiles señales en medio del ruido. No presentó ninguna prueba tangible y no tardaron en aparecer las dudas y las críticas. En general en América se aceptó su palabra, pero en Inglaterra arreciaron las críticas.

¿RECIBIÓ MARCONI LAS SEÑALES TRASATLÁNTICAS?
¿SE PUDO EQUIVOCAR AL ESCUCHAR LAS SEÑALES?
DIVERSAS PREGUNTAS

Marconi siempre se mostró inflexible en este punto. Durante toda su vida siempre se reafirmó haber escuchado la letra “S” débilmente en medio del ruido. Actualmente, y con nuestros conocimientos sabemos que Marconi no podía haber hecho peor elección de frecuencia y hora del día para su experimento. Esto ha hecho analizar numerosas veces las condiciones de propagación, la posible onda usada, el rendimiento de la antena, etc. y con resultados dispares. J. A. Ratcliffe estudió el tema en 1974 examinando con detalle las condiciones del experimento y llegó a la conclusión que Marconi había escuchado realmente las señales. Sin embargo John Belrose llega a la conclusión opuesta, para que Marconi hubiera podido escuchar algo debía haber dispuesto de un receptor con una ganancia de 47 dB, algo imposible en aquel tiempo. ¿Tal vez escuchó armónicos de una frecuencia superior? Las simulaciones por ordenador que se han hecho muestran que la antena en abanico era muy ineficaz en frecuencias superiores a 3 MHz. Hay que tener en cuenta que Poldhu era un transmisor de pulsos con una potencia de pico muy elevada y el receptor era no sintonizado, además no se conocen los valores de las bobinas ni condensadores que permitirían saber la frecuencia real de emisión y hacer simulaciones más precisas. Otra teoría se apoya en que ese día el número de manchas solares era cero, algo que no ha vuelto a ocurrir desde entonces. El índice de absorción de las frecuencias que se cree que emitía Poldhu era el menor posible, de esta forma la suerte había jugado a favor de Marconi.

Tal vez nunca tengamos la respuesta, una repetición de los experimentos en las condiciones originales sería imposible hoy día por las enormes interferencias que ocasionaría un transmisor de chispa de alta potencia y la gran cantidad de señales que captaría un receptor no sintonizado. Pero no importa si Marconi recibió o no las señales de Poldhu. Lo importante es que abrió la posibilidad de la radio a larga distancia. Dio al mundo un nuevo medio de comunicación hoy día tan extendido que nadie es capaz de imaginar cómo sería la vida sin la radio.

- **¿Qué receptor usó Marconi?**

Poco después de llegar noticias de la hazaña de Marconi a Inglaterra comenzaron a aparecer algunas críticas poniendo en duda la hazaña basándose en el comportamiento y sensibilidad de los cohesores (O. Lodge). Mientras estaba Marconi en los EE.UU., para hacer frente a estas críticas el director de la compañía, Flood Page, publicó una carta en la que decía entre otras cosas:

“...Marconi ha empleado un nuevo tipo de detector del que el Sr. Lodge no tiene noticias...”

Poco después comenzó a correrse la voz de que Marconi había usado un detector de mercurio. No se tardó en averiguar que Marconi había patentado a su nombre un detector de mercurio que le había entregado su amigo, el teniente Solari de la Marina Italiana, y conocido como detector italiano. El escándalo estalló rápidamente: Marconi se había apoderado de la invención de otra persona. Marconi tuvo que pasar por el mal trago de anular una patente y confesar que le habían entregado el detector.

En realidad Marconi nunca dijo el tipo de detector que había empleado. Únicamente afirmó que había recibido las señales escuchando con un receptor telefónico. Comentó que había probado tres tipos de detectores, el cohesor, un detector de limaduras de cobalto y carbón de su invención y un detector de mercurio y carbón. Esta parte de la historia ha sido estudiada con profundidad por Probir K. Bondyopadhyay, que ofrece una notable luz en este aspecto poco conocido, aunque la verdad sobre el detector usado en el experimento hace tiempo que se la llevaron Marconi y Kemp a la tumba.

- **¿Por qué usó la señal “S”?**

Marconi dio la siguiente respuesta ante esta pregunta:

“Yo había dejado dispuesto con mis ayudantes en Cornwall que emitieran una serie de eses a una velocidad prevista durante ciertas horas del día. Elegí la letra “S” porque era fácil de transmitir con los primitivos aparatos que usábamos en Poldhu. Me atemorizaba que la transmisión de otras señales de Morse que incluyeran rayas exigieran un gran esfuerzo y hubiera una avería. El Sr. Entwistle, el Sr. George y el Sr. Taylor estuvieron a cargo de la estación de Poldhu durante la transmisión de las señales a Terranova.”

John Belrose, en su análisis del transmisor de Poldhu llega a la conclusión que este transmisor no podía enviar más que puntos a baja velocidad debido a la carga relativamente lenta de los condensadores. Mi opinión es ligeramente distinta. Es cierto que los primeros transmisores de radio-telegrafía eran lentos de transmisión, y a su vez el cohesor también era un dispositivo de recepción lento. En suma se transmitía a una velocidad de 10 a 15 ppm en Morse. Tal vez Poldhu transmitiera algo más lento, pero la diferencia no sería muy grande con el resto de estaciones. La respuesta se encuentra en el enorme calentamiento a que estaría sometido el chispero donde debía saltar una chispa eléctrica de varios kW. En un chispero sobrecalentado la chispa se convierte en un arco y deja de ser oscilante. Hoy sabemos que este problema fue un quebradero de cabeza para Fleming que solucionó parcialmente enviando una fuerte corriente de aire. En el

Magazine McClure de Abril de 1902 se habla, con exageración, de una tensión de 250.000 voltios saltando 30 cm en forma de cegador fognazo eléctrico del tamaño de una muñeca humana. Tal descarga de energía tenía que calentar sobremanera el chispero, y para poder emitir las señales durante tres horas seguidas debían usar señales muy cortas a baja velocidad. (La letra “S” es ideal) Esta opinión parece apoyada por los experimentos en el SS *Philadelphia*, en los cuales la estación de Poldhu transmitió mensajes de corta duración.

LOS EXPERIMENTOS EN EL SS *PHILADELPHIA*

Mientras Marconi permanecía en Canadá y EE.UU. recibiendo las felicitaciones y parabienes de todos lados, le llegaban constantemente noticias de Inglaterra donde ponían en duda su hazaña. En Febrero de 1902 llegó a Londres en el SS *Philadelphia* decidido a dar una respuesta contundente. Después de hablar en la Asamblea General Ordinaria de la Compañía, dispuso todo para volver a embarcarse otra vez en el SS *Philadelphia* de vuelta a Nueva York, pero esta vez llevándose a su mejor equipo de técnicos e ingenieros, entre ellos Charles S. Franklin y Richard N. Vyvyan. Montó una antena en la parte superior de los mástiles, de un extremo al otro del barco y a una altura de 45 m. Los mensajes se recibirían con un cohesor conectado a un receptor sintonizado y se registrarían con un impresor Morse, además los firmaría el capitán como testimonio. (Fig. 9a y b) Los mensajes se transmitirían desde Poldhu con una duración de unos minutos y a unas horas determinadas.

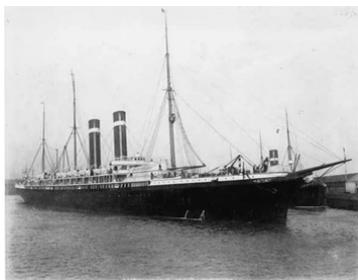


Fig. 9a.- El SS *Philadelphia*.

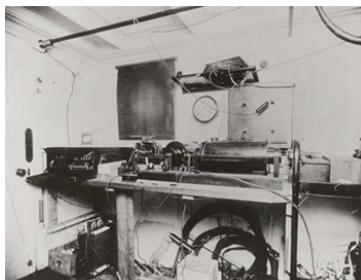


Fig. 9b.- Cuarto de radio del buque *SS Philadelphia*.

El SS *Philadelphia* zarpó rumbo a Nueva York el 22 de Febrero. Los mensajes se recibieron por el día hasta una distancia de 1.120 Km. Por la noche se recibieron hasta 2.500 Km., y se captaron letras sueltas hasta una distancia de 3.380 Km. A su llegada al puerto de Nueva York un Marconi

orgullosamente mostraba las cintas a un grupo de periodistas que le estaban aguardando. Además hacía unas declaraciones algo fuertes.

“¿Dirán ahora que oí mal en Terranova?”

Es sorprendente, incluso visto con los ojos de hoy día, el alcance que se consiguió con un cohesor de limaduras. Una verdadera hazaña. Aunque no pudo captar las señales de Poldhu desde tierra (Nueva York), la distancia a la que se recibieron algunas señales de Poldhu era ligeramente superior a la distancia entre Poldhu y Terranova (3.000 Km) y mostró fuera de toda duda la transmisión de las ondas de radio a larga distancia. Un aspecto que reveló este viaje fue el diferente comportamiento de las ondas por el día y la noche. Al principio se creyó que era producido por el efecto del Sol que neutralizaba las cargas eléctricas de la antena receptora y transmisora, pero más tarde se determinó que era provocado por cambios en la ionización de la alta atmósfera.

Después del viaje con el SS. *Philadelphia* anunció temerariamente que era cuestión de meses la apertura de un servicio comercial trasatlántico. El tiempo se encargó de demostrar las enormes dificultades que faltaban por vencer.

EL DETECTOR MAGNÉTICO

Uno de los problemas más importantes era el propio cohesor. El cohesor que había permitido dar los primeros pasos a la radio y que Marconi había llevado al máximo perfeccionamiento, no daba más de sí y se quedaba obsoleto, había que abandonarlo. Muchos investigadores eran de la misma opinión, y surgieron tantos detectores como investigadores. Algunos eran extraños y peregrinos, y tuvieron corta vida; otros tuvieron más éxito y se emplearon durante años. El detector de mercurio que había probado Marconi (una especie de primitivo diodo de contacto imperfecto) había demostrado ser poco fiable, muy sensible a las descargas estáticas y de comportamiento impredecible. Marconi declaró:

“...Se ha encontrado que estos cohesores no restaurados no son lo suficiente fiables para el trabajo regular o comercial. Tienen la tendencia de cohesionarse permanentemente cuando se ven sujetos a la acción de fuertes ondas eléctricas o disturbios atmosféricos, y tienen la desagradable tendencia de suspender su acción en medio de un mensaje...”

Pero Marconi tenía otro as en la manga. (**Fig. 10**) Entre sus ingenieros se encontraba James Erskine-Murray, un científico que había estudiado con Lord Kelvin en la Universidad de Glasgow, en 1898 había entrado a formar parte en la Compañía Marconi Wireless como ayudante de Marconi.

Erskine-Murray conocía los experimentos de E. Rutherford sobre la pérdida de magnetismo de una aguja de acero sometida a la acción de una onda electromagnética. En 1900 Erskine-Murray ya había construido una especie de detector magnético primitivo que detectaba el paso de una onda midiendo el magnetismo de una aguja. En enero de 1902 Marconi le sugirió que experimentara con este detector y le proporcionó varias ideas para perfeccionarlo. De estas ideas surgieron dos detectores. En uno de ellos la aguja de acero se rodeaba por tres bobinas: una de ellas se conectaba entre antena y tierra, la otra bobina a un auricular y se hacía pasar por la tercera una corriente alterna de baja frecuencia. Por el auricular se escuchaba la llegada de una onda por la variación brusca de la intensidad del “zumbido” de baja frecuencia. En el segundo detector se hacía pasar un alambre de hierro entre dos carretes de madera movidos por un mecanismo de relojería. El alambre se magnetizaba por medio de dos imanes de herradura, después se hacía pasar el alambre imantado por el interior de dos bobinas concéntricas, una conectada a un auricular y la otra a la antena y tierra. El paso de una onda hacía variar bruscamente el magnetismo del alambre y generaba un ruido en los auriculares. Cuando Marconi regresó de los experimentos en el SS *Philadelphia* en Abril de 1902 ya disponía de un prototipo de este último detector magnético. Las pruebas resultaron ser muy satisfactorias, y el detector magnético se convirtió en equipo estándar durante casi veinte años,

al que los operadores de radio llamaban afectuosamente “Maggie”. Los operadores veteranos se aprovechaban del mecanismo de relojería de los detectores magnéticos para gastar una novatada a los operadores nuevos, ¡había que poner el detector en hora! La primera patente se solicitó en Mayo de 1902. En una carta de Fleming del 1 de Octubre de 1902 podemos leer:

“... Realmente su detector magnético es algo maravilloso.”

¿Qué eficacia presentaba el detector magnético? Los experimentos y mediciones que se han hecho hoy día muestran que no era muy eficaz con longitudes de onda relativamente cortas (inferiores a 500 m), sin embargo, bien ajustado, con el secundario sintonizado al tono de la estación transmisora y a longitudes de onda de 3.000 m o superiores era de 1,5 a 2 veces más sensible que el detector de galena y otros detectores que se disponían en aquellos días.

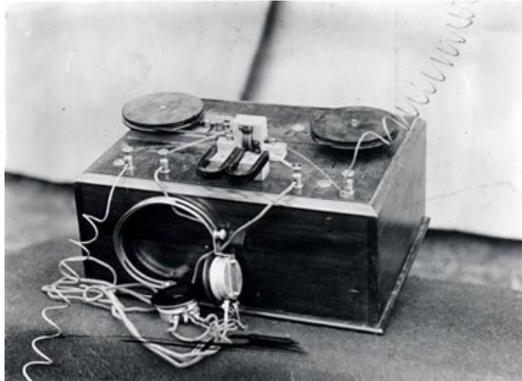


Fig. 10.- Un prototipo experimental de los primeros detectores magnéticos fabricado a mano.

SEGUNDO TRANSMISOR DE POLDHU

También se terminó en Mayo la antena cónica suspendida de las cuatro torres. Poldhu presentaba el aspecto que tuvieron durante varios años las estaciones de larga distancia de Marconi. Siguiendo el consejo de Fleming que le urgía a aumentar la longitud de onda la cambió a 1.100 m (270 kHz.).

“...En aquel tiempo sabía que se favorecía la difracción o curvado de los rayos eléctricos alrededor de la Tierra aumentando la longitud de onda y después del primer éxito urgí repetidamente a Marconi que aumentara la longitud de onda, y entonces fue cuando comenzó la transmisión comercial...”

Para aumentar la longitud de onda se tuvo que modificar el transmisor diseñado por Fleming. Había que aumentar la capacidad de los condensadores, al elevar las capacidades se necesitaba más tiempo para su carga, y la frecuencia del transformador de Tesla estaba demasiado cerca de la frecuencia de transmisión. A su vez, los nuevos detectores (entre ellos el detector magnético) no precisaban de los elevados pulsos de tensión que exigía el cohesor. Esto permitió sustituir el transformador de Tesla por un transformador de 25.000 voltios y emplear condensadores de menor tensión de aislamiento; de esta forma el transmisor de Fleming se convirtió en un circuito más clásico. La solución al problema del sobrecalentamiento acabó con una disputa entre Marconi y Fleming. Fleming era partidario de usar como electrodos dos esferas que giraban lentamente mientras se dirigía una corriente de aire; Marconi era partidario de usar dos discos girando a gran velocidad y ordenó que los instalaran. Más tarde descubrió que Fleming los había retirado para volver a instalar su chispero y estalló en cólera. No dejaría que Fleming tocara nunca más nada en la estación de Poldhu, y cuando venció su contrato como asesor de la Compañía no se le renovó.

Marconi no estaba satisfecho con la explicación teórica de Fleming sobre el aumento de la distancia de comunicación al aumentar la longitud de onda, quería comprobarlo experimentalmente. En Junio se le presentó la oportunidad. El Rey de Italia, Víctor Manuel III llegó a Londres a bordo del crucero *Carlo Alberto* para la coronación de Eduardo VII. Debido a una repentina enfermedad del monarca inglés, Víctor Manuel III zarpó con el *Carlo Alberto* a visitar al Zar Nicolás II en Kronstandt. Marconi iba de pasajero, equipó el *Carlo Alberto* y se llevó el detector magnético junto con un receptor a cohesor. A lo largo de todo el camino recibieron todos los días por la noche los mensajes procedentes de Poldhu. El 21 de Julio abandonó Kronstandt y regresó a Spithead para asistir a la coronación del Rey Eduardo VII. Una vez terminadas las fiestas de la Coronación el *Carlo Alberto* regresó a Italia llevándose a Marconi a bordo. Antes de zarpar había dispuesto que Poldhu enviara los mensajes usando dos frecuencias, en 300 m

y en 1.100 m (1 MHz y 270 kHz). A lo largo del viaje, y a medida que se interponían altas montañas, como los Pirineos y los Alpes, Marconi observó que por la noche se recibían ambas frecuencias de forma similar, y por el día las montañas reducían en gran medida el alcance del transmisor, pero afectaba mucho más a las frecuencias más elevadas. El 7 de Septiembre llegó al puerto de La Spezia, donde recibía por la noche a Poldhu sin ninguna dificultad. La Marina Italiana, a petición del Rey Víctor Manuel II de Italia, puso a disposición de Marconi el crucero *Carlo Alberto* junto con su tripulación durante 6 meses para hacer experimentos de radio a lo largo del Atlántico en su viaje a Nueva Escocia. Para ello se le concedió a Marconi el cargo honorífico de Comodoro durante esos seis meses. En camino hacia Canadá se detuvo en Plymouth para instalar una enorme antena de “abanico”. (**Fig. 11**)

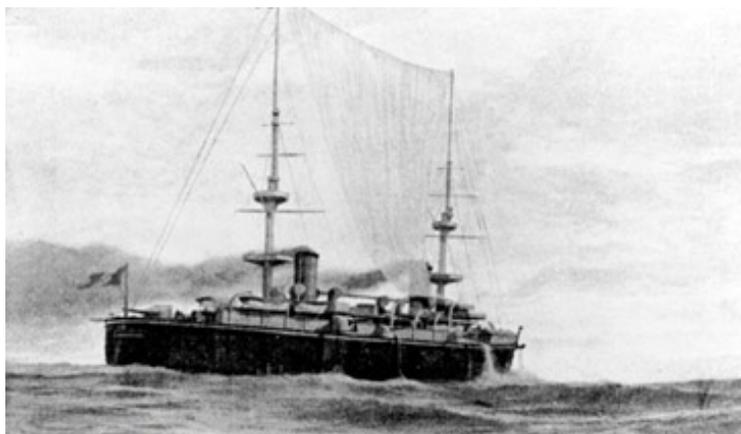
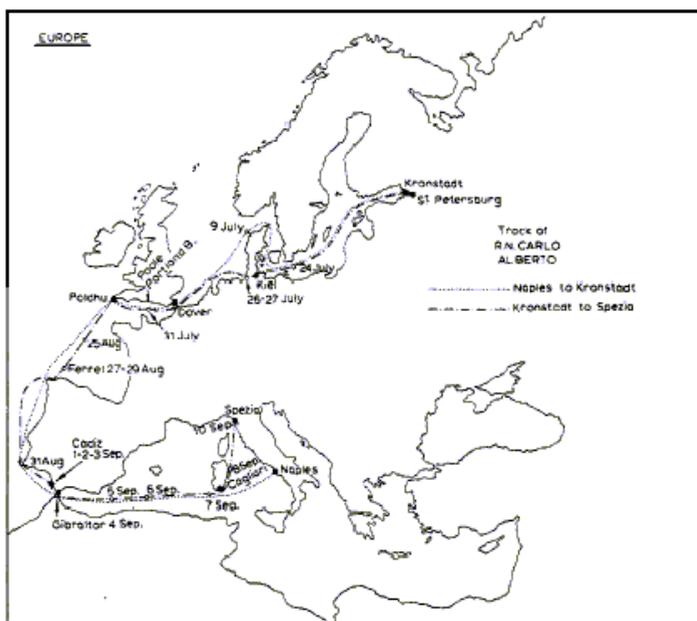


Fig. 11.- El *Carlo Alberto* con su enorme antena de abanico.

El *Carlo Alberto* zarpó de Plymouth y llegó al puerto de Sydney (Canadá) el 31 de Octubre. Allí recibió las transmisiones de Poldhu en la frecuencia de 270 kHz. volviendo a demostrar nuevamente, ya sin ningún género de duda, el salto del Atlántico.

En Noviembre se terminó la estación de Glace Bay. Una estación de alta potencia de 60 kW y una longitud de onda de 1.650 m (180 kHz). La noche del 19 de Noviembre de 1902 comenzaron las primeras transmisiones para Poldhu. Se había dispuesto que las órdenes y resultados se comunicaran por cable, y para evitar que pudieran caer en manos de terceras personas se enviarían en clave. Desde el 19 hasta el 29 de Noviembre Poldhu no recibió señal alguna de Glace Bay. El 29 de Noviembre se recibieron algunas

señales, unos días más tarde las señales eran claras, pero al día siguiente volvieron a desvanecerse, sumiendo a todos en gran confusión. El 15 de Diciembre se envió el primer mensaje por radio de América hacia Europa. Era un pequeño saludo del corresponsal del *Times*, el Dr. Parkin, para su periódico. Al día siguiente, 16 de Diciembre, el Gobernador General de Canadá (Lord Minto) envió un mensaje para el Rey Eduardo VII y Marconi otro mensaje para el Rey Víctor Manuel III. Con estos mensajes se inauguró el servicio trasatlántico, pero el tiempo se encargó de demostrar que se había anunciado prematuramente. Los mensajes se tenían que repetir muchas veces y en contadas ocasiones se conseguía el contacto bilateral, lo que hacía imposible saber si los mensajes habían llegado a su destino. La recepción era extremadamente variable e impredecible. Además el servicio estaba confinado al horario nocturno.



Recorrido seguido por el Carlo Alberto en el Báltico y el Mediterráneo desde Kronstandt a La Spezia.

Para entonces la Compañía Marconi había concentrado todo su interés en Glace Bay como estación trasatlántica, el Gobierno Canadiense se había interesado mucho en el proyecto y había ayudado a Marconi. Ahora se sentía presionado. La estación de Cape Cod que se había comenzado a construir en

1901 para el servicio trasatlántico sufrió retrasos por esta causa. A finales de 1902 comenzaron las pruebas con Cape Cod. El 18 de Enero de 1903 el Presidente de los EE.UU. entregó a Marconi un mensaje para que lo enviara al rey Eduardo VII de Inglaterra. El mensaje decía:

“Aprovechando el maravilloso triunfo de la investigación científica y del ingenio que ha permitido perfeccionar un sistema de telegrafía sin hilos, en nombre del Pueblo Americano le extiende el más cordial saludo y deseos de buena voluntad a Ud. y a todo el Pueblo del Imperio Británico”

*Theodore Roosevelt
Wellfleet, Massachusetts, 19 Enero 1903.*

La idea inicial era que Cape Cod emitiera este mensaje a Glace Bay, y seguidamente esta estación lo remitiera a Poldhu, sin embargo la sorpresa fue enorme al recibir la confirmación directamente de Poldhu. Era la primera vez que Poldhu captaba la señal de la estación de Cape Cod. Al día siguiente llegó la respuesta del Rey Eduardo VII a la estación de ferrocarril de South Wellfleet por medio del cable. El Rey Eduardo VII había enviado su respuesta a Mullion, pero al encontrarse la Oficina Postal cerrada por ser domingo, se consideró adecuado transmitirlo por cable. Esto hizo disparar los rumores sobre la forma en la que se había transmitido el primer mensaje, que si lo habían pasado de un barco a otro hasta llegar a Inglaterra, etc.

Mientras tanto prosiguieron las pruebas entre Poldhu, Glace Bay y Cape Cod. Como indicó Marconi en su discurso ante la Academia de las Ciencias de Suecia en la entrega del premio Nobel, en circunstancias favorables bastaban 10 kW de energía para enviar mensajes de un lado a otro del Atlántico. El corresponsal en Nueva York del *Times* de Londres firmó un contrato con Marconi para enviar por radio los mensajes para el periódico, y el 30 de Marzo el *Times* publicó la primera noticia recibida por radio. El servicio no resultó muy fiable. Frecuentemente los mensajes se tenían que repetir por medio de la estación de Glace Bay. La estación de Cape Cod resultó ser poco práctica para el servicio trasatlántico. La prensa (*The World's Work*) comentó sobre el servicio de radiotelegrafía trasatlántico:

“En Enero de 1903, la estación de Cape Cod envió un agradecimiento del Presidente Roosevelt al Rey de Inglaterra. De tanto en tanto, a partir de ese día, se han intercambiado breves mensajes. El inventor ha trabajado duro, intentando resolver los problemas de su mecanismo, intentando hacer diariamente de esta maravilla científica una máquina comercial. Las dificultades son inmensas. Los problemas obvios, para imaginarlos son los siguientes: primero, el mensaje por radio, una vez lanzado, parece correr por todo el mundo; segundo, la chispa necesaria para esta transmisión es tan enormemente potente que la estación,

queda sacudida, rota y arruinada a las pocas horas de servicio. Estos son los problemas que han de solucionar.”

TERCER TRANSMISOR DE POLDHU. SERVICIO DE NOTICIAS

El 6 de Abril de 1903 el hielo destrozó las antenas de Glace Bay ocasionando la suspensión del servicio trasatlántico. Mientras se reparaba Glace Bay se aprovechó para renovar la estación de Poldhu y probar nuevos circuitos de sintonía. Además se aumentó la longitud de onda a 2.000 metros (150 kHz). Esto obligó a modificar la antena. Se prolongaron los hilos de la parte superior en dos direcciones hacia unos postes, tomando la forma de “T”.



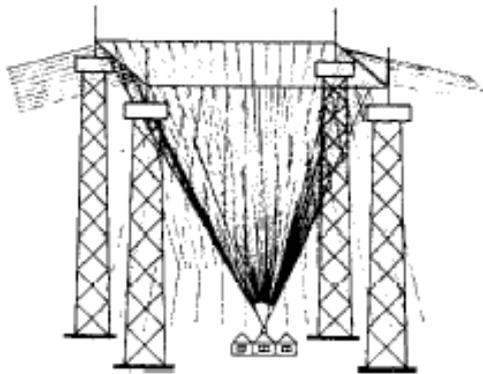
Fig. 12a.- Aspecto que presentaba la estación engalanada durante la visita de los Príncipes.



Fig. 12b.- Vista desde lo alto de una torre. Se puede observar la cala y el océano.

En 18 de Julio, mientras se estaban haciendo estas reformas el Príncipe y la Princesa de Gales hicieron una visita a la estación acompañados de un gran séquito. Las torres se engalanaron con banderas y los trabajadores se repartieron a lo largo de las escaleras que llevaban a lo alto de las torres. **(Fig. 12a y b)** El príncipe trepó a lo alto de una de las torres para disfrutar del paisaje. Durante Octubre, con la nueva antena, se hicieron unas demostraciones ante el Almirantazgo. El HSM *Duncan*, en ruta hacia Gibraltar recibió la estación de Poldhu hasta una distancia de 965 Km. por el día y 1.370 Km. por la noche. Mientras se estaba reparando Glace Bay se empleó la estación de Poldhu en el circuito comercial Europeo de la Compañía Marconi Wireless. La estación mantenía comunicación regularmente con Coltano (Italia), Cádiz y Tenerife (España). En la primavera de 1904 se hizo el último esfuerzo para adecuarla al circuito trasatlántico. Se renovó completamente a Poldhu para adecuarla a las estaciones más avanzadas de Glace Bay y Cape Cod. Las modificaciones más importantes fueron la instalación de un chispero rotativo y al aumento de la parte horizontal de la antena “T” hasta el máximo que permitía el terreno. El primer chispero rotativo era un disco liso. La chispa saltaba entre dos electrodos y el disco. El giro del disco creaba una corriente de aire que apagaba la chispa y ayudaba a refrigerarlo. Con su ayuda se aumentó algo la velocidad de transmisión. Con la modificación de la antena se aumentó la longitud de

onda a 4.250 m (70 kHz). Se hicieron pruebas con Fraseburgh a 895 Km. que resultaron satisfactorias. En condiciones idóneas se captaba Poldhu reduciendo incluso la potencia hasta 1 kW. El 7 de Mayo Marconi embarcó en el SS *Campania* de la línea Cunard para hacer pruebas de recepción de la estación de Poldhu. Los experimentos del *Campania* tenían dos finalidades: primero determinar definitivamente si la estación de Poldhu era idónea para el servicio trasatlántico; y segundo, comprobar si se podía establecer un servicio de noticias a los barcos en alta mar junto con la estación de Cape Cod, que no resultaba muy práctica para el servicio trasatlántico y había que buscarle otra utilidad. El *Campania* recibió a Poldhu hasta una distancia de 2.700 Km. Definitivamente Poldhu no podía prestar el servicio trasatlántico, y comenzó una nueva etapa como estación costera de largo alcance pasando a formar parte de la red radiotelegráfica europea Marconi. Se inició la construcción de una nueva estación en Clifden con los mayores avances técnicos y cuyo único cometido sería el servicio trasatlántico.



Durante el verano de 1903 se modificó la antena de Poldhu añadiendo un "sombbrero" capacitivo en su parte superior. Esto aumentó la longitud de onda de la antena.

En Febrero de 1905 apareció por primera vez en los buques trasatlánticos de la línea Cunard un boletín de noticias recibidas directamente desde Poldhu y Cape Cod. Los buques recibían sin problemas a Poldhu hasta una distancia de 2250 Km. En Octubre de 1906 comenzaron las emisiones del *Diario Trasatlántico de Noticias*. Las noticias se emitían diariamente desde las estaciones de Poldhu y Cape Cod. Las emisiones se hacían todas las noches a las 2:00 h y se repetían a las 3:00 h. Se trataba de mensajes de unas 500 palabras que constaban principalmente de noticias y cotizaciones de Bolsa. En el libro *The Wireless Man*, (El Radiotelegrafista) escrito en 1912

por Francis A. Collins incluye lo siguiente a propósito de las estaciones de Poldhu y Cape Cod, lo que nos permitirá hacer una idea de su trabajo:

“A mitad de la travesía del Atlántico, antes que los mensajes de Cape Cod se dejen de recibir, nuestro operador recibe su primer mensaje de Europa, dándole la bienvenida desde la potente estación de Poldhu en la costa de Cornwall. Está en una región del extenso Atlántico tan remota que no podemos escuchar ninguna otra estación. Poldhu emite noticias y cotizaciones de la Bolsa, exactamente quinientas palabras como hace Cape Cod, comenzando cada mañana a las dos y repitiendo los mensajes a intervalos regulares hasta las tres. Y así se podía tener el periódico radio telegráfico durante el desayuno en cualquier punto del Atlántico y tan actualizado como el que se lee en casa.”

En la siguiente página se incluye una edición del *Diario Atlántico de Noticias* de Mayo de 1906 editado a bordo del S.S. *Hamburg*.

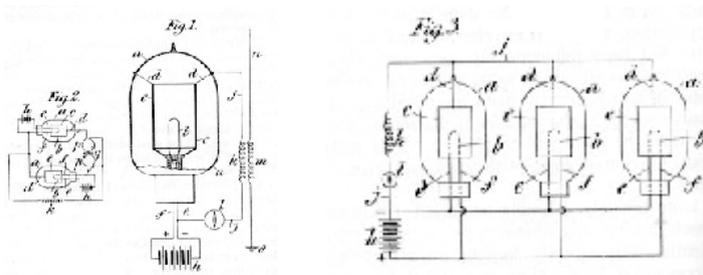
S. S. "Hamburg"	No. 4	Jueves, 1 de Noviembre de 1906
<p style="text-align: center;">Noticias</p> <p style="text-align: center;">Radiotelegráficas recibidas por Marconigramas especiales directamente desde Poldhu.</p> <p style="text-align: center;">Desastre en un Submarino francés.</p> <p>EISERTA, 31 de Oct. El submarino francés "Lutin", que se hundió en el fondo del puerto, mientras el buque de salvamento danés intenta llevarlo a la superficie. Se está procediendo a la investigación oficial para determinar la causa del desastre.</p> <p style="text-align: center;">Guerra en las Indias Holandesas.</p> <p>BARAFU, 30 de Oct. El Jefe nativo Puang(?) junto con 900 de sus seguidores han sido capturados en la isla de Celebes al Este de la India por las tropas holandesas.</p> <p style="text-align: center;">Factura de la Educación Inglesa.</p> <p>LONDRES, 31 de Oct. Ayer comenzó en la Cámara de los Lores una detallada discusión de la Factura de Educación del Gobierno. La Cámara Superior presentó la comparecencia ante el público. Gran asistencia de los nobles desde la desestimación de la Factura por la Casa de Gladston. Se espera un excitante debate.</p>	<p style="text-align: center;">El líder irlandés ataca al Gobierno.</p> <p>LONDRES, 31 de Oct. El Sr. Redmond, líder del Partido Nacionalista Irlandés ha atacado al Gobierno bilateral en la Cámara de los Comunes. Tuvo lugar una agria discusión sobre el fallo del Gobierno para reinstalar a los inquilinos desahuciados. El Sr. Bryce Secretario Jefe para Irlanda mantiene que el Gobierno ha hecho lo mejor para conseguir trabajo.</p> <p style="text-align: center;">Minas de Oro Rusas.</p> <p>MOSCÚ, 31 de Oct. Un sindicato de capitalistas británicos ha adquirido las minas de oro de Ekaterinsburg en los Montes Urales.</p> <p style="text-align: center;">Más Desórdenes en Rusia.</p> <p>ST. PETERSBURGO, 31 de Oct. En una reunión de 4000 estudiantes rusos en esta ciudad se aprobó una resolución declarando que es imposible una solución pacífica a estos asuntos. Todos ellos pidieron un esfuerzo universal para expulsar al despótico régimen presente.</p> <p style="text-align: center;">Rapiña sin freno.</p> <p>Una banda de treinta ladrones armados atacó dos coches de correo en la carretera de Kazan. Consiguieron dominar a los escoltas</p>	<p>y después abandonaron el campo llevándose un botín de 23.000 rublos.</p> <p>La situación en Odessa se ha vuelto incontrolable. Ayer en el aniversario del Manifiesto del 30 de Octubre se esperaban desórdenes. El Gobierno tomó precauciones. La ciudad presentaba un aspecto marcial, y las calles hervían de tropas.</p> <p style="text-align: center;">Noticias Locales.</p> <p style="text-align: center;">Después del Bazar,</p> <p>¡Nuestros pasajeros perplejos! Evidentemente por apresurarse a conseguir una ganga el Lunes por la noche, ahora se lamenta un comprador del hecho que no sabía si adquiriría un reloj de mesa o una colcha.</p> <p style="text-align: center;">Las Azores.</p> <p>Mañana temprano por la mañana nuestro barco navegará a vista de las costas de San Miguel, la mayor de las islas portuguesas. Aquellos cuyas energías les permitan seguir en pie sin duda se verán recompensados por una bella vista a la luz de la luna.</p>

UN NUEVO DETECTOR.

Marconi recibió el 30 de Noviembre de 1904 una interesante carta de J. A. Fleming. Entre otras cosas (la invención de un medidor de longitud de onda) le menciona algo que cree que puede ser muy interesante, la válvula termoiónica. Fleming dice en su carta:

“...También citaré que he hecho un descubrimiento interesante. Estoy orgulloso de poder rectificar las oscilaciones eléctricas, es decir, hacer que el flujo de electricidad pase siempre en la misma dirección. De esta forma puedo detectarlas con un galvanómetro normal de espejo. He recibido señales sin nada más que una antena, el galvanómetro de espejo y mi dispositivo. Hasta ahora los experimentos han sido a escala de laboratorio. Esto abre un amplio campo de trabajo, ya que ahora puedo medir exactamente los efectos de un transmisor. Todavía no he mencionado esto a nadie ya que podría ser muy útil.”

Marconi se interesó por la válvula y rápidamente ordenó construir un receptor para hacer pruebas comparativas. En 1905 hizo unas demostraciones del receptor con válvula a los oficiales de la Marina y autoridades de la Oficina Postal en la estación de Poldhu. (**Fig. 13**)



Parte del dibujo de la patente del primer receptor de radio con una válvula termoiónica en 1904



Fig. 13.- Válvula que se usó en Poldhu en las demostraciones ante las autoridades navales británicas.

RENOVACIÓN TOTAL DE POLDHU.

A los pocos meses de estar abierto el público el enlace trasatlántico entre Clifden y Glace Bay estaba claro que no era suficiente con una estación en cada continente. Las estaciones daban un servicio diario de 12 horas por la noche a una velocidad de unas 15 palabras por minuto. Los mensajes solían llegar con retraso y provocaba las quejas de los clientes. Podía competir con el cable gracias a unos precios más económicos pero el servicio era más bien deficiente. La Compañía Marconi respondió ante estas quejas anunciando que renovarían completamente a Poldhu y Cape Cod; esto proporcionaría otro circuito que doblaría la capacidad actual. En 1909 comenzó la renovación total de Poldhu. Las pruebas y reformas duraron hasta principios de 1912. El transmisor se sustituyó por un chispero rotativo con dientes en su periferia. **(Fig. 14 y 15)** La antena también sufrió profundas modificaciones. Han llegado dos descripciones ligeramente diferentes de la antena, según una narración se desmontaron y trasladaron las cuatro torres a lo largo de la playa, y se añadieron dos mástiles de acero. **(Fig. 16 y 17)** Según la otra descripción las torres se desmontaron completamente y se sustituyeron por seis mástiles, dos de acero y dos de madera. Con total seguridad que la nueva configuración debía ser una antena en L con características direccionales, similar a la antena de las estaciones de Clifden y Glace Bay. Se construyó un estanque de agua para la refrigeración de la estación con una capacidad de un millón de litros. El indicativo de la estación pasó a ser MPD. Pero Poldhu nunca formaría parte del circuito trasatlántico. Los motivos parecen ser los siguientes. Marconi imaginó una cadena de radio que abarcara el mundo, y propuso al Gobierno Británico la construcción de una “Cadena de Radio Imperial”, con 18 estaciones de alta potencia en las diversas posesiones británicas repartidas por el mundo. Esto proporcionaría a Gran Bretaña un servicio de una gran importancia estratégica, permitiría tener contacto con todos los barcos de la Marina Real en cualquier parte del Mundo que estuviesen y Gran Bretaña tendría otro servicio de comunicación mundial independiente de los vulnerables cables telegráficos. Poldhu formaría parte de esta cadena. El 7 de Marzo de 1912 el Gobierno aprobó la construcción de seis de las 18 estaciones, pero entonces estalló un escándalo político de proporciones mayúsculas. Se habían hecho estas negociaciones sin informar al público. Esto disparó los rumores sobre supuestos sobornos, Además un alza de los valores de las acciones de la Compañía Marconi en la Bolsa dieron más difusión a los rumores y el caso acabó en la Prensa como el “Escándalo Marconi”. El efecto inmediato fue que el Gobierno paralizó inmediatamente los contratos y nombró una comisión de investigación. La comisión de investigación no encontró ninguna prueba de corrupción, pero para entonces comenzaban a soplar en Europa vientos de guerra. La Cadena de Radio Imperial acabaría sufriendo un largo retraso.



Fig. 14.- Disco descargador de la estación de Poldhu. Actualmente se conserva en el Museo Marconi. Es de acero, con un diámetro de 30 cm. Se accionaba por medio de una polea y giraba sobre casquillos de latón. Los dientes de la periferia son de latón.

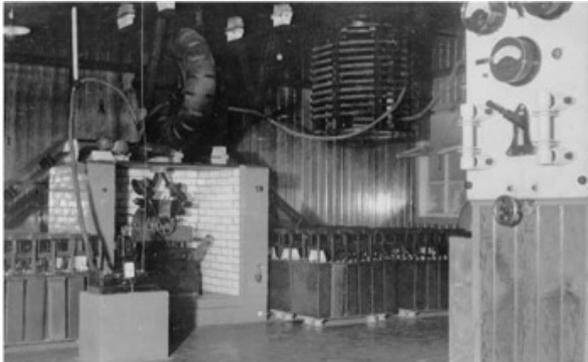


Fig. 15.- Sala del transmisor de Poldhu. Se puede observar el chispero rotativo encerrado en una cámara de ladrillos para amortiguar el ruido.



Fig. 16.- Desmontaje de las torres y excavación del estanque de agua.



Fig. 17.- Aspecto que presentaba la estación de Poldhu en 1912.

MARCONI CONSERVA POLDHU Y CLIFDEN.

Desde su creación la Oficina Postal Británica tenía el monopolio de las comunicaciones en Gran Bretaña. En la época anterior a la radio esto significaba el correo y el telégrafo. Cuando apareció la radio se produjo un vacío legal, pero se llegó a una especie de acuerdo verbal, la radio en tierra era competencia de la Oficina Postal. Esto dejaba la radio en el mar en manos de las empresas privadas (Marconi). En 1904 el gobierno aprobó una ley por la cual la Oficina Postal debía conceder la licencia de funcionamiento a las estaciones de radio. Rápidamente la Compañía Marconi solicitó licencia para sus estaciones costeras. En 1909 hubo un cambio en la legislación. Las estaciones de radio que estuvieran en territorio británico pasarían a ser competencia de la Oficina Postal. De esta forma pasaron a depender de la Oficina Postal todas las estaciones de radio excepto Poldhu y Clifden, que debido a sus características especiales, a moverse en el terreno de la investigación (larga distancia) y al trabajo trasatlántico continuaron en manos de la Compañía Marconi. El 4 de Junio de 1912 se inició la II Conferencia Internacional de Radiotelegrafía de Londres, también conocida como la Conferencia del Titanic por su proximidad con la tragedia. La Conferencia se prolongó hasta Julio de 1912. A finales de Junio se invitó a los delegados a pasar un fin de semana haciendo una visita a la estación de Poldhu. Se puso a su disposición un tren especial que les llevó a Falmouth, donde llegaron el día 29. Al día siguiente visitaron la estación y se les obsequió con un almuerzo presidido por Marconi y donde no se pronunció ningún discurso. Ante la insistencia de los asistentes Marconi pronunció estas únicas palabras “Una cosa sola, Grazie” A los caballeros se les obsequió con un encendedor con la forma del chispero rotativo, y a las señoras se les obsequió con un frasquito de perfume. Se podía haber invitado a la Delegación a visitar cualquier otra estación más moderna y avanzada, sin embargo se eligió visitar Poldhu. Esto nos indica la fama e importancia que tenía esa estación en el mundo de las comunicaciones por radio. **(Fig. 18)**

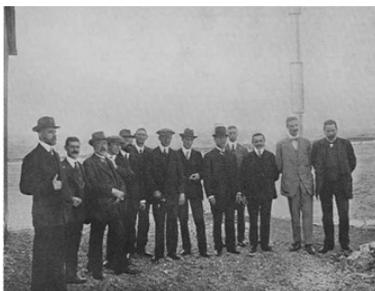


Fig. 18.- Los Delegados de la II Conferencia Internacional de Radiotelegrafía visitando Poldhu en Junio de 1912.

I GUERRA MUNDIAL

El 2 de Agosto de 1914 estalla la I Guerra Mundial. La Oficina de Guerra se hizo cargo de todas las estaciones de radio en suelo británico, entre ellas Poldhu. Permitted que Clifden continuara su trabajo comercial trasatlántico pero en otra frecuencia. Poldhu pasó a ser una importante estación para la Oficina de Guerra. No se tienen muchos detalles de su cometido en esta situación, parece ser que se usó para enviar noticias y boletines a los buques, y también para enviar órdenes a los convoyes. Tal vez cambiara la longitud de onda en esa época ya que hay algún informe posterior a la I Guerra Mundial indicando que transmitía en 2.570 metros. Podemos hacernos una idea del trabajo de Poldhu en esa época con la siguiente narración que escribió en su diario Dale Clemons, un radio-telegrafista en un barco durante esa época:

“El Vigo había atravesado 3.000 millas desde Nueva York y Dale había ganado un nuevo amigo –la estación trasatlántica de Marconi en Poldhu, Cornwall, Inglaterra. Era muy fácil reconocerla, no por las letras de llamada, sino por la calidad tonal de su transmisor –un suave sonido de un tono bajo con las señales enviadas por un emisor a un ritmo sosegado apropiado para la renovada talla de la estación. Fue desde allí donde Marconi envió experimentalmente la letra “S” que se transmitió a través del Atlántico, demostrando el potencial de la radio. Dale había estudiado mucho la radio y podía imaginar el transmisor original de Marconi, un racimo de mástiles levantados en un desierto pelado y rocoso, desafiando a los embates de la naturaleza igual que un faro destinado a la seguridad marítima. Y allí continuaba, no muchos años después de comenzar, capaz de elegir numerosos transmisores de potencia en tierra dirigiendo mensajes a cualquier nación de Europa, hoy rivales por la guerra y reducidos a la decepción. Telefunken, rival de Marconi, construyó Nauen (indicativo POZ), la estación gubernamental de Berlín usada actualmente para propaganda. París contradice diariamente la versión de Berlín de que están ganando la guerra. Se basan en las declaraciones desde Poldhu. Seguro que Poldhu dice la verdad...”

Al terminar la I Guerra Mundial se devolvieron a Marconi las estaciones de radio, y Poldhu volvió a sus actividades normales anteriores a la guerra, pero la radio había cambiado mucho en esos cuatro años. Las válvulas habían revolucionado la radio y Poldhu, como otras muchas estaciones, se había quedado anticuada. Otra nueva renovación de la estación no resultaba económica, además Poldhu estaba en un lugar demasiado alejado. El 10 de Junio de 1922 Poldhu cesó sus actividades comerciales, pero Marconi le

reservaba otras funciones que volvieron a asombrar al mundo de las radio-
comunicaciones.

LA ONDA CORTA

Al poco de estallar la I Guerra Mundial C. Franklin, de la Compañía Marconi había hecho una serie de experimentos en el Mar del Norte con transmisores de chispa en longitudes de onda entre 15 y 100 metros. Había obtenido unos resultados extraños y difíciles de explicar. En su informe a Marconi decía Franklin:

“Mientras estaba en Southwold, a unas 110 millas (177 Km.) de Zandvoort, la señal por la noche era mucho mayor que por el día; en Birmingham, a unas 282 millas (450 Km.) de Zandvoort, la señal diurna era normalmente mucho más fuerte que en Southwold, pero por la noche era imposible captar señal alguna.”

Marconi solía tomarse la radio como un gran experimento. La primera transmisión trasatlántica había sido un gran experimento. Ahora quería hacer otro gran experimento con la onda corta que despejara toda duda sobre su posible utilidad a la comunicación a larga distancia. Se transfirió la estación de Poldhu al Departamento de Investigación y Desarrollo y dio órdenes a Charles Franklin que modificase la estación para los experimentos que planeaba. En una carta del 21 de Julio de 1922 Franklin informaba a Marconi del progreso de las modificaciones y el coste estimado.

COSTE ESTIMADO DE LOS EXPERIMENTOS PROPUESTOS EN POLDHU

Coste estimado que se necesita para los experimentos propuestos a gran escala:

- | | |
|--|----------------------------|
| <i>1. Coste de los nuevos paneles de válvulas, válvulas y edificios accesorios</i> | <i>2.740 libras</i> |
| <i>2. Coste de dismantelar los actuales seis mástiles de acero y levantarlos de nuevo como cuatro mástiles, cada uno de 325 pies (100 m)</i> | <i>6.685 libras</i> |
| <i>3. Coste del nuevo terreno necesario</i> | <i>1.075 libras</i> |
| | <i>TOTAL 10.501 libras</i> |

El 12 de Junio de 1923 Marconi presentó los resultados de los primeros experimentos de larga distancia que había hecho entre Poldhu (indicativo especial 2YT) y el yate *Elettra* en la banda de 100 m. Debido a la importancia histórica de este informe se incluye en su totalidad.

INFORME DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE RECEPCIÓN A LARGA DISTANCIA

Hechos a bordo del S.Y. "Elettra" con ondas continuas de 100 metros, transmitidas por la estación experimental de Poldhu.

Los principales objetivos de estas pruebas son:

- 1.) Averiguar la fiabilidad de las señales transmitidas en la onda de 100 metros a distancias considerables con y sin el uso de un reflector en el transmisor.
- 2.) Investigar las condiciones que afectan a la propagación de las ondas cortas, y averiguar los máximos alcances estables que se pueden obtener por el día y por la noche respecto a la potencia y longitud de onda usada en la estación transmisora.
- 3.) Investigar y determinar el ángulo o apertura del haz de radiación cuando se emplea un reflector en el transmisor, considerando en especial la posibilidad de establecer servicios direccionales de radio a larga distancia.

Hice algunos trabajos experimentales en el uso de las ondas eléctricas cortas y reflectores en 1896-97, y durante la Guerra en 1915-18, y también por el Sr. C. S. Franklin a intervalos a partir de 1916 hasta el momento actual.

Los resultados obtenidos en esas pruebas y los experimentos se han mencionado o descrito en numerosas publicaciones científicas pero creo que bastará referirme al papel leído por el Sr. Franklin ante la Institución de Ingenieros Eléctricos el 3 de Abril de 1922 y a la Lectura presentada por mí ante el Instituto Americano de Ingenieros Eléctricos en Nueva York el 20 de Junio de 1922.

Durante las recientes pruebas hechas en el S.Y. "Elettra" a los que se refiere este papel, no se ha podido emplear ningún reflector en el receptor, y por tanto es obvio que la intensidad de las señales recibidas y las distancias cubiertas son menores que si hubiera sido posible usar una estación fija con el reflector adecuado.

Hasta el presente la impresión general que prevalecía entre los técnicos expertos en relación con el comportamiento de estas ondas era:

- 1.) que su alcance durante el día era variable y corto.
- 2.) que los alcances nocturnos eran muy variables y raros, y en conjunto muy poco fiables para su utilidad en el trabajo comercial.
- 3.) que cuando se encuentra en medio cualquier trozo de tierra considerable se reducía muy seriamente la distancia a la que era posible la comunicación.

Las pruebas hechas entre Poldhu y el "Elettra" han proporcionado resultados definidos que demuestran que las conclusiones anteriores son erróneas, al menos en lo que respecta a las ondas de una longitud de 100 metros, ya que hemos observado:

- 1.) que los alcances diurnos han demostrado ser fiables y de consideración,
- 2.) que los alcances nocturnos son mucho mayores que cualquiera, entre los que me incluyo yo, podía anticipar y no hay duda que exceden considerablemente la máxima distancia que he podido llegar con el "Elettra",
- 3.) que la tierra que se encuentra entre medio, incluso grandes porciones del continente, no presentan ningún obstáculo serio a la propagación de estas ondas.

Al hacer estas pruebas he descubierto que no es correcto referirse a estas ondas con las distancias cubiertas durante la luz del día como alcances diurnos, ya que la fuerza de las señales que se reciben durante las horas diurnas varían definitivamente según la altitud de la Luna sobre el espacio o región entre las dos estaciones. Las tablas y las curvas calculadas, y los resultados obtenidos que se muestran han sido preparados por el Sr. Mathieu durante el viaje.

Este descubrimiento, basado en los resultados observados, permite asegurar que nuestras pruebas han tenido lugar durante los meses de Mayo y Junio, y en parte en los trópicos, hechos en la estación más desfavorable del año para la transmisión diurna (ya que el Sol alcanza su altitud más elevada en Junio en el Hemisferio Norte) y sobre la región más difícil.

Con relación a los disturbios atmosféricos generales, normalmente parece que durante el día son menos severos que los que se padecen en las ondas más largas, empleadas hasta ahora en la radiotelegrafía práctica.

Durante la noche, incluso cuando estábamos recibiendo en St. Vincent, que está situado a 2.230 millas náuticas (4.130 Km.) de Poldhu y en los trópicos, la intensidad de la señal recibida era tan grande que ninguno de los disturbios atmosféricos que se

padecían era suficiente para interferir de ningún modo con la recepción de señales o mensajes de Poldhu.

Resumen de los resultados

Después de hacer unas pruebas preliminares en Falmouth Harbor el 11 de Abril, el "Elettra" partió para Cabo Finisterre.

Se hizo una primera serie de pruebas sin el reflector en el transmisor.

Después de rodear Cabo Finisterre se anticipaba que la tierra entre ambos haría desaparecer las señales durante el día y debilitaría considerablemente las señales nocturnas.

No se verificaron estas circunstancias esperadas.

Las señales diurnas se debilitaban según la distancia y altitud del Sol, pero se recibían perfectamente en Sevilla (a 780 millas, 1255 Km. de Poldhu) aunque se encontraba entre medio de la estación emisora y receptora prácticamente toda España, unas 300 millas (480 Km.) de terreno altamente montañoso.

Las señales por la noche eran siempre tan fuertes que parecían tan intensas como las que se recibieron en el yate mientras estuvo anclado en Falmouth Harbor a sólo 18 millas (29 Km.) de Poldhu.

Debo indicar que el yate, mientras estuvo en Sevilla, estaba amarrado en el río Guadalquivir, una situación particularmente desfavorable para la recepción de señales, ya que las orillas adyacentes del río estaban rodeadas por árboles y edificios.

En Gibraltar (820 millas, 1320 Km.), a pesar de encontrarse una mayor distancia, se observaban mejores señales durante el día, probablemente una consecuencia de que el Yate estaba anclado en un espacio más abierto, y por tanto en una posición más favorable.

También se obtuvieron resultados similares en Tánger (840 millas, 1.350 Km.) y Casablanca (970 millas, 1.560 Km.).

No creo necesario referir que las señales nocturnas han sido siempre en todos los lugares, y durante todo el crucero, extraordinariamente fuertes y se podían recibir todas las veces sin tener que usar el amplificador, con la antena desintonizada o desconectada, o sin usar el heterodino.

En Casablanca telegrafíé las instrucciones para montar el reflector en Poldhu. Desgraciadamente el montaje del reflector, en parte debido al mal tiempo que hubo, exigió más tiempo del que había previsto. Durante parte de este tiempo el "Elettra" navegó hacia Madeira, pero me vi obligado a anclar en Funchal en una posición muy poco favorable para la recepción de las señales de radio de Inglaterra, al extremo más alejado de la isla e inmediatamente detrás de las montañas de Madeira, alguna de las cuales se eleva a alturas superiores a 6.000 pies (1.830 m).

El 17 de Mayo volvieron a reanudarse las pruebas entre Poldhu y el "Elettra", pero aunque las señales nocturnas eran siempre extremadamente fuertes, considero que se han de hacer las pruebas a la luz del día en lugares no completamente apantallados por la vecindad inmediata de montañas.

Se averiguó que las señales de Poldhu se podían recibir de día a 1.250 millas (2.000 Km.) y con una potencia de transmisión de 12 kW.

El 21 de Mayo navegamos hacia St. Vincent, islas Cabo Verde, y aunque anclamos en St. Vincent en una posición parcialmente tapada por montañas, todavía era posible la recepción diurna durante unas horas después de la salida del Sol y algún tiempo antes de la puesta.

Las señales nocturnas llegaban de Poldhu siempre con una intensidad no habitual, a pesar de que nuestra distancia se había doblado prácticamente de Madeira, es decir, 3.230 millas náuticas (5.980 Km.).

En St. Vincent, al igual que en Madeira, las señales de Poldhu se podían recibir con la antena desconectada, o con el heterodino, o primer amplificador desconectado.

El Sr. Matheiu ha estimado que la intensidad de las señales nocturnas en St. Vincent era de 240 microamperios en la antena, y con esta intensidad no había ningún problema con los atmosféricos o interferencias. De hecho se llegó a temer que con esta intensidad de señal se pudiera dañar el teléfono receptor y todos los mensajes de Poldhu se recibieron con la antena desconectada o desintonizada.

En St. Vincent las señales que se recibían de la Oficina Postal de Leafield eran débiles y con frecuencia ilegibles. Di instrucciones de que todos los mensajes de radio dirigidos a mí se transmitieran por medio de nuestra estación experimental de onda corta de Poldhu. No hubo dificultad alguna para la recepción perfecta de estos mensajes.

Al decidir que no continuaría haciendo pruebas a mayores distancias, di instrucciones a Poldhu de que redujeran gradualmente la potencia del transmisor de 12 kW a 1 kW, pero incluso con esta reducción de potencia las señales que se recibían en St. Vincent todavía seguían siendo más fuertes que las necesarias para mantener un servicio comercial a esta distancia.

El Sr. Matheiu ha calculado que las señales todavía seguirían siendo legibles en St. Vincent de haber reducido Poldhu la potencia a $\frac{1}{10}$ de kW (100 W).

Podría añadir que las señales nocturnas recibidas en St. Vincent, incluso emitiendo Poldhu con 1 kW, eran mucho más fuertes que las recibidas de Carnarvon, o que las que se podían recibir en

Madeira de cualquier estación europea o americana de alta potencia.

Soy de la opinión, junto con el Sr. Matheiu, que con 12 kW de potencia en Poldhu es muy posible mantener las comunicaciones con Brasil y, probablemente, también con Argentina, en especial si se dispone de antenas más eficaces que las empleadas en el "Elettra" o, mejor aún, usando en la estación receptora un reflector adecuado.

Considero que es muy lamentable no haber podido continuar con mi intención de hacer pruebas al menos hasta Brasil, ya que se me indicó por telégrafo que se necesitaba de mi presencia en Londres de forma urgente.

De esta forma, a consecuencia de haber tenido que regresar a Londres lo más rápido posible, impidieron seguir con las pruebas necesarias para determinar el diagrama polar de señales alrededor de la estación transmisora, y por tanto no he podido averiguar el ángulo de apertura de la onda espacial alrededor del reflector.

Las señales por el día o por la noche no parecen estar sujetas a grandes fluctuaciones de intensidad, ni muestran inclinación a dar resultados extraños, como se denomina. Los resultados obtenidos siempre se han repetido a las mismas distancias bajo las mismas condiciones con respecto a la altitud del Sol. Las rápidas fluctuaciones periódicas de la intensidad de señal duran menos de un minuto y se han observado constantemente, pero creo que estas variaciones están causadas por ligeros cambios en la longitud de onda determinada por imperfecciones del montaje usado en Poldhu, y también por los movimientos y cabeceos del barco en la parte receptora.

Aunque la puesta del Sol en St. Vincent ocurría tres horas más tarde que en Poldhu, durante el periodo de las pruebas no se observó nada que indicara la existencia de los llamados periodos débiles observados bajo circunstancias similares en la recepción de radio entre Europa y Norteamérica.

Los resultados de estas pruebas han sido suficientes para convencerme que ahora es posible establecer servicios comerciales fijos a alta velocidad de día y noche entre estaciones situadas a 1.200 millas (1.930 Km.) de distancia, usando 12 kW en las estaciones transmisoras durante 6 u 8 horas de día y un kW o menos durante el resto del día.

Todavía no se ha alcanzado el límite práctico del alcance nocturno usando 12 kW en la estación emisora.

Podría ser que este límite estuviera en 4.000 millas (6.400 Km.), en 6.000 (9.600 Km.) o incluso a distancias mayores. Me he convencido que se podría mantener un buen servicio nocturno a una distancia de 2.300 millas (3.700 Km.) usando sólo un kW.

Existen muchos lugares en el mundo, como las Indias Orientales, Madeira, países en el Este y Oeste de África como Somalia, Abisinia, Nigeria, el Congo Belga, Marruecos, Senegal, Madagascar, etc. que no tienen conexión directa por cable con Europa, o que las tarifas del cable son demasiado altas. Creo que en muchos de estos países se podría instalar un servicio de radio de pago efectivo de baja potencia basado en este nuevo sistema y conectado con Inglaterra, Francia o Bélgica, incluso aunque sus horas de trabajo se limitaran a 12 o 18 de las 24.

No hay que perder de vista que no existe razón teórica alguna que impida que la velocidad de trabajo de las ondas cortas sea varias veces mayor que el límite teórico de recepción cuando se utilizan ondas largas como se hace ahora generalmente en la radiocomunicación de larga distancia.

Con relación a la comunicación a través del Atlántico con Norteamérica se han hecho pruebas y cálculos para averiguar la potencia necesaria según la distancia y qué longitud de onda permitiría mantener un servicio continuo.

No hay duda alguna que con nuestros conocimientos actuales y con estaciones con sólo 2 kW de potencia sería posible mantener diariamente de 10 a 14 horas de servicio entre Europa y Brasil, y tal vez con Argentina.

Es obvio que de haber hecho estas pruebas durante los meses de invierno, en vez del momento actual, el número de horas que se hubiera podido mantener la comunicación a larga distancia durante el día hubiera sido más considerable.

Creo que lo correcto y que debo hacer es llamar la atención al trabajo muy eficiente hecho por el Sr. C. S. Franklin y sus ayudantes en el diseño, construcción y operación de la nueva estación experimental en Poldhu en todos los aspectos que he especificado.

También mencionaré la gran ayuda que he recibido por el trabajo más valioso, investigación original y cálculos hechos, bajo difíciles circunstancias, por el Sr. G. Mathieu.

Tanto yo mismo como el Sr. Mathieu hemos recibido la inestimable ayuda del Sr. E.A. Payne, ingeniero de radio del "Elettra".

Posteriormente se presentará un informe más técnico.

12 de Junio de 1923.

El resultado más inmediato de estos experimentos fue detener inmediatamente los trabajos que se habían vuelto a emprender para la construcción de la futura Cadena Imperial de estaciones de radio británicas de larga distancia. Esta cadena debía consistir de enormes transmisores de onda larga de 1.000 kW, pero estas pruebas en onda corta indicaban que habían quedado

obsoletos incluso antes de salir de la mesa de dibujo. Marconi había encontrado un medio mucho más sencillo, fiable y económico para las comunicaciones a larga distancia, pero el Gobierno Británico, que seguía confiando en la onda larga, exigió más pruebas antes de dar un paso tan radical.

En otoño Poldhu aumentó su potencia a 17 kW y sus señales se recibían en Nueva York al anochecer. También se informó de su recepción regular en Canadá. Al año siguiente, en febrero de 1924 G. Marconi telegrafió a la AWA (Amalgamated Wireless Australasia) solicitando que construyeran un receptor para la banda de 90 metros (3,2 MHz.) e intentaran escuchar a Poldhu. La AWA construyó un receptor que constaba de dos etapas de RF sintonizadas y una etapa detectora. También tenían un amplificador de dos etapas externo para amplificar las señales de audio en caso necesario. Lo construyeron en unas noches, y el 6 de Marzo de 1924 captaron las primeras señales a las 5:30 (hora de Sidney) con una fuerza S:8. Más tarde se comprobó que los 25 metros (12 MHz.) proporcionaban mejores resultados y permitían escuchar las señales incluso de día. No era la primera vez que se recibían señales de radio en Australia directamente de Inglaterra (en Diciembre de 1917 se habían captado señales de la estación de alta potencia de Carnarvon), pero se habían necesitado 200 kW para poder captar algunas señales débiles durante unos minutos. Esas pruebas fueron suficientes para el Gobierno Británico, que en Julio de 1924 autorizó construir la Cadena Imperial en onda corta.

Franklin prosiguió con sus perfeccionamientos en el transmisor y transmitió a frecuencias superiores (60, 47 y 32 m) recibiendo informes de escucha de Montreal, Nueva York, Río de Janeiro, Buenos Aires y Sydney (Canadá) incluso de día. Su trabajo sería desarrollar un transmisor y sistemas de antenas direccionales comerciales que pudieran emitir a diversas longitudes de onda destinadas a la Cadena Imperial. En el listado de estaciones de onda corta de 1926 aparece Poldhu (2YT) con las frecuencias de 3.190, 4.997, 9.369 y 11.993 kHz. En 1927 se inauguró la Cadena Imperial con todos los avances que se habían hecho en Poldhu.

En 1934, después de haberse probado en Poldhu una notable serie de trabajos con antenas, alimentadores y circuitos electrónicos que se aplicaron con éxito en la onda corta, la Compañía Marconi acuciada por la crisis financiera causada por la depresión mundial, decidió que Poldhu no justificaba los gastos como centro de investigación y cerró la estación. Trasladó el centro de Investigación y Desarrollo a sus oficinas en Chemlmsford y abandonó completamente a Poldhu.

En 1937 se desmanteló la estación y se recogieron los equipos. Se derribaron los edificios y con los cascotes se rellenó el estanque de agua. El sitio se donó al National Trust, que levantó un monumento. En 1951, en la celebración del 50 aniversario del salto trasatlántico se reunieron en Poldhu algunos trabajadores veteranos de la estación, que se fotografiaron junto al

monumento. **(Fig. 19)** Actualmente el Radio Club Poldhu tiene una caseta en ese lugar con una estación de aficionado, que sale regularmente al aire.



Fig. 19.- Trabajadores veteranos de Marconi junto al monumento a la estación de Poldhu en 1951 durante el 50 aniversario de la primera recepción trasatlántica.

CAPE COD

Si hay una estación que merece pasar a la historia como la Estación de la Mala Suerte esta es sin duda la estación Marconi de Cape Cod. Se diseñó y construyó para ser la estación gemela de Poldhu, el terminal americano del enlace trasatlántico. Tenía que formar parte del “Gran Experimento” de Marconi sobre el salto Atlántico, pero por muy escaso margen no llegó a compartir la gloria. A lo largo de su vida se repitieron muchas veces circunstancias parecidas, y mientras Poldhu se convertía en la estación estrella de la compañía Marconi, ocupando en infinidad de ocasiones las primeras páginas de los periódicos, y escribiendo gloriosas páginas en la Historia de la radio, Cape Cod fue siempre su Cenicienta, y al igual que el famoso cuento, también tuvo su momento de esplendor que duró el instante justo para entrar en la historia, y regresar de nuevo a su condición más humilde. Incluso desde antes de comenzar su construcción, cuando no era más que una idea en la mente, sufrió numerosos tropiezos inoportunos que le apartaron siempre de los puestos importantes.

La historia de Cape Cod comienza con la intención de Marconi de establecer un enlace trasatlántico. Para ello seleccionó Poldhu (Inglaterra) como lugar de construcción de la estación en el lado europeo. A finales de Febrero de 1900, cuando la construcción de Poldhu avanzaba a buena marcha, G. Marconi y R. N. Vyvyan se desplazaron a los EE.UU. para seleccionar el lugar más idóneo de la terminal en el lado americano. Consultando los mapas habían elegido la península de Cape Cod por ser el punto más oriental de los EE.UU. Sólo faltaba inspeccionar la zona para elegir el sitio más adecuado. No tardaron en comenzar los problemas que jalonan toda la historia de la estación.

En la península de Cape Cod hay varias poblaciones, las más importantes son Bourne, Falmouth, Mashpee, Sandwich, Barnstable, Dennis, Yarmouth, Brewster, Chatham, Eastham, Harwich, Orleans, Provincetown, Truro, y Wellfleet. (**Fig. 20a y b**) Marconi se puso en contacto con un habitante y buen conocedor de la península, Edward Cook, un comerciante y responsable del salvamento de los buques que naufragaban en sus aguas. Recorrieron parte de la península buscando el lugar más adecuado. Localizaron un lugar adecuado en Barnstable y otro en Truro, pero los habitantes de la zona, recelando de él (un científico extranjero que buscaba un lugar para construir algo en secreto) se negaron a venderle ni el menor trozo de terreno. Finalmente fue el propio Ed Cook quien le vendió ocho acres (3,2 Ha) de su propiedad de terreno arenoso, con dunas, lleno de maleza y sin valor alguno, por 250 dólares cerca de Wellfleet. Era una especie de terraza llena de dunas a 18 m de altura sobre el mar desde la que se veía el puerto de

Wellfleet. Fue algo parecido a *esto es lo que hay, lo tomas o lo dejas*. Naturalmente hubo que tomarlo. El tiempo se encargó de demostrar las malas condiciones del lugar. En Marzo de 1901 se firmó el contrato de compra del terreno y Marconi partió hacia Inglaterra dejando a Vyvyan encargado de la construcción de la estación.



Fig. 20 a y b.- Mapa de los EE.UU. mostrando la localización de South Wellfleet y fotografía de satélite.

COMIENZA LA CONSTRUCCIÓN

No tardaron en llegar los materiales a la estación de ferrocarril. Para el transporte se contrataron carretas tiradas por caballos. Los inexistentes caminos, las colinas arenosas y las pendientes pedregosas hicieron muy duro el transporte. Se tuvo que construir un camino que recibió el nombre de “Wireless Road”. La comida la suministraba un hotel de la población (**Fig. 21a y b**)

La estación se comenzó a construir siguiendo los mismos planos que Poldhu, pero aprovechando los materiales de la zona. Eso hizo que el diseño del transmisor fuera ligeramente diferente al de Poldhu. En Abril se comenzaron a construir los edificios, uno para la estación, con un cuarto anexo para el generador, un chalet para los operarios de la estación y una caseta para el bombeo del agua. No tardaron en aparecer problemas. La antena seguía el mismo diseño que Poldhu, veinte mástiles de 61 m de altura formando un círculo de 61 m de diámetro y situado a 50 m del borde del acantilado. En Junio la antena estaba muy avanzada y mostraba claramente su diseño defectuoso (**Fig. 22a y b**). Vyvyan escribió en su obra ‘*Treinta Años de Radio*’:

“...Yo veía claramente que el sistema de mástiles no era seguro. En Agosto, bajo la influencia de una suave brisa, los mástiles de sotavento se combaban de forma peligrosa, y lo puse en conocimiento de la Oficina de Londres solicitando permiso para bajar los mástiles reales por razones de seguridad...”

Esta carta se encuentra actualmente en los Archivos Marconi de Londres, con fecha 2 de Junio de 1901. En ella informa del satisfactorio progreso de las obras, advierte que el sople más ligero de brisa retorció peligrosamente la antena y solicita permiso para rebajar la altura de los mástiles. Además se había informado de los habitantes sobre las duras condiciones invernales y había tomado ciertas precauciones, también los propios habitantes le advirtieron que el sistema de mástiles no aguantaría los vientos de la zona. La construcción de la estación atrajo la atención de la gente, que acudían en gran número y se colaban por todos los sitios. Vyvyan solicitó la ayuda del alguacil, pero resultó insuficiente y acabó tendiendo una cerca alrededor de la estación. De Londres le contestaban sin cesar que prosiguiera con la construcción de la antena siguiendo los planes previstos. En Agosto volvió a informar a la Oficina de Londres que la antena no aguantaría mucho tiempo. La caída de la antena de Poldhu en Septiembre confirmó todos sus temores, pero ya era demasiado tarde para modificarlo. En Poldhu se construyó una antena temporal y se hicieron pruebas contactando con otras estaciones Marconi de Inglaterra e Irlanda. Marconi no confiaba que la antena temporal fuera tan eficaz como el diseño original y era de la opinión que había que hacer el “Gran Experimento” (la “Cosa Grande”, como la

llamaba él) a una distancia menor, por esta razón decidió trasladarse a San Juan de Terranova para montar una estación temporal de recepción. La estación de Cape Cod no formaría parte del experimento y perdió un lugar de honor en la Historia. Mientras se estaban haciendo los preparativos para el viaje a Terranova la antena de Cape Cod se vino abajo. El sino de fatalidad que siempre acompañó a esta estación quiso que la antena cayera encima de los edificios causando graves daños que estuvieron cerca de costarle la vida al propio Vyvyan. En los instantes que Marconi estaba recibiendo en Terranova la primera señal de radio trasatlántica, en Cape Cod se estaban limpiando los escombros causados por los enormes destrozos. Después siguieron los honores y reconocimientos a Marconi. Los nombres de Poldhu y San Juan de Terranova eran portada en todos los periódicos, Cape Cod apenas mereció algunas líneas como futuro proyecto de Marconi. A mediados de Enero un exultante Marconi llegó a Cape Cod en olor de multitud. Allí se encontró con Vyvyan y examinó los destrozos de la estación. En aquellos momentos tenía una oferta seria del Gobierno de Canadá para la construcción de una estación de alta potencia en Glace Bay (Cabo Bretón). Marconi regresó a Inglaterra el 22 de Enero de 1902 llevándose a Vyvyan, uno de sus mejores ingenieros. C. H. Taylor continuaría la construcción de la estación en Cape Cod. Estaba claro que la Compañía Marconi iba a concentrar sus mejores recursos en la construcción de la estación de Glace Bay, un lugar más cercano a Poldhu que Cape Cod.

En Febrero de 1902 se comenzó a construir una antena similar a la nueva que se estaba construyendo en Poldhu (**Fig. 23a y b**), cuatro torres de madera de 64 m de altura formando un cuadrado de 60 m de lado. Las torres tenían una sección en la base de $2,2 \text{ m}^2$ y acababan con una sección de $0,9 \text{ m}^2$. Se apoyaban en una base de cemento y se sujetaban con doce vientos de acero. Los vientos se anclaban en unas cruces de madera de 30 x 30 cm enterradas a 2,5 m. de profundidad en la arena. En los vientos había aisladores hechos con poleas de barco, manguitos de madera y sogas de manila empapadas con azufre. La antena eran 200 hilos que descendían de unos hilos que corrían por la parte superior de las torres y se unían en el centro, tomando la forma de un enorme cono invertido de sección cuadrada. El transmisor consistía en un generador de CA de 2.200 V a 60 Hz. Un motor de queroseno de 42 CV movía al generador principal y a un generador auxiliar de 110 V CC que cargaba unas baterías y se empleaba para el alumbrado y la bomba de agua. La tensión de 2.200 V se elevaba por medio de un transformador hasta 20.000 V y se aplicaba al chispero. Las informaciones que se han recopilado sobre el chispero indican que se trataba de un chispero rotativo (**Fig. 24**), sin embargo Marconi no empleó los chisperos rotativos hasta mediados de 1903. Es muy posible que el primer transmisor de Cape Cod fuera similar al que había en aquellos momentos en Poldhu, un chispero fijo refrigerado por una fuerte corriente de aire. Esta falta de información

viene originada por el secreto que se mantenía en aquellos momentos. John I. Waterbury, delegado de los EE.UU. en la Conferencia de Radiotelegrafía de 1903 dijo sobre este tema:

“Para conseguir los alcances extremos que obtiene Marconi, ha sido necesario erigir enormes jaulas de hilos en Poldhu, Glace Bay y Cape Cod, que han aparecido en las ilustraciones de algunos periódicos. Se ha dicho que se usan aparatos de 150 caballos de potencia; pero la Compañía Marconi naturalmente celosa de sus intereses comerciales no da a conocer los métodos exactos que emplean, sólo lo saben los expertos de la compañía.”

En el periódico *World's Work* de Marzo de 1903 se incluye una entrevista a Marconi junto con una de las escasas demostraciones públicas de funcionamiento de su estación. (**Fig. 25**) El periodista, Lawrence Perry se encontraba una madrugada en la puerta de la estación y al observar que salía Marconi se le acercó:

“No puede imaginarse un lugar más triste que la estación de Marconi en South Wellfleet.... No deja ver [Marconi] a sus visitantes sus invenciones en funcionamiento. Cuando solicité verle enviar y recibir un mensaje pareció vacilar, pero respondió enseguida.

Venga –dijo.

Caminando a lo largo del camino bajo las grandes torres, informó que desde el hilo horizontal que corre entre las torres norte cuelgan un número de hilos que convergen hacia la mitad con una forma semejante a la de un arpa gigantesca.

Estos hilos emiten y reciben las ondas del éter –dijo Marconi. Puede ver que hay cincuenta por lado que envían y reciben las ondas. Antes solía pensar que se necesitaban grandes alturas, ahora he descubierto que cuanto más hilos hay menos altura se necesita. Estos cincuenta se unen con el hilo que entra en el transmisor. Venga adentro.

Abrió la puerta y los visitantes entraron en la habitación donde pocos han entrado. El centro de este sitio está lleno de grandes cajas metálicas similares a botellas de Leyden; hacia la parte Este se encuentra el detector magnético que ha sustituido al cohesor para la recepción de mensajes. Hacia la parte Sur se encuentran las bobinas y unos grandes tanques de cinc llenos de aceite... En el suelo de cemento hay esterillas de caucho y las paredes y el falso techo son de madera....

Todo listo –gritó el electricista que permanecía en la sala del generador mirando al inventor a través de un largo pasillo. Se empujó una palanca y un suave zumbido llenó la habitación. El voltímetro comenzó a girar más allá de los números del dial.

Ahora voy a emitir a Poldhu –pulsó el manipulador.

Surgió un fognazo cegador de luz azulada, a cada movimiento del manipulador saltaban grandes chispas de dos pulgadas entre los dos extremos plateados de la bobina de inducción.... Con el relámpago cegador que acompañaba a cada movimiento del manipulador le seguía lo que podemos comparar correctamente con el ruido que acompaña a la descarga de un rifle Krag-Jogerson. Era terrible, la luz, el ruido, y en medio de todo ello el inventor pulsaba tranquilamente el manipulador haciendo más ruido y más luz: Imaginen una compañía de infantería haciendo fuego a discreción en un túnel y podrán comprender el sonido que acompaña a la emisión de un mensaje. Marconi, que lleva tapones de algodón en los oídos, está haciendo experimentos para amortiguar este ruido.... Muy diferente es el proceso de recepción.... Puso en movimiento el detector magnético. No se escuchaba ningún sonido al principio, y mientras estábamos esperando Marconi señaló el receptor. Podemos captar las oscilaciones que llegan de Cabo Bretón. Señaló al hilo que pasaba entre las dos ruedas del detector. Este hilo es de hierro blando, aislado, por el que pasan las tenues corrientes alternas. Las ondas del éter modifican estas corrientes lo suficiente para causar un punto o una raya... poniendo un receptor en el oído podíamos escuchar perfectamente el b-r-r-r de la bobina de inducción a cientos de millas de distancia....”

En este artículo podemos ver una descripción de la primera estación de Cape Cod por un periodista que posee escasos o más bien nulos conocimientos técnicos, pero en la descripción de la estación no aparece en ningún momento un chispero rotativo, sino uno fijo, y su descripción cuadra bastante bien con el segundo transmisor de la estación de Poldhu.



Fig. 21a y b.- Un momento del transporte durante la construcción. Los caminos eran duros lo que dificultaba el transporte del material pesado. A la derecha el camino de acceso conocido como “Wireless Road”.

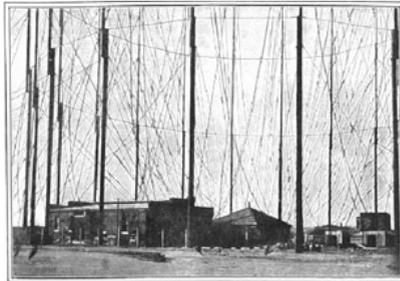
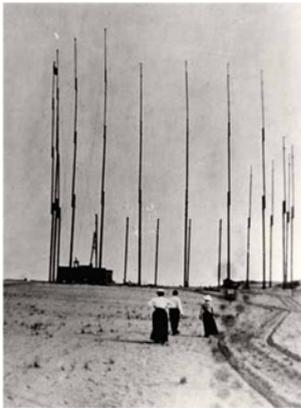


Fig. 22a y b.- La antena circular en construcción (mediados de 1901) Los mástiles se sujetaban entre sí, y cada uno con un viento dirigido radialmente hacia el exterior. La construcción era estructuralmente inestable.

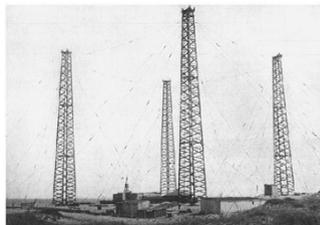


Fig. 23a y b.- La antena de Cape Cod en su inauguración (1903).

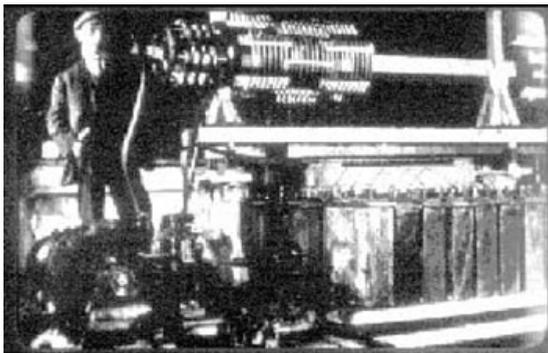


Fig. 24.- Fotografía del transmisor y primer chispero rotativo (parte inferior izquierda) a mediados de 1903.

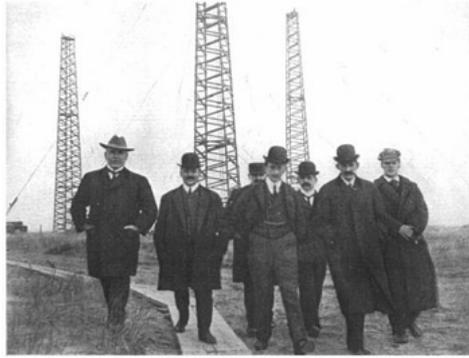


Fig. 25.- Marconi (delante en el centro) y sus socios de la Compañía American Marconi saliendo de la estación de Cape Cod (principios de 1903).

LA FAMA POR UN DÍA

A finales de 1902 la estación de Cape Cod comenzó a hacer sus pruebas de transmisión y ajuste con Glace Bay en 200 kHz (1.500 m) usando el indicativo CC (Cape Cod). La noche del 18 de Enero de 1903 la estación de Cape Cod tuvo su momento de gloria y esplendor. Marconi se acercó con un telegrama del Presidente Roosevelt para el Rey de Inglaterra. Se trataba de un saludo protocolario por la inauguración de la estación, como había hecho en Glace Bay el 16 de Diciembre de 1902 entre el Gobernador de Canadá, Lord Minto y el Rey Eduardo VII. Cape Cod no había podido contactar durante las pruebas preliminares con Poldhu y se había previsto que Glace Bay actuara de estación puente con Inglaterra. La sorpresa fue mayúscula cuando recibieron el acuse de recibo directamente de Poldhu. Cape Cod había enviado un mensaje a 4.800 Km. de distancia, todo un récord. Al día siguiente llegó el mensaje de respuesta del Rey Eduardo VII por cable a la estación de ferrocarril de South Wellfleet. La explicación oficial es que la respuesta del Rey llegó a la estación telegráfica de Mullion en domingo, y al estar cerrada se envió por cable a South Wellfleet. Esto hizo disparar los rumores sobre la forma en la que se había transmitido el primer mensaje, que si lo habían pasado de un barco a otro hasta llegar a Inglaterra, etc.

Este fue el primer contacto por radio entre EE.UU. y Europa. El mensaje del Presidente decía:

“Aprovechando el maravilloso triunfo de la investigación científica y del ingenio que ha permitido perfeccionar un sistema de telegrafía sin hilos, en nombre del Pueblo Americano le extiende el más cordial saludo y deseos de buena voluntad a Ud. y a todo el Pueblo del Imperio Británico”

Theodore Roosevelt

Wellfleet, Massachusetts, 19 Enero 1903.

Al día siguiente llegó la respuesta del Rey Eduardo VII:

“Sandrinham, 19 de Enero de 1903

Presidente

Casa Blanca, Washington, América

Le agradezco sinceramente el mensaje que acabo de recibir por medio de la telegrafía trasatlántica de Marconi. Sinceramente le envío en nombre del Imperio Británico un cordial saludo y sentimiento de amistad para la Nación Americana y la más calurosa prosperidad para su país.

EDWARD R and I “

En los meses siguientes se observó que los contactos con Poldhu eran más bien esporádicos. Se hicieron reformas, la más importante fue la instalación de un chispero rotativo de 90 cm de diámetro girando a 2.100 r.p.m., fue la primera estación que empleó un chispero rotativo de ese tamaño y potencia y se aumentó la alta tensión de 20.000 a 25.000 V alcanzando los 35 kW de potencia. A pesar de dirigir una fuerte corriente de aire para refrigerar el chispero había que parar el transmisor tras cierto tiempo. El ciclo de funcionamiento era 45 minutos de transmisión y 15 minutos de enfriamiento. Se comenta que cuando transmitía se podía escuchar el ruido del chispero de 5 a 6 Km. a favor del viento. Para reducir el ruido ensordecedor Marconi encerró el chispero en una habitación. El operador podía vigilar el chispero a través de una ventana de vidrio grueso. Pero a pesar de estas modificaciones la estación no resultó práctica para el trabajo trasatlántico. Glace Bay comenzó el trabajo comercial trasatlántico a finales de Marzo de 1903. Marconi firmó un contrato con el representante del *London Times* en Nueva York para enviar las crónicas por medio de la estación de Cape Cod, sin embargo tenía que servirse frecuentemente de Glace Bay para retransmitir los mensajes a Poldhu. Entre Poldhu y Cape Cod no se llegaron a intercambiar más que unos pocos breves mensajes. El 6 de Abril las antenas de Glace Bay quedaron seriamente dañadas por el hielo acumulado y tuvo que cesar sus transmisiones. El servicio trasatlántico cerró ya que Cape Cod era incapaz de mantener el enlace con Poldhu.

La prensa (*The World's Work*) comentó sobre el servicio de radio-telegrafía trasatlántico:

“En Enero de 1903, la estación de Cape Cod envió un agradecimiento del Presidente Roosevelt al Rey de Inglaterra. De tanto en tanto, a partir de ese día, se han intercambiado breves mensajes. El inventor ha trabajado duro, intentando resolver los problemas de su mecanismo, intentando hacer diariamente de esta maravilla científica una máquina comercial. Las dificultades son inmensas. Los problemas obvios, para imaginarlos son los siguientes: primero, el mensaje por radio, una vez lanzado, parece correr por todo el mundo; segundo, la chispa necesaria para esta transmisión es tan enormemente potente que la planta, queda sacudida, rota y arruinada a las pocas horas de servicio. Estos son los problemas que han de solucionar.”

LA ESTACIÓN COSTERA

Mientras se arreglaban las antenas de Glace Bay, se empleó a Poldhu en el circuito comercial europeo, pero Marconi carecía en EE.UU. de un circuito comercial a excepción de unas pocas estaciones costeras ocupadas con los barcos. Cape Cod pasó a ser la principal estación costera de los EE.UU. Se llevaron líneas telegráficas a la estación, y se sustituyó el pesado manipulador de mango largo de madera por un manipulador normal y relés. Esto permitió habilitar una habitación en el chalet donde los operadores podían trabajar más cómodos. Se añadió una perforadora de cintas y un lector de cintas perforadas Profolever. La velocidad media de transmisión era de unas 15 ppm. El personal a cargo de la estación era un director, un ingeniero jefe, un ayudante de ingeniero y tres operadores que vivían en el chalet. (Fig. 26a y b) Una mujer de Wellfleet se encargaba de hacer la comida y la limpieza. En Febrero de 1905 apareció por primera vez a bordo de los buques trasatlánticos de la línea Cunard el *Daily Bulletin*, un boletín de noticias de 200 palabras recibidas directamente desde Poldhu y Cape Cod. Los buques recibían sin problemas a Poldhu hasta una distancia de 2.700 Km. y Cape Cod hasta una distancia de 2.500 Km. En Octubre de 1906 comenzaron las emisiones del *Diario Trasatlántico de Noticias* para todos los buques.



Fig. 26a y b.- Izquierda el chalet residencial de Cape Cod. En este chalet vivía el equipo de la estación. Derecha el taller de la estación.

Las noticias se emitían diariamente desde las estaciones de Poldhu y Cape Cod. Las emisiones se hacían todas las noches a las 2:00 h y se repetían a las 3:00 h. Se trataba de mensajes de unas 500 palabras que constaban principalmente de noticias y cotizaciones de Bolsa. En el capítulo de la estación de Poldhu puede verse una cita del libro *The Wireless Man* (El Radiotelegrafista) escrito en 1912 por Francis A. Collins y que cita el trabajo que hacían Poldhu y Cape Cod.

En la siguiente página se incluye una edición del *Diario Atlántico de Noticias* de Mayo de 1906.

S. S. "Hamburg"	No. 7	Martes, 6 de Noviembre de 1906
<p style="text-align: center;">Noticias Radiotelegráficas</p> <p>recibidas por Marconigramas especiales directamente desde Cape Cod.</p> <p style="text-align: center;">Gran Hambruna en la China.</p> <p>SHANGHAI, 5 de Nov. De acuerdo con los informes recibidos desde las misiones que han visitado recientemente la parte central de China hay cerca de 10.000.000 de chinos en inanición por el hambre.</p> <p style="text-align: center;">Presupuestos de Francia 1907.</p> <p>PARIS, 5 de Nov. Han causado una considerable atención en toda Francia el anuncio del Ministro de Finanzas, el próximo presupuesto para 1.907 que muestra un déficit de 175.000.000 francos. Ha causado una gran sorpresa en Europa el gran aumento del déficit.</p> <p style="text-align: center;">Roosevelt regresa de caza.</p> <p>WASHINGTON, 5 de Nov. El Presidente ha regresado a la Casa Blanca desde Virginia donde ha estado cazando. En su zurrón había un pavo salvaje.</p>	<p style="text-align: center;">Reunión de la Central de Ferrocarriles de Illinois.</p> <p>NUEVA YORK, 5 de Nov. Se ha sabido de fuentes autorizadas que el Sr. Stuyvesant Fish no aceptará el control de la elección del Presidente de la Centras de Ferrocarriles de Illinois. La Junta de Directores se reunirá el Miércoles próximo según ha declarado confidencialmente el Sr. Harriman desea marcharse. Se ha establecido en círculos financieros y del ferrocarril que Stuyvesand Fish incitará a una respuesta vigorosa por el propietario del control en la reunión de accionistas del próximo año. La opinión general es que el vice presidente Hamahan será elegido con toda probabilidad Presidente de los ferrocarriles.</p> <p style="text-align: center;">Pronóstico del Tiempo para el día de elecciones.</p> <p>WASHINGTON, 5 de Nov. La Oficina del Tiempo ha publicado la siguiente previsión del tiempo. Se experimentara buen tiempo en general durante el día de elecciones en la mitad Este del Estado, también en los estados del Medio Oeste y del Sur Oeste. En la caída del día en algunas partes del Oeste.</p> <p style="text-align: center;">Caso Thaw de asesinato.</p> <p>NUEVA YORK, 5 de Nov. Se cree que la prueba de Harry K. Thaw para el asesinato de Stanford White,</p>	<p>podría no tener lugar hasta el 1 de Enero. — Thaw que ahora está encerrado en "Tomb" desea que comience la investigación lo antes posible.</p> <p style="text-align: center;">Tiempo en Nueva York.</p> <p>NUEVA YORK, 5 de Nov. Se espera buen tiempo y temperaturas moderadas. El pronóstico para el Jueves es que refrescará. Habrá vientos variables del Norte.</p> <p style="text-align: center;">Noticias Locales.</p> <p style="text-align: center;">Estación Marconi.</p> <p>Mañana se espera comunicar con la estación costera americana de Siasconset, Mass. — Los pasajeros que deseen enviar telegramas lo tendrán a su disposición después de la medianoche de mañana.</p> <p style="text-align: center;">Recuerdos.</p> <p>Los pasajeros que deseen adquirir algún recuerdo del "Hamburg" tendrán a su disposición un amplio surtido a bordo a cargo del Segundo Administrador y en la Barbería.</p> <p style="text-align: center;">Concierto.</p> <p>Debido a la inclemencia del tiempo se ha pospuesto el Concierto hasta mañana por la noche.</p>

No tardaría mucho en aparecer otro problema mucho más grave y que ponía en peligro la continuidad de la propia estación. La estación se elevaba en un acantilado arenoso a merced de los embates de las olas, que iban erosionando las paredes. En 1906 los ingenieros advirtieron a la Oficina de Londres que la erosión del acantilado se acercaba a las torres y ponía en peligro la estación. Con total seguridad que esto frenó muchas acciones que se pensaban tomar con respecto a la estación, entre ellas una renovación de la antena, que se quedó en la construcción de un mástil en el centro de las cuatro torres para sujetar algunos hilos como carga capacitiva (**Fig. 27**), pero al no suponer una mejora apreciable en el rendimiento se desmontó en 1910 (**Fig. 28**). La estación continuó hasta el fin de sus días como principal estación costera para los barcos. Era la primera estación americana que se escuchaba mientras se atravesaba el Atlántico. En 1908 cambió su indicativo por el de MCC (Marconi Cape Cod) y en 1911, con la entrada en vigor del reglamento de la radiotelegrafía en los EE.UU. por el que todas sus estaciones en la costa Este pasaban a tener el prefijo “W” el indicativo de la estación se convirtió en “WCC”.

En Marzo de 1912 la principal compañía de radio en los EE.UU., United Wireless, era procesada por el Gobierno por negocios fraudulentos (campanas de venta de acciones sin valor alguno) y la Compañía Marconi la llevó ante los tribunales por plagio de patentes. El resultado de las investigaciones indicó que United Wireless era una compañía sin valor alguno y que no podía afrontar los cargos que presentaba Marconi en su contra. Marconi se quedó con unas 500 estaciones en barcos y 70 estaciones en tierra, la mayoría inservibles o de dudoso valor, que había construido United Wireless principalmente para promocionar la venta de acciones. Con esto la Compañía Marconi pasaba a ser la principal compañía de radio en América.

En 1912 una vez más la gloria pasó rozando a Cape Cod. La noche del 15 de Abril de 1912 la estación de Cape Race (en Terranova) estaba ocupada con el tráfico que le pasaban los dos operadores de radio del Titanic, Jack Phillips y Harold Bride. El operador del Carpathia, Harold Cottam, estaba esperando que terminara el Titanic para captar las noticias de la estación de Cape Cod. Al terminar las noticias, la estación de Cape Cod cesó sus transmisiones y cerró. Apenas unos minutos más tarde llegó la terrible noticia: El Titanic había chocado con un iceberg y se estaba hundiendo. Fueron otras estaciones las que captaron la llamada de socorro del Titanic. Una de las primeras estaciones en tierra en recibir la llamada de socorro fue la estación de Cape Race, en Terranova. En los EE.UU. las estaciones que se llevaron la fama por la tragedia del Titanic fueron las estaciones Marconi que habían montado unos grandes almacenes (Almacenes Wanamaker) de Nueva York y Filadelfia tras un amplio escaparaté con fines publicitarios para el gran almacén. El director de la estación Wanamaker en Nueva York era David

Sarnoff, que más tarde llegó a ser Presidente de la RCA, y el director de la estación de Filadelfia era Thomas Appelby, que más tarde escribió un libro de sus memorias como operador de radio. El grupo periodístico Hearst Corporation se precipitó a la estación de los Almacenes Wanamaker de Nueva York para recoger información. En los días siguientes los periódicos presentaron a la estación Wanamaker de Nueva York como la estación que había captado la primera llamada de auxilio del Titanic y a David Sarnoff como la persona que había organizado el rescate, todo acompañado con numerosas fábulas que realzaron su figura. Incluso hoy día alguna publicación afirma que David Sarnoff era el operador de radio del Titanic. Nada más lejos de la verdad. Sarnoff se limitó a captar las informaciones que llegaban por medio de las ondas y las pasaba a los ávidos periodistas que las publicaban inmediatamente.

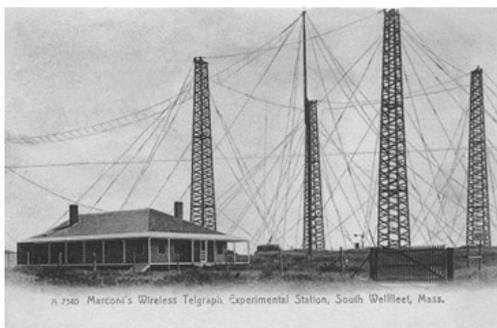


Fig. 27.- Esta fotografía muestra la complejidad de la antena. El mástil central se desmontó en 1910.

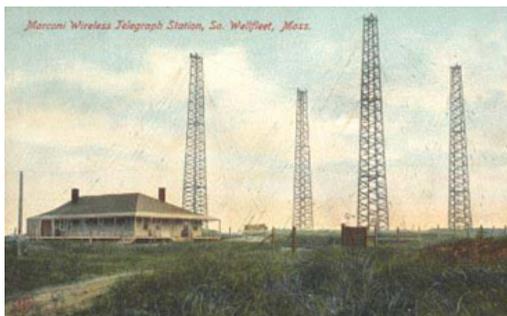


Fig. 28.- Postal en color de la Estación Marconi de WellFleet hacia 1910. El mástil central ya se había desmontado.

LA I GUERRA MUNDIAL

El estallido de la I Guerra Mundial en Agosto de 1914 tuvo un efecto inmediato en los EE.UU. Al principio los EE.UU. decidieron mantener una estricta neutralidad. El Presidente Woodrow Wilson dictó una proclamación de neutralidad relacionada directamente con la radio, y su cumplimiento recaía en el Secretario de la Navy, Josephus Daniels. Esta proclamación prohibía a todas las estaciones de radio bajo jurisdicción de los EE.UU. transmitir o recibir mensajes de naturaleza no neutral ni que prestaran bajo ningún concepto un servicio no neutral a los beligerantes. Para reforzar el cumplimiento de esta ley se enviaron censores a todas las estaciones, incluida Cape Cod en South Wellfleet. Todas las compañías operadoras, excepto la Compañía Marconi, aceptaron las condiciones impuestas. El presidente de la Compañía Marconi de América, John Griggs, envió varias cartas al Secretario de la Navy cuestionando la validez de la censura iniciando una agria correspondencia entre la Compañía Marconi y la Navy. El 2 de Septiembre de 1914 la estación Marconi de Siasconsett aceptó y transmitió, sin informar al censor, un mensaje del crucero británico HMS *Suffolk* dirigido a terceras personas. El Departamento Naval consideró que este hecho era un acto no neutral y el 24 de Septiembre de 1914 el Departamento Naval ordenó el cierre de la estación de Siasconsett. El 1 de Enero de 1915 el Gobierno de los EE.UU. ordenó que todo el tráfico con los barcos de los países beligerantes se hiciera por medio de la estación de Tuckerton (Nueva Jersey). El resto de estaciones, entre la que se incluía la estación de Cape Cod pudieron continuar sus operaciones bajo el férreo control de la Marina. Más grave fue el incidente de la estación alemana de Telefunken en Sayville. Esta estación emitió y recibió mensajes en clave para los submarinos alemanes indicando los objetivos que debían torpedear. Esto precipitó los acontecimientos, y las Fuerzas Navales enviaron contingentes de soldados para establecer el control de la Marina. El director de la estación de Cape Cod era en esos momentos Irving Vermilya (W1ZE), que después de la guerra narró en la revista *QST* la llegada de los soldados para el control naval de la estación.

“Se declaró la guerra; El Alférez Oh Bah! me llamó y me dijo “Eres el Oficial al mando de South Wellfleet; eres el Jefe Electricista de Radio. La Marina te necesita.” “¡Muy bien!, aquí es donde podré aprender y adquirir experiencia.” El día siguiente era domingo, llegaron seis marinos y un cabo, todos con un gran rifle sobre sus hombros y listos para la acción. Era una imagen impresionante verlos marchar al paso, “Seguro que este será un gran sitio; estaré con ellos tres años. Ahora soy de la compañía.”...

El 6 de Abril de 1917 los EE.UU. entraron oficialmente en la guerra y se cerraron todas las estaciones de radio no necesarias para el Gobierno de los EE.UU. El Gobierno se reservó una cadena formada por 53 estaciones que consideró necesarias, la mayoría de la Compañía Marconi. Entre las estaciones no necesarias se encontraba Cape Cod. Para entonces la estación de Cape Cod se había quedado obsoleta. Las estaciones de chispero rotativo de alta potencia se habían quedado anticuadas y estaban desapareciendo a pasos agigantados, estaban ganando el terreno los transmisores de arco de Poulsen y los alternadores de alta frecuencia. Marconi había perdido la carrera por el alternador y se veía obligado a seguir aferrado a los chisperos rotativos que había perfeccionado hasta el límite de sus posibilidades (el transmisor de chispa temporizada de 100 kW de la estación de Carnarvon es el máximo exponente de una tecnología ya en vías de extinción en aquellos momentos)

Una vez acabada la guerra, la Marina, que tenía el control de prácticamente todas las estaciones de radio de los EE.UU. (había unas pocas en manos del ejército) vio que era el momento oportuno para que el Gobierno se hiciera con el control de toda la radio del país y el Secretario Daniells acudió al Congreso para que aprobaran la expropiación de las estaciones. Se rechazó el proyecto, pero el Secretario Naval intentó mover los hilos en la sombra para lograr su cometido y ganar el control de la radio para la Marina; empezó a dar largas a los propietarios de las estaciones que reclamaban su devolución. Finalmente volvió el caso al Congreso, donde el congresista Edmons de Pennsylvania le reprochó ásperamente:

“Después de que este comité rechazara dar el visto bueno a un proyecto de ley para adquirir aparatos de radio, Ud. utilizó el dinero del Gobierno para adquirir los aparatos de radio y hacerse con los sistemas comerciales sin el consentimiento del Gobierno.”

(Historia de las Comunicaciones y la Electrónica en las Fuerzas Navales de los EE.UU. de L. S. Howeth)

(En el capítulo de New Brunswick se profundiza más en los motivos de esta acción y que llevó a la creación de la RCA.)

El 16 de Enero de 1919 se dio carpetazo al proyecto, y tras las alegaciones pertinentes, el 11 de Julio de 1919 el Presidente aprobaba la devolución de las estaciones a sus propietarios, que se hizo efectivo el 1 de Marzo de 1920. Pero esto llegaba tarde para la estación de Cape Cod. La erosión del acantilado había avanzado más de lo previsto y estaba llegando a los pies de las dos torres más cercanas. (**Fig. 29**) La estación se había quedado obsoleta, las torres amenazaban con derrumbarse y la radio había cambiado completamente en los años de guerra. La estación fue desmantelada, los edificios derribados, y se recogieron los materiales útiles. El resto

acabó abandonado o vendido como chatarra. El lugar permaneció abandonado sirviendo como campo de tiro y entrenamiento del ejército.

En 1961 se hizo cargo del sitio el Servicio Nacional de Parques. Se denominó al lugar “Marconi Station”, y la playa cercana “Marconi Beach”. La Wellfleet Historical Society ha construido un refugio donde se expone una maqueta de la estación tal como era en 1903, una placa conmemorativa del mensaje enviado al Rey de Inglaterra en Enero de 1903 y un busto de Marconi. Prácticamente no queda ningún resto de la estación, sólo algún anclaje desenterrado de las torres. La erosión sigue avanzando devorando inexorablemente los escasos restos. (**Fig. 30, 31a y b, 32a y b**)



Fig. 29.- Aspecto de la estación en 1917. La estación estaba cerrada a causa de la I Guerra Mundial, y la erosión se acercaba peligrosamente a las dos torres Este.



Fig. 30.- Aspecto actual de Marconi Beach en Cape Cod.



Fig. 31a y b.- La Wellfleet Historical Society se ha hecho cargo del lugar y ha construido un monumento a Marconi y una maqueta de la estación.



Fig. 32a y b.- Diversas instantáneas de los recuerdos de la estación de Marconi.

GLACE BAY

La estación de Glace Bay fue durante muchos años la estación estrella de la Compañía Marconi en América. Le dedicaron los mejores recursos que disponían. Se la consideró durante mucho tiempo como la mejor y más avanzada estación de radio del mundo. Es difícil seguir la evolución detallada de la estación, durante los primeros años fue más bien una estación experimental con constantes modificaciones, además el secreto que mantenía la compañía en esos primeros años con sus estaciones de alta potencia dificultan su investigación histórica. Muy poca gente ajena a la Compañía Marconi pudo entrar en la estación en su primera época. Los detalles que aparecen en este trabajo son los que se han podido comprobar como ciertos. Se renovó en numerosas ocasiones equipándola con los últimos avances tecnológicos, y a pesar de sufrir diversos accidentes que la apartaron del servicio, siempre se reparó y volvió a salir al aire. Sin embargo su construcción se debió en gran parte a la casualidad y los desvelos de una persona muy poco conocida, William Smith. La historia de la estación puede dividirse a grandes rasgos en tres etapas y dos diferentes estaciones. La primera estación se construyó en Table Head, un lugar cercano a la población minera de Glace Bay, y permaneció hasta 1904. En ese año se desmontó y trasladó a un lugar cercano a Port Morien, llamado actualmente Marconi Towers en la parte sur de Glace Bay, donde volvió a salir al aire en 1905. El principal cometido de esta estación era la radiotelegrafía trasatlántica entre América y Europa. Fue la primera estación en dedicarse comercialmente a las comunicaciones trasatlánticas y permitió que la Compañía Marconi pudiera cerrar por primera vez el año con beneficios netos para sus inversores. En 1913 se dividió en un centro emisor y otro receptor con sede en Louisburg para poder trabajar las veinticuatro horas del día haciendo tres turnos. Permaneció en constante modernización hasta los años 20, en que el descubrimiento de la onda corta la convirtió en desfasada y obsoleta. En 1926 cerró en sus cometidos trasatlánticos, se desmanteló parcialmente y se convirtió en una estación de radiodifusión para los barcos. En 1945 cerró y se desmanteló definitivamente.

LA PRIMERA ÉPOCA

Marconi había elegido secretamente a Cape Cod como la estación terminal del enlace trasatlántico, pero la caída de las antenas en Noviembre de 1901 y la sorprendente e inesperada hazaña de recibir en San Juan de Terranova las señales de la estación de Polhu a través del Atlántico hizo que Marconi fuera elevado a la categoría de héroe. La amenaza de la Compañía Telegráfica Anglo-Americana de entablar acciones legales contra él (esta compañía poseía los derechos en exclusiva de las comunicaciones telegráficas en Terranova y entendían que se extendían también a la telegrafía sin hilos) le forzó a abandonar los experimentos en Terranova. Marconi explotó hábilmente esta amenaza para crear una corriente de simpatía mundial a su favor. Por ejemplo, en la cena que celebró el Instituto Americano de Ingenieros Electricistas (IEEE) en su honor ironizó constantemente sobre este punto:

“Los experimentos hubieran continuado en Terranova con unas instalaciones más permanentes, los resultados que obtuve no han sido totalmente satisfactorios con una instalación que dependía del viento y el clima, que en las regiones del norte son muy imprevisibles en invierno; y en estos momentos que se está construyendo esa instalación permanente, no tengo que descubrir el hecho de que la Anglo-American Telegraph Company tiene, o afirma tener, el monopolio de toda la comunicación telegráfica en esta colonia (risas); no sólo por el cable y la comunicación ordinaria, sino que afirma que tiene el monopolio para impedir cualesquiera experimentos que tengan conexión con la telegrafía en esta colonia, y en cierto modo afirma que tiene el monopolio del aire y del mar. (Risas.)

Más bien es extraño, podría mencionar que en Inglaterra el Gobierno Británico tiene el monopolio del telégrafo, y me place decir que han alentado mis experimentos en vez de impedirlos. Cuando comenzó el trabajo comercial entre estaciones en Inglaterra—no entre estaciones en Inglaterra y barcos, sino entre estaciones en Inglaterra—sugerimos un arreglo; y no creo que el Gobierno Británico haya pensado en interferir con los experimentos, cuyo objeto era el avance de la ciencia. En Terranova, aunque no interferimos con las rentas, sino que las incrementamos debido a los cablegramas con los resultados de mis experimentos (Aplausos), en una conversación con el director de la estación de cable en St. John tuve el placer de escuchar que yo había proporcionado una buena renta a la compañía, debido a que durante los tres días envié cincuenta mil palabras por el hilo. Tuvimos que parar, y no creo que sea prudente construir allí una estación permanente.”

Marconi recogió todo y se dispuso a regresar a Inglaterra. Fue gracias a los desvelos de William Smith, secretario del Departamento Postal de Terranova, que convenció a Marconi para que permaneciera unos días más en San Juan mientras Smith se entrevistaba en Ottawa con el Ministro de Finanzas solicitando que se invitara a Marconi y se tratara de convencerlo para construir estaciones de radio en Canadá, algo que sería de gran beneficio para el país. Marconi aceptó la invitación del Ministro. Desembarcó en Cabo Bretón (Canadá), donde tuvo un recibimiento prácticamente de jefe de estado, recibió una oferta de 80.000 dólares canadienses para construir una estación permanente de alta potencia, y gratis el terreno más idóneo que eligiera. En una visita guiada a finales de Diciembre de 1901 visitaron varios lugares prometedores entre Louisburg y Glace Bay, algunos lugares eran propiedad de diversas compañías (Dominion Coal, Cape Breton Railway) que se apresuraron a ofrecer gratis el terreno necesario. Marconi eligió el promontorio de Table Head, una pequeña meseta que se adentraba en la bahía de Glace Bay. (**Fig. 33**) Después se dirigió a Nueva York, donde el Instituto Americano de Ingenieros Eléctricos le ofreció un banquete en su honor. También le ofrecieron 12.000 dólares por pronunciar una serie de discursos en diversas ciudades de los EE.UU., cosa que no aceptó, y se dirigió a South Wellfleet para reunirse con Vyvyan que estaba a cargo de la construcción de la estación de Cape Cod.



Fig. 33.- Mapa indicando la estación de Table Head en Nueva Escocia (Canadá).

El gran recibimiento y la ayuda que había recibido en Canadá le habían convencido para construir una gran estación trasatlántica en Glace Bay en detrimento de Cape Cod. El 22 de Enero de 1902 Marconi y Vyvyan regresaron a Inglaterra en el SS *Philadelphia*. En las oficinas de la Compañía estudiaron la oferta que les había hecho el Gobierno de Canadá, y tras dirigir un discurso en la V Asamblea Ordinaria de la Compañía, volvió a embarcarse en el SS *Philadelphia* para obtener la prueba definitiva que convenciera a los más escépticos de la realidad de las comunicaciones trasatlánticas. A su llegada a Nueva York mostró las pruebas a una multitud de

periodistas que le estaban aguardando en el muelle y anunció temerariamente que la apertura del servicio trasatlántico era cuestión de unos meses. (Este anuncio fue precipitado, no se pudo proporcionar un servicio comercial completamente satisfactorio de 24 horas diarias durante los 365 días del año hasta después de la I Guerra Mundial entre las estaciones de New Brunswick y Carnarvon) El 1 de Abril de 1902 se creó la subsidiaria americana de la Compañía Marconi, y con su anuncio sufrieron una fuerte caída las acciones de la Compañía Telegráfica Anglo-Americana. Después se trasladó a Ottawa para ultimar los detalles del contrato (tarifas especiales para el Gobierno y la prensa, y determinar la parte canadiense de la estación). Tras la firma del contrato, Vyvyan se quedó a cargo de la construcción de la estación y Marconi regresó a Inglaterra. Los planes de Marconi para la estación de Glace Bay eran más ambiciosos que los de Cape Cod y Poldhu. Ahora pisaba terreno seguro. Quería establecer urgentemente un servicio comercial y contar con los transmisores y receptores más avanzados, capaces de eliminar las interferencias y estáticos más fuertes. Se usó el mismo diseño de antena que se estaba haciendo en Poldhu y Cape Cod, pero aumentado, una pirámide invertida de 400 hilos soportados por cuatro torres de madera de 61 m de altura formando un cuadrado de 61 m de lado. (**Fig. 34**)



Fig. 34.- Fotografía mostrando la lengua de Table Head entrando en la bahía de Glace Bay.

Vyvyan localizó un alternador de doble potencia que el de Poldhu y Cape Cod (75 kW) y contrató a los mineros locales desempleados para la construcción de los edificios y la estación (**Fig. 35**). Debido a la abundancia de carbón (Glace Bay era una ciudad minera) una máquina de vapor accionaría al generador (**Fig. 36**). Las informaciones que se han podido obtener indican que el primer transmisor era del tipo de chispero rotativo, sin embargo como se ha indicado en el capítulo dedicado a la estación de Cape

Cod, Marconi no patentó estos chisperos hasta 1904. Lo más lógico es suponer que en las primeras pruebas el transmisor fuera similar al de Poldhu, un chispero estático enfriado por una fuerte corriente de aire. Marconi indicó en su discurso de entrega del premio Nobel que había usado estos tipos de chisperos encerrados en una cámara por donde hacía pasar una fuerte corriente de aire que mantenía el interior de la cámara a una presión mayor que la atmosférica. Sin embargo en las fotografías supuestas de la primera estación se observa un chispero rotativo de pequeño tamaño en comparación con los que se instalaron posteriormente y accionado con un motor eléctrico por medio de una correa. Encima del chispero se aprecia el transformador de oscilación, hecho de un grueso hilo de cobre bobinado sobre una estructura de madera horizontal. La explicación más verosímil es que las primeras estaciones de alta potencia de Marconi para el enlace trasatlántico fueran experimentales y sujetas a continuas reformas, sus características se mantuvieron en secreto hasta su puesta en servicio comercial en 1905.

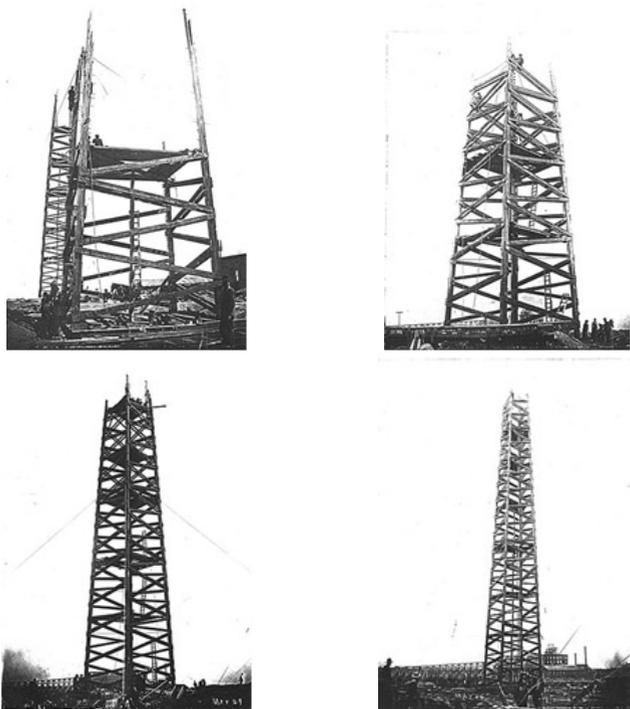


Fig. 35.- Fases de construcción de una torre en Table Head.



Fig. 36.- La caseta del generador de la estación Marconi en Glace Bay (Canadá)
Se aprecia la chimenea de la máquina de vapor.

A pesar de las duras condiciones climatológicas, que obligaron a transportar los materiales por medio de trineos en medio de fuertes nevadas, (**Fig. 37**) la construcción de la estación siguió a buen ritmo. Marconi volvió a Glace Bay el 31 de Octubre de 1902 a bordo del *Carlo Alberto*. El nuevo detector magnético de Marconi que llevaba a bordo del *Carlo Alberto* le permitió captar las señales de Poldu en el puerto de Sydney (Canadá); todo parecía ir sobre ruedas. Marconi y Solari se desplazaron a Table Head en trineo y se reunieron con el ingeniero jefe Vyvyan. Glace Bay estaba recibiendo los retoques finales y comenzaron las pruebas de recepción con resultado negativo. El 19 de Noviembre de 1902 todavía no se había recibido ninguna señal de Poldhu y comenzaron a emitirse las primeras señales de prueba para Poldhu en la frecuencia de 150 kHz, también con resultado negativo. Los resultados de las pruebas entre Glace Bay y Poldhu se enviaban por medio del cable y se usaban palabras clave para evitar que terceras personas pudieran averiguar el progreso de las mismas. “Estándar” significaba que no se había recibido nada, “Tiempo Amarillo” significaría que se habían recibido algunas señales, por último “Tiempo Verde” significaría que se había recibido la señal perfectamente. El 5 de Diciembre Podhu recibió las primeras señales incompletas procedentes de Glace Bay. Durante los días siguientes volvió a desvanecerse la señal para desesperación de todos. El 15 de Diciembre se volvieron a captar las señales fuertes y claras, y se aprovechó para enviar un corto saludo del Dr. George Parkin, corresponsal del *London Times* en Ottawa, en las noches siguientes se transmitió un mensaje del Gobernador General del Canadá, Lord Minto, para el Rey Eduardo VII de Inglaterra, y Marconi envió otro saludo para el Rey Víctor Manuel III de Italia y para el Rey Eduardo VII. Con esto dio por

oficial la inauguración del servicio comercial trasatlántico entre Poldhu y Glace Bay para el 21 de Diciembre. Esta inauguración fue prematura. En los días que siguieron el servicio no fue completamente satisfactorio, estaba confinado al horario nocturno y había frecuentes desvanecimientos que no se explicaban Marconi ni sus ingenieros. Quince días después, el peso de la nieve y del hielo acumulado dañaron irreparablemente a la antena y se tuvo que cerrar el servicio (**Fig. 38 y 39**). Después de reparar la antena Marconi decidió que había que seguir experimentando para aumentar la fiabilidad del servicio comercial antes de volverlo a abrir. Seguirían dos años de experimentación, en medio de numerosas burlas de la compañía del cable, críticas de la prensa y desánimos en los inversores.



Fig. 37.- Edificios de la estación Marconi en Glace Bay. Se pueden ver las cuatro torres de madera y las condiciones gélidas que tenía que padecer el equipo.



Fig. 38.- Fotografía de la estación de Table Head mostrando las condiciones de frío extremo que debía soportar la misma.

En la primavera de 1903 los marinos de la Flota Alemana intentaron entrar por la fuerza en Glace Bay originando un conflicto que pudo llegar a ser internacional. Este curioso conflicto merece una pequeña explicación. En la época colonial de finales del siglo XIX y principios del siglo XX había un gran imperio colonial, Inglaterra y otro que pugnaba por serlo, Alemania. Con cierta frecuencia se producían roces que aumentados por la tensión política derivaban en pequeños conflictos. La Compañía Marconi no se vio ajena a esta situación. La radio, debido a la importante posición estratégica que tomaba en la navegación, también sufrió estas consecuencias políticas. La Compañía Marconi, de origen británico, aspiraba a conseguir la hegemonía de las comunicaciones por radio para gloria de su país, algo a lo que siempre se opuso frontalmente Alemania. Los primeros años en que la radio no tenía ninguna importancia política Alemania había equipado sus buques de la línea North German Lloyd Line con equipos Marconi y tenía algunas estaciones costeras de Marconi, pero empezó a equipar otros buques con equipos Slaby – Arco fabricados por la compañía “Allgemeine Electricitäts Gesellschaft” (AEG) La Compañía Marconi se basó en el gran número de estaciones costeras que tenía repartidas por el mundo para intentar conseguir

la hegemonía mundial en las comunicaciones por radio, y en vez de vender equipos aplicó la política de alquilar el servicio completo de comunicación. El alquiler incluía el operador de radio, que era un empleado de Marconi, y este operador tenía las órdenes estrictas de no atender ni dar curso a ningún mensaje que no proviniera de otra estación que no fuera de su propia compañía. Esto causó numerosas tensiones, siendo una de las más graves el llamado “*incidente Deutschland*”. A principios de 1902 el Príncipe Henry de Prusia visitó los EE.UU. El viaje de ida lo hizo en un buque con una estación Marconi, y estuvo todo el viaje en contacto con estaciones costeras y otros barcos. En el viaje de regreso en Abril de 1902 tomó el *Deutschland*, un buque equipado con una estación Slaby – Arco. Todas las estaciones Marconi con las que se cruzaron rehusaron atender a sus llamadas, sin importar el rango del pasajero que deseaba enviar el mensaje. La única estación que le atendió durante todo el viaje fue la estación de Cuxhaven, una estación Slaby – Arco cerca de su puerto de destino. A su llegada a Berlín el Káiser Guillermo II estalló de cólera, acusó a la Compañía Marconi de haber hecho interferencias deliberadamente para estorbar los contactos entre el *Deutschland* y Cuxhaven, promovió la celebración de la I Conferencia Internacional de Radiotelegrafía para oponerse al intento de monopolio de Marconi, y ordenó fusionar a las principales compañías de radio de Alemania, AEG y Funkentelegraphie, creando la Compañía Telefunken. También ordenó que zarpara inmediatamente la Flota Alemana para hacer maniobras por el Atlántico usando sus equipos de radiotelegrafía alemanes como demostración. En el curso de estas maniobras la flota ancló en la entrada de Glace Bay y un grupo de marinos intentaron entrar por la fuerza en la estación de Table Head, la estación estrella de Marconi. El director de la estación, R. N. Vyvyan, junto con un grupo de trabajadores de la construcción de la estación se opusieron durante varios días a la entrada de los marineros alemanes, que finalmente se retiraron para evitar un conflicto internacional con Canadá. Las tensiones entre las compañías de radio de Inglaterra y Alemania no desaparecieron con la I Conferencia Internacional de Radiotelegrafía en Berlín, sino que más bien aumentaron. Sólo desaparecieron en la II Conferencia Internacional que se celebró en Londres tras el hundimiento del *Titanic* y el propio convencimiento de la Compañía Marconi, enfrentada contra todos, que debía cambiar de política.

En el transcurso de los dos años de experimentación que hubo en Glace Bay entre 1902 y 1904 se cambió el alternador por otro de mayor potencia alcanzando los 150 kW (**Fig. 40a y b**), se instaló un chispero rotativo y se añadieron postes para instalar hilos horizontales que aumentaron el tamaño de la antena y aumentaron la longitud de onda. Todos estos cambios fueron insuficientes, pero señalaron que la solución estaba en aumentar mucho más la longitud de onda. Este aumento de longitud de onda precisaba de una antena mayor, y eso exigía más terreno. La lengua de Table Head no daba más de sí, y en Marzo de 1904 la Compañía Marconi tomó la arriesgada

decisión de trasladar la estación de Table Head (Glace Bay) a otra zona con un terreno más amplio y construir en Clifden (Irlanda) la estación correspondiente de Europa en sustitución de la estación de Poldhu.



Fig. 39.- Izquierda.- Dos miembros del equipo Marconi en la estación de Glace Bay en Table Head sujetando los cables cubiertos de carámbanos. Derecha.- El ingeniero de Marconi W. W. Bradfield, tapado hasta arriba por el frío. Las fotografías datan de Diciembre de 1902.

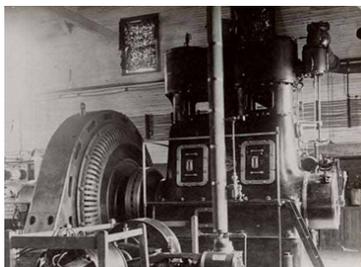
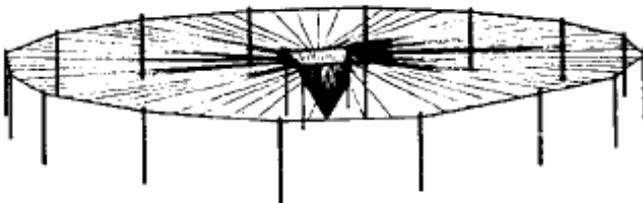


Fig. 40a y b.- Máquina de vapor y alternador en la estación Marconi de Table Head.

SEGUNDA ÉPOCA

La Compañía adquirió un nuevo terreno de 13 Ha. en la parte sur de Glace Bay, cerca del lugar conocido como Port Morien y llamado actualmente Marconi Towers. El traslado de la estación duró hasta el invierno de 1904. La nueva estación contaba con un enorme sombrero capacitivo que le daba a la antena un aspecto espectacular. Se trataba del mismo cono invertido soportado entre cuatro torres de madera de 61 m de altura que se había usado en Table Head, pero a unos 300 m de distancia se habían dispuesto una serie de postes de 55 m de altura siguiendo un círculo. En total había 8 postes siguiendo un círculo interior y 16 postes siguiendo un círculo exterior. Una serie de 200 hilos se extendían entre la parte superior del cono invertido y el círculo de postes dibujaba un círculo de un diámetro de 600 m.

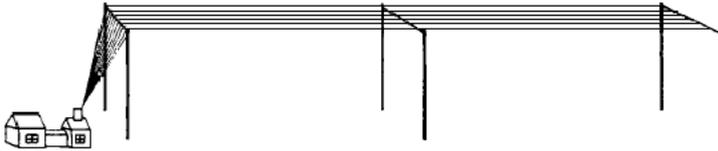
La frecuencia de resonancia natural de este complejo era de 81 kHz. (3.700 m), y la frecuencia que se usaba eran 70 kHz (4.200 m). Esto tiene una explicación técnica, si se ajusta el acoplamiento del transformador oscilante para que sea fuerte se obtienen dos frecuencias, algo muy conocido por los técnicos y que se puede explicar fácilmente con algo de matemáticas (Por esta misma razón se aconseja ajustar el acoplamiento de los circuitos resonantes al mínimo necesario) En el caso de la estación de Table Head se obtenía una frecuencia de 81 kHz y otra de 70 kHz. Se observó en los contactos que casi siempre llegaba con más fuerza la señal de la frecuencia más baja, y era la que normalmente se empleaba en la recepción, pero unas tres horas antes de la puesta del sol en Clifden y durante una hora se recibía con más fuerza la frecuencia superior. En 1906 se hicieron pruebas desconectando algunos hilos del enorme sombrero capacitivo y se vio que dejando únicamente los hilos en dirección a la estación correspondiente se obtenía un efecto direccional, no muy acusado, pero que ayudaba a los contactos.



Dibujo de la antena con un enorme sombrero capacitivo que se instaló en Marconi Towers. El sombrero tenía un diámetro de 600 m.

En 1907 se hicieron numerosas pruebas que culminaron con el desmontaje total de la antena y su sustitución por un plano de 32 hilos extendidos en

dirección a Irlanda sostenidos por grandes torres metálicas de 76 m de altura. La longitud total de la antena era de una milla (1,5 Km.) Se tendieron hilos enterrados en zanjas excavadas siguiendo la dirección de las torres, y directamente debajo de los hilos de la antena. Estos hilos eran el plano de tierra y favorecía la radiación de la antena. Se ignora el momento exacto de este cambio. Marconi en su discurso del Premio Nobel de 1909 habla de esta antena, y las fotos de 1910 muestran que estaba terminada esta sustitución (**Fig. 41**).



Dibujo de la antena direccional de Marconi Towers orientada en dirección hacia Irlanda. Se extendía a lo largo de 1,5 Km. Las torres eran metálicas y tenían una altura de 76 m.



Fig. 41.- Fotografía de la antena hacia 1909. Se aprecian varios postes que prolongan los hilos del sombrero capacitivo en dirección a Clifden. Marconi se había dado cuenta que esta disposición presentaba efectos direccionales, no muy acusados pero que ayudaban a mantener el contacto.

Se aumentó otra vez la longitud de onda y se dejó la frecuencia en 45 kHz (6.600 m) Con esta frecuencia más baja se podían captar señales diurnas. Se montó el mismo chispero rotativo y alternador de la estación anterior de Table Head (**Fig. 42 y 43**), pero con una máquina de vapor y calderas más grandes (**Fig. 44**).

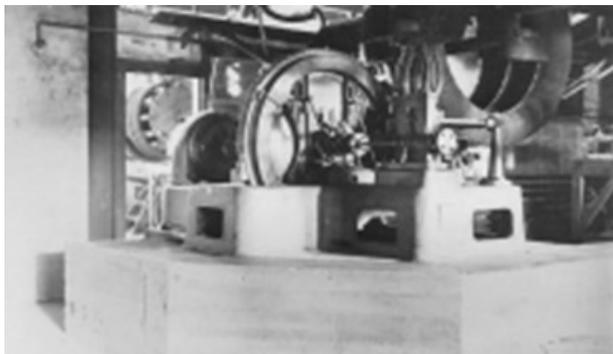


Fig. 42.- Primer disco descargador de la estación de Marconi Towers. Se alimentaba con un alternador de 150 kW a 25.000 V. (El alternador original de la estación de Table Head) Al fondo se aprecia el transformador de oscilación sobre un soporte de madera.



Fig. 43.- Máquina de vapor y alternador de la estación de Marconi Towers en 1909.



Fig. 44.- Sala de calderas de la estación de Marconi Towers.

El 15 de Octubre de 1907 volvió a inaugurar el servicio comercial trasatlántico limitado entre Glace Bay y su nueva estación de alta potencia en Clifden (Irlanda) con un mensaje de Lord Averbury emitido desde Clifden y dirigido para el *New York Times*. El primer día se intercambiaron diez mil palabras. En Febrero de 1908, tras un periodo de pruebas y un servicio limitado, se abrió un servicio comercial trasatlántico completo. R. N. Vyvyan, el ingeniero a cargo de la estación de Marconi Towers escribió:

“Sólo los que han trabajado con Marconi durante estos cuatro años pasados se dan cuenta del maravilloso coraje mostrado bajo las frecuentes decepciones, la extraordinaria fertilidad de su mente para inventar nuevos métodos que sustituyeran a los que habían fallado, y su predisposición para trabajar, frecuentemente dieciséis horas seguidas mientras se estaba probando algún avance interesante. Al mismo tiempo

los Directores de la Compañía Marconi mostraron su total confianza en Marconi, y le animaron a continuar votando las grandes cantidades de dinero necesarias un año tras otro hasta conseguir finalmente el éxito”

La construcción de las estaciones de Clifden y Marconi Towers puso a la Compañía Marconi al borde de la quiebra. Tras numerosas protestas de los accionistas, Marconi tuvo que comprometer todo su patrimonio. Todo esto se saldó con la dimisión del director de la Compañía Marconi, Cuthbert Hall, y el despido de 150 trabajadores. La sabiduría popular afirma que “las desgracias nunca vienen solas”. Esto se cumplió inexorablemente en Agosto de 1909, la estación de Glace Bay sufrió un incendio en el alternador que le causó graves daños y permaneció fuera de servicio hasta Abril de 1910. Marconi aprovechó para renovar completamente la estación. Se montó un transmisor similar al de la estación de Clifden (**Fig. 45**).

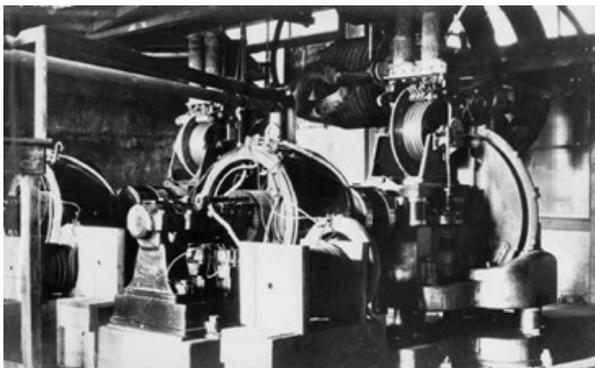


Fig. 45.- Segundo disco descargador de Marconi Towers. Tras un incendio en 1909 se montó un transmisor similar al de la estación de Clifden provisto de dientes laterales.

La energía la proporcionaban tres generadores de 5 kV de CC dispuestos en serie (un total de 15 kV) (**Fig. 46**) que cargaban un acumulador de 30 Ah formado por 6.000 celdas de 2 V dispuestas en serie. Las celdas eran cajas de cerámica suspendidas en el aire por medio de aisladores de porcelana que colgaban de vigas de hierro que cruzaban el techo. Con total seguridad se trata del mayor acumulador que ha existido en el mundo (**Fig. 47**). La fuente de energía seguía siendo una máquina de vapor alimentada por dos calderas donde se quemaba el carbón que se extraía en la zona. El condensador de descarga eran 288 hojas metálicas de 18,3 m por 6,1 m separadas cada una entre sí por 15 cm. Las hojas metálicas estaban suspendidas de vigas en la parte superior de la caseta y colgaban verticalmente sin llegar a tocar el suelo. Este condensador se encontraba en una habitación que ocupaba la

mayor parte de los 48,8 m de largo del edificio del transmisor. A esta habitación se le llamaba “caseta del condensador”. Se eligió el aislador de aire en vez del aislador de vidrio más compacto porque era relativamente fácil de construir con los materiales locales. Algo muy de tener en cuenta no sólo por la economía, sino también por la rapidez de reparación. Si una corriente de aire hacía que las placas se movieran y se tocaran, simplemente se separaba el “punto de soldadura” con un golpe (**Fig. 48**). Unos años más tarde se abandonó este espectacular diseño de condensador de aire y se regresó de nuevo al condensador de placas sumergidas en aceite.



Fig. 46.- Generadores de 5.000 V de corriente continua conectados en serie.

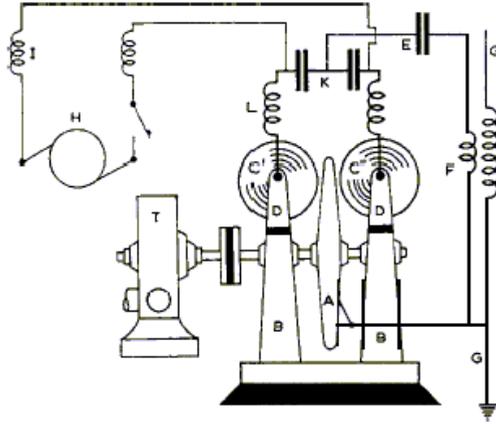


Fig. 47.- Batería de acumuladores en cajas cerámicas suspendidas del techo por aisladores de porcelana. Almacenaba una tensión de 12.000 voltios. En total hay 6.000 celdas.



Fig. 48.- Condensador de aire. Hay 288 hojas metálicas de 18 x 6 m, que dan unos 108 m² por hoja. No llegaban a tocar el suelo.

El chispero seguía el diseño de Clifden. Marconi explicó su funcionamiento en el discurso que ofreció en la entrega del Premio Nobel de Física en 1909:



“Un disco aislado A (ver dibujo) gira a una alta velocidad por medio de un motor eléctrico o turbina de vapor. Adyacentes a este disco, que llamaremos disco intermedio, se sitúan otros dos discos C' y C'' que podríamos llamar discos polares, y que también giran. Estos discos polares tienen su periferia muy cerca de la superficie o borde del disco intermedio. Los dos discos polares están conectados por medio de escobillas a los extremos exteriores de los dos condensadores K, unidos en serie, y estos condensadores también están conectados por medio de escobillas a los terminales del generador que debe ser un generador de corriente continua de alta tensión.

En el disco intermedio hay una escobilla que está conectada al punto central de los dos condensadores y se inserta un circuito oscilante que consiste en un condensador E en serie con una inductancia, que se conecta inductivamente con la antena radiante. Probablemente funciona de la siguiente forma:

El generador carga el condensador doble, haciendo que el disco C' sea positivo y el disco C'' negativo. El potencial, si es suficiente alto, dará origen a una descarga en la separación entre C' y A. Esto carga al condensador E a través de la inductancia F, e inicia las oscilaciones del circuito. La carga de F al oscilar saltará de A -a- C'', cuyo potencial es de signo opuesto al de A, mientras tanto se ha restaurado rápidamente la tensión dieléctrica entre C' y A por el rápido movimiento del disco, que expulsa el aire ionizado.

Mientras tanto el condensador E se carga y descarga alternativamente en direcciones opuestas, y este proceso continúa mientras el generador H aplica energía a los condensadores K.

Queda claro que las descargas entre C', C'' y A nunca son simultáneas ya que el electrodo central no se cargaría positivamente y después negativamente de forma alternada."



Fig. 49.- Aspecto del edificio del transmisor de Marconi Towers en 1910.

Estos chisperos especiales generaban grupos de oscilaciones semiamortiguadas, siempre que se pretendieran frecuencias relativamente bajas. No entregaban una onda continua pura, como los transmisores de arco, pero en aquellos momentos representaba una buena solución tecnológica. Sin embargo el chispero que instaló en Glace Bay tenía una pequeña modificación que también se hizo en Clifden. La mayoría de detectores que se usaban en aquellos días no eran capaces de proporcionar un sonido al detectar una onda continua (los únicos detectores que eran capaces de detectar una onda continua y proporcionar un sonido eran el "tiker" de Poulsen, que troceaba la onda recibida por medio de un contacto vibrante para obtener una señal de audio y el "heterodino" de R. A. Fessenden, que hacía batir la señal recibida con la generada por un diminuto arco eléctrico de baja tensión. Esto proporcionaba un sonido en el auricular cuya frecuencia era la diferencia entre la onda recibida y la onda generada localmente, pero su ajuste era muy delicado y difícil de mantener) La solución que encontraron los ingenieros de Marconi fue añadir unos dientes transversales en la periferia del disco, esto proporcionaba una modulación en la onda que se podía percibir fácilmente en los auriculares. Además ajustando la velocidad del disco se podía obtener un rápido efecto de apagado de la chispa. Tenía la virtud de desconectar el circuito de antena del circuito resonante del chispero e impedía que la energía en el circuito de antena retornara al circuito del chispero. Esto se traducía en una onda más pura con una gran parte de la energía disponible y no se malgastaba parte de esta energía en forma de calor en el chispero ni se repartía en diversos grupos de ondas de diferentes frecuencias. También permitía sintonizar el auricular a ese tono preciso, lo que aumentaba la sensibilidad del receptor y eliminaba más aún los estáticos e interferencias. Un buen detector magnético con el bobinado de audio y el teléfono sintonizados

a ese tono presenta una sensibilidad superior a la de un buen detector de cristal. El edificio del transmisor se construyó de madera forrada con chapa (**Fig. 49**).

Inicialmente la estación de recepción estaba en una pequeña habitación en el edificio del transmisor. Se podía vigilar el chispero a través de una ventana. Se disponía de diversos receptores que se podían conectar de varias formas. En la foto de la **Fig. 50** se pueden reconocer el impresor Morse (que se accionaba con el imprevisible cohesor, el detector magnético y diversos variómetros. También se puede ver en primer plano el gran amperímetro que mide la corriente en la antena. En la parte superior se puede ver un variómetro bobinado sobre un marco de madera, con total seguridad el variómetro de sintonía de la antena. Se ignora la fecha de esta fotografía, pero por las características de los aparatos debe ser anterior a 1907. La **Fig. 51** muestra al Sr. L. R. Johnstone ante el panel de control de la estación. La **Fig. 52** se trata de la misma habitación de la **Fig. 50**, pero más modernizada. Ha desaparecido el impresor Morse junto con el cohesor, y el variómetro de la parte superior. En un lugar importante aparece el famoso sintonizador triple de Marconi inventado por Franklin y patentado a finales de 1907. Este sintonizador estaba diseñado especialmente para el detector magnético.

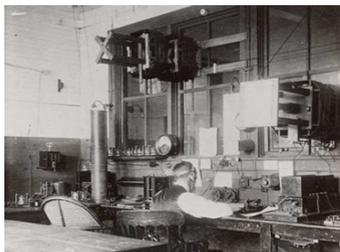


Fig. 50.- Sala de recepción de la estación Marconi en Marconi Towers. Con total seguridad esta foto se tomó en una época temprana, anterior a 1907.

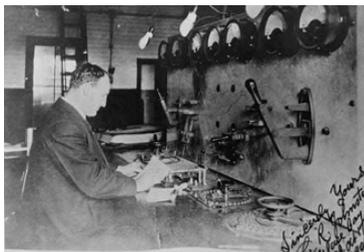


Fig. 51.- Sala de control de la estación de Marconi Towers. En la foto el Sr. L.R. Johnstone, jefe operador de radio.

Durante todos estos años el director de la estación de Glace Bay fue Vyvyan, que vivía con su mujer en un chalet próximo a la estación. Marconi se construyó también una residencia cercana a la estación, donde vivió con su esposa Beatrice entre 1905 y 1907, hasta dejar operativo el enlace trasatlántico. Beatrice pertenecía a la nobleza inglesa y soportó bastante mal la vida en la estación apartada del bullicio de la gran ciudad.



Fig. 52.- Otra fotografía del cuarto de recepción. El hombre sentado en la izquierda de la fotografía es Guglielmo Marconi. Sobre la mesa se aprecia el sintonizador triple, un detector magnético y en el centro lo que parece ser una bobina de sintonía (carga) de la antena.

TERCERA EPOCA

A pesar de los numerosos avances y perfeccionamientos los contactos entre Clifden y Glace Bay sufrían de frecuentes desvanecimientos que impedían el trabajo durante las 24 horas del día y los 365 días al año. Se tiene constancia de diversos comentarios de Marconi y algunos ingenieros que el servicio prestado era de una media de 18 horas diarias. En 1908 el servicio había crecido tanto que era imposible atender la demanda, y crecían las numerosas protestas de los usuarios. Marconi anunció que se renovarían completamente a Poldhu y Cape Cod para incluirlas en el circuito trasatlántico, y doblar de esta manera el servicio. Se renovó Poldhu, pero debido a los problemas de erosión en Cape Cod no se consideró adecuado renovar esta última estación. Seguramente que también pesaron en esta decisión las ideas de Marconi sobre la Cadena de Radio Imperial y el escándalo que estalló poco después y que detuvo la construcción de esta Cadena. En el capítulo dedicado a Poldhu se dan más detalles de este caso. En su lugar se tomó otra estrategia. Se observó que las estaciones tenían una importante limitación: no podían transmitir y recibir simultáneamente. El sistema trasatlántico era un sistema “simplex”, mientras una estación transmitía la otra debía escuchar, y viceversa. Si se pudiera establecer un sistema “dúplex” en que las dos estaciones pudieran transmitir y recibir a la vez se doblaría el servicio sin añadir más estaciones. El principal obstáculo era que mientras transmitía una estación su señal tapaba completamente las débiles señales que llegaban del otro lado del océano. La solución obvia era separar las estaciones de transmisión y recepción, un sistema igual de efectivo y mucho más económico que construir otras dos estaciones completas (transmisor y receptor). En 1913 se trasladó la estación receptora de Clifden a Letterfrack, y la estación receptora de Glace Bay se trasladó a Louisburg (**Fig. 53**). De esta forma la señal del propio transmisor se recibía más débil y se podía eliminar por medio de filtros de sintonía y otra antena de balance, como se comentará posteriormente. La Compañía Marconi bajó aún más la frecuencia que dejó en 37,5 kHz (8.000 metros). Usando circuitos de sintonía lo suficiente estrechos era capaz de recibir señales de día, aunque las señales nocturnas eran mucho más variables. Esto le permitió proporcionar una cobertura que en algunas ocasiones llegaba prácticamente a las 24 horas del día, aunque en otras ocasiones la estática les impedía su trabajo y los retrasos originaban numerosas quejas de los clientes.

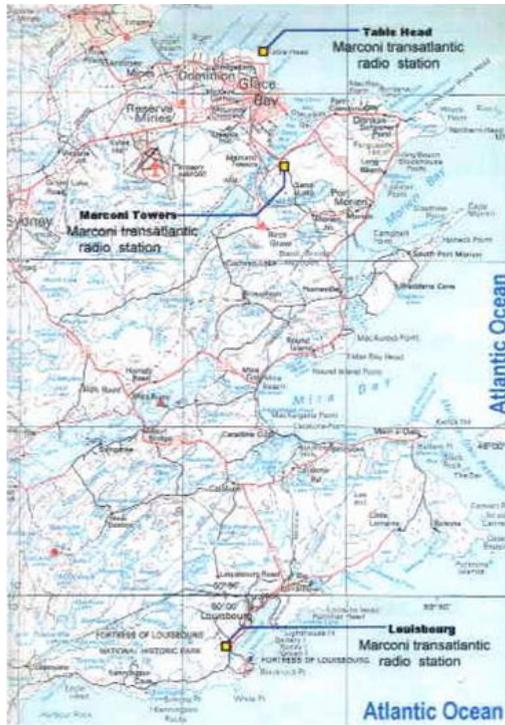


Fig. 53.- Plano de Cabo Bretón indicando la situación de las estaciones de Table Head, Marconi Towers y Louisburg.

ESTACIÓN RECEPTORA DE LOUISBURG

La estación receptora de Louisburg se encontraba cerca de la costa, cerca del antiguo fuerte en la parte del “pueblo viejo”. (**Fig. 54**) Los edificios se agrupaban a lo largo de un camino de unos 250 m de largo en dirección este – oeste, y constaban por el siguiente orden: el establo, el “hotel” (así le llamaban) de tres pisos para albergar a los trabajadores, el edificio de recepción, dos residencias para los trabajadores casados, y al final del camino el taller y la residencia del director. El edificio de recepción (**Fig. 55 a y b**) era el edificio principal y estaba dividido en sala de recepción, oficinas telegráficas y cuarto del generador eléctrico. La estación estaba rodeada por una cerca, cuya puerta principal se encontraba en el camino. A lo largo de su vida operativa apenas sufrió cambios esta disposición. La antena de recepción comenzaba detrás de los talleres. Se trataba de seis torres de acero con forma tubular de una altura de 100 m y con la parte superior de madera. La torre estaba formada por secciones cilíndricas sujetas con tornillos, un diseño de Andrew Gray (**Fig. 56**). La antena se extendía a lo largo de 1 Km. en dirección aproximada hacia Clifden (tenía una desviación de 18° hacia el este según la dirección exacta de Clifden) Un pequeño motor de gasolina de un cilindro en horizontal accionaba a un generador doméstico y proporcionaba la energía para el alumbrado y demás aparatos eléctricos (**Fig. 57**).



Fig. 54.- Complejo receptor de Louisburg.



Fig. 55a.- Edificio de recepción de la estación de Louisburg.



Fig. 55b.- Viviendas adosadas para los empleados casados



Fig. 56.- Detalles de las torres de Gray de 100 m de altura para soportar la antena receptora.

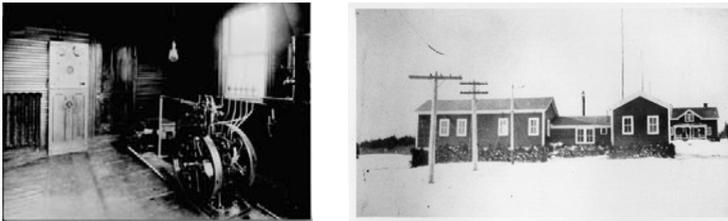


Fig. 57.- Izquierda.- Motor y generador que alimentaba a la estación receptora de Louisburg.
Derecha.- El generador se encontraba en la caseta intermedia.

El circuito receptor de Louisburg constaba de un filtro doble para dejar pasar únicamente la frecuencia de 54,5 kHz, proveniente de Clifden, filtros de eliminación de la frecuencia de 37,5 kHz, de Marconi Towers, un circuito desfasador al que se conectaba una antena auxiliar más pequeña dirigida hacia el transmisor de Marconi Towers y que permitía eliminar por completo la señal interferente de esta estación al mezclarla con la fase opuesta y amplitud adecuada, un detector balanceado con dos cristales de carburo y su circuito polarizador para hacerlo trabajar en su punto más sensible. Los detectores se ajustaban para que las señales fuertes de la estática y los rayos tendieran a cancelarse, de esta forma se facilitaba escuchar con mayor facilidad las débiles señales de la estación de Clifden. Cuando las condiciones eran difíciles o las señales muy débiles el receptor disponía de un pequeño vibrador mecánico (similar a un timbre) que generaba una pequeña portadora y el receptor se convertía en un rudimentario detector de producto más sensible. La salida del detector se podía dirigir a un auricular o se podía enviar a una mesa con varios amplificadores electromecánicos Brown. En

ocasiones se utilizaba un receptor con dos válvulas Fleming (diodos de vacío). Por medio de un tablero de conexiones se podían conectar a voluntad uno, dos o tres amplificadores Brown en serie. La señal detectada se podía escuchar por los auriculares, pero para poder trabajar a mayor velocidad se grababa en un dictáfono (fonógrafo) de cilindro, después se volvía a hacer pasar el cilindro por un reproductor a menor velocidad y un operador trasladaba los puntos y rayas del código Morse a un papel con ayuda de una máquina de escribir. A juzgar por las fotografías, el montaje de la estación tiene un aspecto desmañado y más bien chapucero. Los circuitos estaban montados en tableros con interruptores, conmutadores y conectores para poder cambiar rápidamente la configuración (**Fig. 58**).



Fig. 58.- Diversas instantáneas de la sala de recepción en 1913. Se pueden observar los transformadores de acoplamiento, los detectores de cristal, los amplificadores electromecánicos y dos dictáfonos.

Para poder grabar las débiles señales captadas era preciso amplificar las señales. Esto se hacía gracias a los amplificadores electromecánicos Brown. Los amplificadores electromecánicos (llamados también relés telefónicos) se conocían desde 1903 y se usaban para prolongar las líneas telefónicas. Básicamente se trataba de un auricular y un micrófono de carbón que compartían el mismo diafragma. (Para más información ver Apéndice) Los más perfectos los construía S. G. Brown de Londres y presentaba una ganancia de 6 dB. Se trataba a grandes rasgos de un auricular que movía un diafragma rectangular; a ambos lados del diafragma se situaban dos micrófonos de carbón en contrafase que se conectaban a un transformador balanceado. Los

amplificadores estaban montados en una sólida caja de madera que se apoyaba en unas patas de goma. Se alimentaba con una pila de 6 V. Los amplificadores electromecánicos tenían diversos defectos, los gránulos de carbón se pegaban y perdían amplificación, las resonancias mecánicas distorsionaban la señal y presentaban un acusado efecto microfónico, es decir, captaban el ruido ambiente. Todo esto impedía que se pudieran usar más de dos amplificadores en cascada ya que la señal quedaba irreconocible. En el Apéndice se incluye una descripción de diversos amplificadores electromecánicos, con mención especial a los amplificadores Brown.

Puede parecer extraño que las estaciones de recepción no emplearan el audión (tríodo) que había inventado Lee DeForest en 1906. La razón está en su funcionamiento irregular, la ganancia era más bien escasa (un audión detector proporcionaba una señal ligeramente superior a la de un detector de cristal y precisaba de ajustes constantes de la tensión de filamento y placa). En aquellos días se desconocía el principio de funcionamiento del audión y se construían siguiendo extrañas reglas empíricas. Durante varios años se ignoraron sus propiedades amplificadoras. Las estaciones comerciales preferían seguir trabajando con los detectores “clásicos” y auriculares de alta sensibilidad. No se hizo ningún estudio serio del audión hasta que Harold D. Arnold e Irving Langmuir iniciaron una extensa búsqueda de un amplificador telefónico eficaz que llevó a su perfeccionamiento en 1913. (En el Apéndice se incluyen más detalles sobre la historia de la válvula de vacío)

La estación estaba conectada a las líneas telegráficas terrestres para enviar a su destino los mensajes recibidos (**Fig. 59**). También había líneas telegráficas que iban a la estación transmisora de Marconi Towers, con ellas los operadores de Louisburg podían controlar de forma remota el transmisor. Los mensajes que se debían transmitir se perforaban en una cinta de papel que después de hacía pasar por un lector Wheatstone a una velocidad de 85 p.p.m. La salida de este lector se conectaba a la línea que iba hasta la estación de Marconi Towers y se conectaba a los relés de transmisión. Con el tiempo la estación receptora de Louisburg se convirtió en el centro de comunicaciones de Norteamérica para el servicio trasatlántico. En su época de esplendor llegaron a trabajar en la estación 22 personas formando tres equipos de ingenieros, operadores de radio y telegrafistas trabajando en tres turnos las veinticuatro horas del día. En el interior del recinto de la estación había un área de esparcimiento con una pista de tenis, un prado de césped, sala de billares y de ocio.



Fig. 59.- Estación radiotelegráfica de Louisburg. Desde esta habitación se enviaban por las líneas terrestres los mensajes recibidos. Estaba conectada con las principales líneas telegráficas de los EE.UU. Durante varios años fue la principal estación receptora de América.



Fig. 60.- Durante la I Guerra Mundial el regimiento Hihgländers protegió la estación de Louisburg.

Durante la I Guerra Mundial se consideró a esta estación como objetivo militar que había que preservar de cualquier intento de sabotaje. Se construyeron unos barracones para los soldados que la custodiaban y que pertenecían al regimiento de Hihgländers (**Fig. 60**). También se instaló un grupo de censores del Gobierno para censurar los mensajes enviados y recibidos. Durante la guerra comenzaron a introducirse las primeras válvulas Round sustituyendo al principio a los relés Brown como amplificadores de audio y sin modificar el resto de la estación, después sustituyeron a los detectores de cristal, pero sin retirarlos. En caso de necesidad se podían volver a conectar

fácilmente por medio de un conmutador. Después de la guerra hubo grandes cambios en Louisburg y Marconi Towers. Se sustituyeron los receptores por otros a válvulas siguiendo un montaje modular y con una sensibilidad miles de veces mayor que los originales (**Fig. 61**). Esto obligó a modificar la estructura interna del edificio de recepción, pero conservando el mismo aspecto exterior. En 1919 se recibieron en Louisburg las transmisiones experimentales de Henry Round en fonía desde la estación experimental de Marconi en Ballybunion (Irlanda). Fue la primera recepción en América de una transmisión en fonía desde Europa. En Marconi Towers se desmanteló en 1920 el chispero y el enorme condensador instalando en su lugar un transmisor de 72 kW con un panel de 24 válvulas. El edificio redujo su tamaño a 18 m. (**Fig. 62**). Posiblemente se hiciera para reducir impuestos.

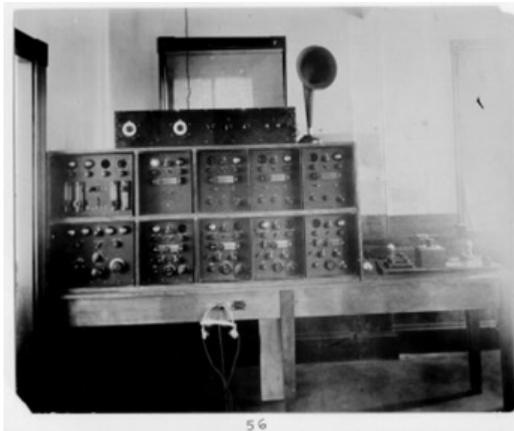


Fig. 61. - Receptor de válvulas de la estación de Louisburg.

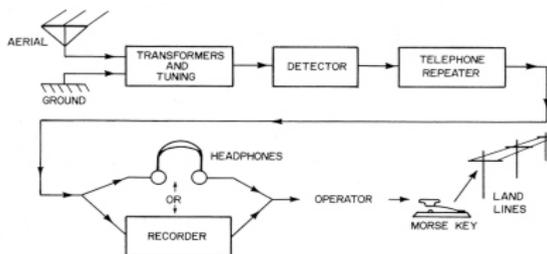


Diagrama de la estación receptora de Louisburg.



Fig. 62.- Primer transmisor de válvulas en Marconi Towers instalado en 1920.
Se puede observar un panel con 24 válvulas de potencia.

EL FINAL DE LA ESTACIÓN DE GLACE BAY

El descubrimiento de la onda corta en 1924 inició una nueva revolución en la radio que marcó el final de las estaciones de onda larga y sus enormes antenas. En 1926 se inauguró el servicio radiotelegráfico en onda corta entre Inglaterra y Canadá (Drummondville en Londres y Yamachiche en Canadá) Louisburg y Marconi Towers quedaron obsoletos. Un incendio que se declaró en la estación de Louisburg en 1927 precipitó su cierre. Se desmontaron los equipos de recepción y se vendieron los edificios. Hoy día una ruta sendera recorre el lugar por donde pasaba la antena y se pueden observar algunos fundamentos de cemento donde se asentaban las torres de acero.

La estación transmisora de Marconi Towers sufrió profundos cambios. Se convirtió en una estación de radiodifusión costera con el indicativo VAS (Voz de la Costa Atlántica). Los antiguos marinos todavía recuerdan los conciertos ocasionales y los avisos que emitía para los barcos. En 1945, tras la II Guerra Mundial cerró definitivamente la estación de Marconi Towers. Se desmanteló y se vendieron sus edificios a un residente local llamado Russel Cunningham, que restauró la antigua residencia de los directores de la estación y la convirtió en su hogar. Hoy día sigue siendo el hogar de su hijo Douglas y familia. El viejo edificio del transmisor está en un estado deplorable, prácticamente en ruinas. No queda ningún rastro de las antenas y restantes edificios que había (**Fig. 63**).



Fig. 63.- Estado actual (1995) del edificio transmisor de Marconi Towers.

CLIFDEN

Clifden era una estación grande en el sentido más amplio de la palabra. Su tamaño era impresionante, a lo largo del tiempo muy pocas estaciones la han superado en tamaño. Durante varios años fue la más potente del mundo y en sus momentos de mayor esplendor llegó a tener 100 empleados y dar empleo de forma indirecta a 800 personas. Se comenzó a planear su construcción allá por 1905, cuando la Compañía Marconi se convenció que ni Poldhu ni Glace Bay podrían cumplir con el servicio trasatlántico. Había dos opciones, reconstruir totalmente a Poldhu y Glace Bay o construir dos estaciones nuevas. Poldhu podía cumplir perfectamente las funciones del circuito europeo con Coltano y enviar noticias a los buques trasatlánticos en su viaje a EE.UU. en un servicio patrocinado por el *Times*. Se eligió una solución intermedia: remodelar totalmente a Glace Bay y construir una estación nueva en la parte oeste de Irlanda, mucho más cercana a Canadá.



Fig. 64.- Situación geográfica de Clifden en Irlanda.

Arthur Heming y Henry Jameson Davis se encargaron de buscar un terreno adecuado en Irlanda y negociar su compra. Se conserva una carta de H. Jameson con fecha 5 de Agosto de 1905 en la que informaba a Marconi que había elegido una finca de 300 acres (121 Ha.) en Derryinlagh, cerca de Clifden, a un precio de 1.800 libras esterlinas (**Fig. 64 y 65**). En esta carta se menciona en especial la presencia de agua abundante en el terreno, un requisito indispensable para una buena toma de tierra que favoreciera la radiación de las ondas. En Octubre de 1905 comenzaron las obras para la construcción de una estación de radio gigante. Una carta de Arthur Heming de Octubre de 1906 indica el estado de las obras de la estación, podemos darnos una idea de su tamaño leyendo esta carta; en ella dice que se está terminando la instalación de la línea de ferrocarril entre Galway y la futura estación de radio para el transporte de materiales y visitantes (**Fig. 66 y 67**). El ferrocarril era de vía estrecha y la locomotora era de segunda mano. En la carta dice que ha tenido una avería y se está reparando. Más tarde se prolongaron las vías a lo

largo de los mástiles de la antena y hacia la turbera de donde se sacaba el combustible para alimentar las calderas de la central eléctrica de la estación (Fig. 68 y 69).



Fig. 65.- Camino que conduce al pueblo de Clifden.



Fig. 66.- Para la construcción y mantenimiento de la estación de Clifden se empleó un ferrocarril ligero y se tendieron varios kilómetros de vía férrea estrecha.



Fig. 67.- Numerosas personalidades visitaban la estación de Clifden. En esta foto podemos ver al Virrey, Lord Aberdeen.



Fig. 68.- Transporte de turba con el ferrocarril Marconi



Fig. 69.- Extracción de turba para alimentar las calderas de Clifden

CLIFDEN, UNA ESTACIÓN MAMUT

La antena era un nuevo tipo de antena direccional horizontal ideada según los experimentos que se habían hecho entre Glace Bay y Poldhu, y que se instaló más tarde en el resto de estaciones de larga distancia Marconi e imitaron otras compañías en sus estaciones. Era una red de hilos tendidos a lo largo de dos líneas de diez mástiles de madera, veinte en total, de una altura de 61 m que se extendían a lo largo de una milla (1,5 Km.). La estación estaba formada por varios edificios (**Fig. 70**). Al lado de la estación había un lago que favorecía la toma de tierra (**Fig. 71**)



Fig. 70.- La estación de Clifden era de un tamaño realmente grande. A la izquierda se encuentra la residencia de los operadores, en el centro la estación y a la derecha el generador eléctrico. Se pueden ver los postes que sujetaban los hilos de la antena.



Fig. 71.- Al lado de la estación se encontraba un lago, además el terreno era de naturaleza pantanosa.

En la central de energía eléctrica, (**Fig. 72**) las calderas se alimentaban con la turba de las minas cercanas, accionaban a una máquina de vapor que movía a un alternador de 500 kW. (**Fig. 73**) La energía que proporcionaba el alternador se enviaba al edificio del transmisor. Este edificio era grande, medía 106 metros de largo y 23 m de ancho. En él había un motor eléctrico que movía tres dinamos de 5.000 V conectadas en serie que cargaban a una batería de 6.000 celdas. Las celdas eran de cerámica y estaban suspendidas del techo por aisladores de porcelana.



Fig. 72.- Central eléctrica de Clifden.

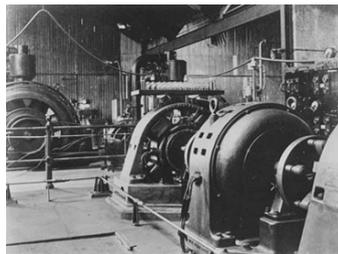


Fig. 73.- Interior de la central eléctrica.

La tensión continua de 15.000 V se aplicaba a un chispero rotativo (**Fig. 74**). En 1908 en el discurso de entrega del Premio Nobel que pronunció Marconi explicó el funcionamiento de este descargador. En Glace Bay se instaló en 1909 un transmisor de este tipo, para más detalles dirigirse al capítulo de la estación de Glace Bay. Este descargador proporcionaba una onda semiamortiguada siempre que se trabajara con frecuencias relativamente bajas. Más tarde se encontró conveniente añadir una modulación para facilitar su detección con los detectores de la época, que eran sensibles a la AM y no indicaban la presencia de una onda continua. Esta modulación se consiguió añadiendo sencillamente unos dientes laterales en el disco descargador. Para aumentar la velocidad de transmisión se empleó por primera vez un procedimiento que no se había aplicado hasta entonces en ninguna estación y era la manipulación por alta tensión. Todas las estaciones manipulaban la señal abriendo y cerrando un interruptor (relé contactor) en el circuito de baja tensión, después se elevaba la tensión con un transformador y se aplicaba al chispero. En la estación de Clifden se hacía la manipulación directamente en el circuito de alta tensión (15.000 V) Esto obligaba a emplear un contactor especial y un sistema de apagado de chispa por corriente de aire a presión (**Fig. 75**). La mayor parte del edificio del transmisor estaba ocupado por el condensador (**Fig. 76 y 77**). Hasta entonces se habían usado en todas las estaciones condensadores de chapas de hojalata separadas por hojas de vidrio y todo ello sumergido en aceite contenido en recipientes hechos normalmente de cemento y madera. En Clifden se decidió

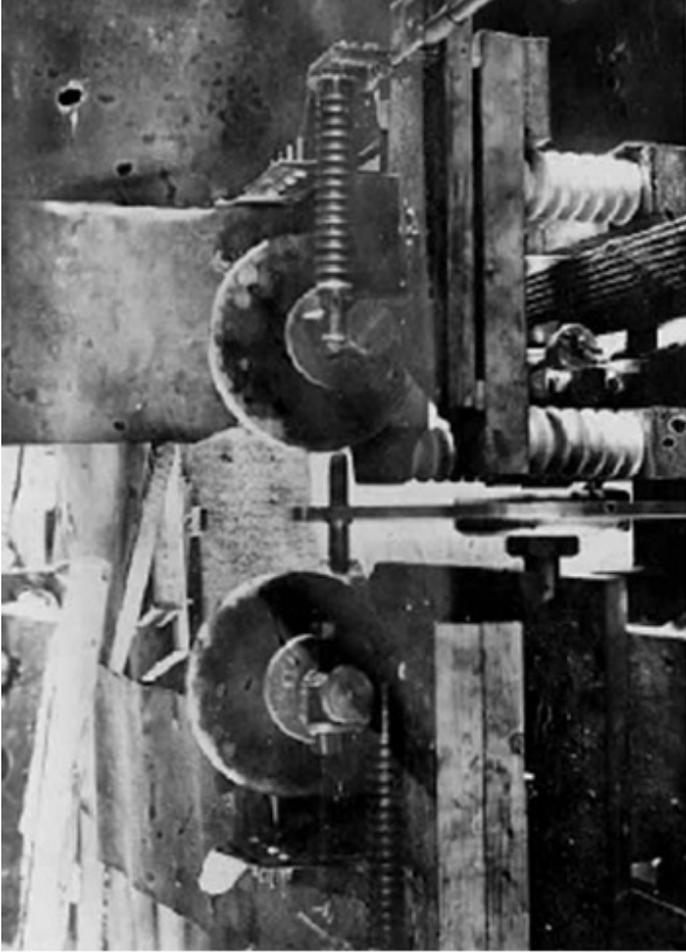


Fig. 74. - Fotografía del descargador del chispero de Clifden.

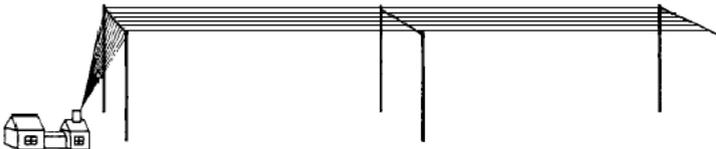
emplear un condensador de aire. Para obtener el aislamiento y la capacidad necesaria se emplearon 1.800 hojas de chapa galvanizada, cada una de 9 x 12,5 m suspendidas de los arcos del tejado por medio de aisladores de porcelana. La longitud de onda de emisión era de 6.000 metros (54 kHz) que mantuvo a lo largo de su vida. El edificio de recepción era un bonito chalet de estilo nórdico (**Fig. 78**). El receptor era un detector magnético con los filtros de sintonía adecuados que se podían ajustar mediante un tablero de conexiones (**Fig. 79**). La estación estaba conectada con Londres mediante líneas telegráficas terrestres. Había varias residencias para los trabajadores y el agua de las calderas se tomaba del lago.



Fig. 75.- Contactor del manipulador en funcionamiento. Se pueden observar las chispas de la alta tensión. Para apagarlas se aplicaba una fuerte corriente de aire.



Fig. 76.- El condensador de Clifden durante su construcción. El hombre de pie al fondo da una idea de su tamaño.



Dibujo mostrando la antena direccional empleada en Clifden. Su longitud era de 1,5 Km. Se soportaba por 20 postes de madera, más tarde se sustituyeron por postes de acero de una altura de 61 m.



Fig. 77.- Un hombre permanece de pie encima de las filas de hojas del condensador.



Fig. 78.- El Chalet de recepción en Clifden. Más tarde se trasladó la recepción a Letterfrack.



Fig. 79.- Operador de la Compañía Marconi recibiendo las señales con el detector magnético.

La construcción de esta estación y la reforma de Glace Bay pusieron a la Compañía Marconi al borde de la quiebra. En Septiembre de 1907 el balance de la Compañía presentaba unos números rojos de 93.000 libras esterlinas (unos 8,5 millones de euros actuales) El presidente de la Compañía, Curbert Hall, explicaba que

“me paso la mitad de mi tiempo intentando conseguir dinero sin éxito, y una gran parte me desaparece sin saber cómo”

Esto le costó la dimisión al presidente Curbert Hall y el despido de 150 trabajadores. Marconi tuvo que comprometer su fortuna personal y hacerse cargo de la compañía. Los trabajos continuaron a buen ritmo, y el 15 de Octubre de 1907 a las 11:30 p.m. Clifden inauguró sus servicios con un radiotelegrama de Lord Averbury para el *New York Times*, que se recibió en la estación de Glace Bay (**Fig. 80**). El servicio trasatlántico entre Glace Bay

y Clifden fue un servicio limitado hasta su apertura completa al público general el 3 de Febrero de 1908.



Fig. 80. - Fotografía de Marconi acompañado por el equipo de la estación de Clifden el día de su inauguración el 15 de Octubre de 1907.

En 1910 – 11 se trasladó Henry Round, un joven y genial ingeniero de Marconi para hacer algunas modificaciones en el transmisor. Además se doblaron los equipos para evitar interrupciones debidas a averías imprevistas, algo que se aplicó más tarde al resto de estaciones de larga distancia. Durante las pruebas el vapor *Principessa Mafalda* recibió las emisiones de Clifden hasta una distancia de 6.500 Km. por el día y 10.850 Km. por la noche estableciendo un nuevo récord mundial.



Fig. 81. - John 'Jack' George Phillips, el radiotelegrafista del *Titanic*, trabajó entre 1908 y 1911 en la estación trasatlántica de Marconi en Clifden. Recibía los mensajes procedentes de la estación de Glace Bay (Nueva Escocia).

Es interesante decir que trabajó en la estación de Clifden durante tres años como operador de recepción, entre 1908 y 1911, John "Jack" Phillips (**Fig. 81**), que en Abril de 1912 ocupaba el cargo de operador jefe de la sala de radio del *Titanic*. Phillips falleció en el hundimiento del *Titanic*. A pesar de haber saltado al agua en el último momento y haberse podido aferrar a una tabla falleció de congelación antes de que llegara el barco de rescate. Su cuerpo nunca se recuperó. En el cementerio de su localidad erigieron una estatua en su honor.

En 1913 el servicio trasatlántico se había quedado insuficiente. Aunque algunas veces se podía mantener comunicación las veinticuatro horas del día, había desvanecimientos que limitaban las horas de disponibilidad. Otro problema es que era un sistema “simplex”, es decir, mientras se transmitía no se podía recibir. Ante las quejas de los usuarios por los frecuentes retrasos, Marconi anunció que doblaría el circuito renovando las estaciones de Poldu y Cape Cod, pero resultó más económico separar la estación receptora de la transmisora para minimizar las interferencias y convertirlo en un circuito dúplex. En Clifden se trasladó la estación receptora a Letterfrack, a una distancia de 32 Km. La antena receptora era un hilo de 1,5 Km. que se extendía a lo largo del valle. La escasa información que se ha podido reunir de la estación receptora de Letterfrack indica que era bastante similar a la estación de Louisburg. Durante la I Guerra Mundial la estación Letterfrack estuvo controlada por la Marina Británica que la mantuvo en funcionamiento hasta finales de 1916 o principios de 1917 en que la cerró el Almirantazgo. Marconi la recuperó tras la guerra pero no volvió a usarla más y sólo se usó ocasionalmente como estación experimental hasta 1922.

CLIFDEN Y LA AERONÁUTICA

El 15 de Junio de 1919 la estación Marconi de Clifden volvió a ocupar las primeras páginas de los periódicos por haber sido el lugar de aterrizaje de John Alcock y Arthur Whitten-Brown en el primer vuelo trasatlántico (**Fig. 82**). Habían despegado de Terranova hacía 16 horas a bordo de un biplano Vickers Vimy con dos motores Rolls Royce Eagle VIII, y se dirigían hacia Londres cuando comenzaron a tener problemas en un motor. Por la madrugada observaron sobre el horizonte una línea de tierra y no tardaron en ver las torres de la estación Marconi de Clifden. Se dirigieron hacia ellas. Al llegar dieron una vuelta a la estación tratando de encontrar un terreno apropiado para aterrizar, pero finalmente tuvieron que aterrizar en un pantano y el avión capotó. Habían recorrido 2.500 Km. en algo más de 16 horas. No tardaron en acudir los soldados, operadores de la estación y otras personas en pijama que se habían puesto apresuradamente un abrigo. Tras el brusco aterrizaje fueron atendidos en la estación y se trasladaron a Clifden en el ferrocarril Marconi de vía estrecha. Allí enviaron telegramas a Londres reclamando el premio establecido por el *Daily Mail* para el primer vuelo del Atlántico. Al día siguiente se trasladaron a Galway en el ferrocarril de Marconi y desde allí a Londres, donde fueron recibidos como héroes (**Fig. 83 y 84**)

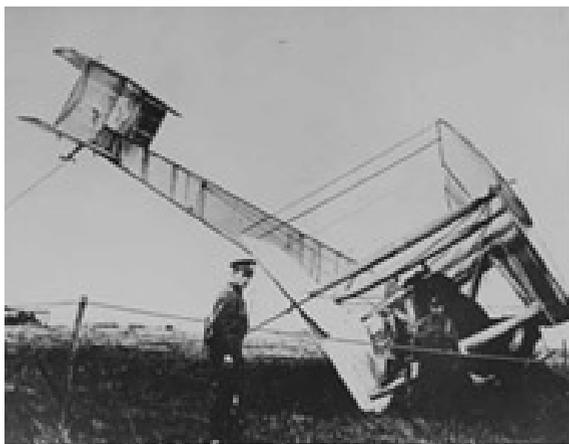


Fig. 82.- Biplano Vickers Vimy de Alcock y Brown después de su accidentado aterrizaje de emergencia en Clifden el 15 de Junio de 1919.



Fig. 83.- John Alcock y Arthur Whitten-Brown atendidos en la estación Marconi de Clifden.



Fig. 84.- Alcock y Brown trasladándose en el ferrocarril de vía estrecha Marconi.

GUERRA ANGLO IRLANDESA, EL FINAL DE CLIFDEN

También durante el año 1919 hubo graves acontecimientos políticos en Irlanda. Todo comenzó con la discusión del tratado Anglo-Irlandés que otorgaba un autogobierno del estado irlandés, con su propio ejército y policía, pero a su vez Irlanda sería un territorio del Imperio Británico con el Rey Inglés como jefe de estado. Esto provocó una división entre los independentistas y los fieles al Imperio Británico que acabó en una guerra civil entre Junio de 1922 y Abril de 1923 y con la división de Irlanda en la República de Irlanda e Irlanda.

En el transcurso de esta guerra Clifden fue tomada por las tropas irregulares irlandesas, y al tratarse de una posesión enemiga (Inglaterra) la inutilizaron. La compañía Marconi traspasó el tráfico de Clifden a su estación de Carnarvon, en Gales. Por aquellos días la tecnología había avanzado gracias a la electrónica. Ya no era necesario construir las estaciones en la costa, lejos de las grandes aglomeraciones urbanas, y Marconi abandonó la estación de Clifden. Desmanteló lo que quedaba en pie y desmontó la estación receptora experimental que mantenía en Letterfrack.

En las actas parlamentarias del Gobierno Irlandés del 25 de Octubre de 1922 aparecen varias preguntas sobre la intención de la Compañía Marconi. El cierre de la estación había enviado a varios trabajadores al desempleo y había cerrado las turberas en un área que había crecido gracias a la estación. Hoy día unos fundamentos de cemento marcan el lugar ocupado por la estación, y un pequeño monumento que recuerda el timón de cola de un avión indica el punto donde aterrizó el Vickers Vimy de Alcock y Brown.

NEW BRUNSWICK

New Brunswick, y su estación receptora en Belmar, tuvieron una corta vida en un momento tumultuoso pero la vivieron intensamente. Hicieron honor al lema “Vivir rápido y deprisa”. Representaron un valor incalculable para el mantenimiento de las comunicaciones entre los EE.UU. y Europa durante la I Guerra Mundial. Los contactos con Alemania que abrieron las negociaciones para el Armisticio y el fin de la I Guerra Mundial se hicieron desde New Brunswick, y desde esta estación se mantuvo el contacto en fonía con el SS. *George Washington* en su viaje a Francia con el Presidente W. Wilson para participar en las conversaciones del Tratado de Versailles.

En esta estación se instaló el primer transmisor Alexanderson de 200 kW hacia el final de la guerra, lo que la convirtió en la estación más avanzada del mundo para las comunicaciones trasatlánticas.

LA CADENA DE RADIO MUNDIAL

En Octubre de 1912 la Compañía Marconi anunció en su publicación *Marconigraph* su intención de establecer una red mundial de estaciones de alta potencia que rodearan la Tierra. Las estaciones se localizarían en Nueva York, Canal de Panamá, San Francisco, Hawaii, Las Filipinas, Singapur, Aden, Egipto y Londres. Todas las estaciones serían de similares características. En esta cadena mundial se incluirían las proyectadas estaciones de la Red Imperial Británica. Se eligió a New Brunswick como el lugar de construcción del transmisor. La estación receptora se construiría en Belmar, separadas por 80 Km.

La prensa de los EE.UU. se hizo eco de estos planes y les dio la bienvenida. Por fin los EE.UU. iban a contar con una auténtica estación de alta potencia que le pondría en comunicación directa con Europa. Hasta entonces la estación americana del enlace trasatlántico era Glace Bay, en el Canadá. Las obras de construcción comenzaron rápidamente. La estación de recepción se terminó antes que la estación transmisora. El 9 de Julio de 1914 se hicieron las últimas pruebas y la estación quedó lista para funcionar. El 4 de Agosto de 1914 estalló la I Guerra Mundial, el Gobierno Británico se hizo cargo de todas las estaciones Marconi en territorio británico y se trastocaron totalmente los planes de Marconi con respecto a la Cadena Mundial, la estación de New Brunswick no fue ajena a estos sucesos.

EL PRIMER TRANSMISOR DE NEW BRUNSWICK

El transmisor de New Brunswick seguía el diseño de las estaciones Marconi de alta potencia. Se encontraba a 3 Km. de la población de New Brunswick, en la orilla del canal de Raritan. Estaba formada por varios edificios siguiendo los estándares de las demás estaciones Marconi de larga distancia, el edificio del transmisor, la central eléctrica, el hotel para los empleados, y dos chalets para el director y el ingeniero jefe (**Fig. 85, 86, 87 y 88**). Los edificios estaban contruidos en ladrillo rojo. Durante la construcción de la estación se empleó como oficina un antiguo edificio que había alojado al General Lafayette durante la Guerra de Independencia Americana.



Fig. 85.- Hotel de New Brunswick para los operarios de la estación.



Fig. 86.- Edificio del transmisor. Se pueden ver las 32 bajadas de los hilos de la antena.



Fig. 87.- Los chalets del ingeniero jefe y su ayudante.



Fig. 88.- Sala de estar y biblioteca del hotel de New Brunswick.

La central eléctrica proporcionaba una corriente de 1.100 voltios a 60 Hz. que se enviaba al edificio del transmisor. Allí se rebajaba la tensión a 440 voltios y alimentaba a un motor de 550 CV que accionaba un alternador de 300 kW y 120 Hz. (**Fig. 89**). Esta tensión se enviaba a un banco de transformadores de alta tensión cuyos secundarios se podían conectar en serie o en paralelo según la potencia deseada. Estos transformadores se podían

desconectar de forma independiente, lo que facilitaba su sustitución en caso de avería sin necesidad de detener por completo la estación (**Fig. 90 y 91**).



Fig. 89.- Interior de la estación.

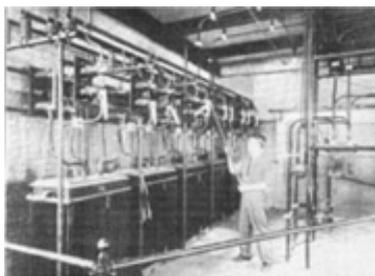


Fig. 90.- Transformadores de alta tensión.

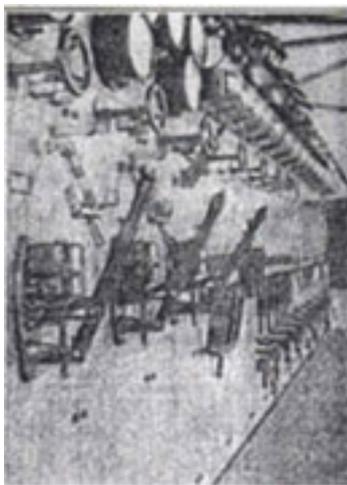
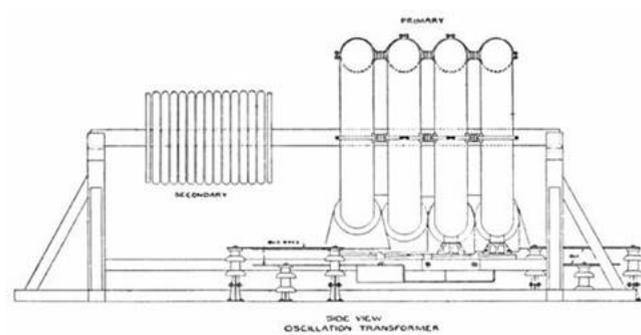


Fig. 91.- Cuadro de mando de la estación de New Brunswick.

Quando se hacía funcionar la estación a plena potencia la tensión resultante de los transformadores era de 24.000 Voltios. Esta tensión se enviaba a un descargador rotativo de chispa de grandes proporciones. Girando una manivela se podía ajustar a la posición del chasis que soportaba los electrodos fijos respecto al disco dentado, con este ajuste se hacía saltar la chispa siempre en el punto adecuado de la onda senoidal de la corriente de alimentación y proporcionaba un tono más constante en los auriculares (es el transmisor llamado de chispa sincrona). El disco descargador, de grandes proporciones, estaba unido directamente al eje del alternador. El transformador oscilante estaba formado por cuatro espiras no cerradas (un anillo de 345 grados) unidas entre sí con placas de cobre formando una bobina de cuatro espiras. Estas espiras estaban hechas de tubo hueco de 30 cm de grosor, el diámetro de la bobina era de 1,52 m. La bobina secundaria eran catorce espiras de hilo trenzado formado de 36 hebras forradas con dos capas de algodón. Esta bobina secundaria estaba montada en un marco de madera que se podía deslizar y acercarla más o menos a la bobina primaria

para ajustar el acoplamiento entre ambas. La manipulación se efectuaba con relés especiales que cortaban la alta tensión. Las grandes chispas que saltaban entre los contactos del relé se apagaban mediante una fuerte corriente de aire que contribuía a su enfriamiento. También se dirigía una fuerte corriente de aire hacia el chispero rotativo. Este sistema de manipulación permitía una mayor velocidad de transmisión que podía llegar hasta las 100 ppm. El condensador de la estación era un banco de 384 condensadores de chapas de cinc y vidrio sumergidas en aceite. Estos se dividían en cuatro grupos, y cada grupo en cuatro secciones, cada sección tenía veinticuatro condensadores que se conectaban en serie o paralelo hasta obtener la capacidad deseada. Los tanques de los condensadores eran de gres, de 75 cm de alto, 42 cm de ancho y 17,5 cm de grueso. Las placas estaban colgadas de tirantes que se podían subir para cambiar fácilmente las placas dañadas.



Vista lateral del transformador de oscilación.

La antena transmisora era una L invertida dirigida hacia Gales. La parte superior de la antena eran 32 hilos que se extendían a lo largo de 1,5 km. sujetos por dos filas de seis mástiles tubulares de acero (doce en total) de una altura de 122 m. Las dos filas de mástiles estaban separados por 76 m. La toma de tierra era muy elaborada, y seguía el procedimiento estándar de Marconi. Del edificio transmisor salía una red radial de hilos que terminaban en unas placas de cinc enterradas verticalmente y dispuestas en círculo. De estas placas salían otros hilos que terminaban en otro círculo de placas exterior. De este círculo exterior salían otros hilos que se extendían por debajo de la antena. También se enterraron varias placas de cinc bajo el lecho del río Raritan cerca de la desembocadura en el océano. La longitud de onda fundamental de la antena era 8.000 m (37,5 kHz) y se emitía en 15.000 m (20 kHz) El indicativo de la estación era NFF.

Los mástiles estaban formados por tramos cilíndricos de acero divididos en cuatro secciones sujetas por tornillos y seguían un método de montaje bastante curioso. Se comenzaba preparando una base de cemento para

sujetar la parte inferior del mástil y los anclajes para los vientos. Se colocaba un poste de madera vertical, se pasaba una larga cuerda por una polea que atravesaba el poste por la parte inferior y se llevaban los dos extremos de la misma hacia arriba. Se empezaban a montar las secciones cilíndricas alrededor del poste de madera. Una vez que los tubos de acero habían llegado prácticamente a la parte superior del poste se sujetaba un extremo de la cuerda al tubo de acero y se estiraba el otro extremo de la cuerda desde abajo, bien con una caballería o con un vehículo a motor. Esto hacía subir al poste de madera, y con él subía también una cesta que colgaba de una cruz en la parte superior del poste. Una vez que había ascendido lo suficiente, se hacía pasar un travesaño por unos agujeros del tubo de acero que impedía que se bajara el poste. De esta forma, a medida que se montaba el mástil se iba subiendo la cesta con los trabajadores. Este sistema facilitaba el montaje y el mantenimiento, pues una vez terminado el mástil se dejaba una polea con cuerdas a la que podía atarse la cesta en el momento que fuera necesario volver a subir (**Fig. 92**).

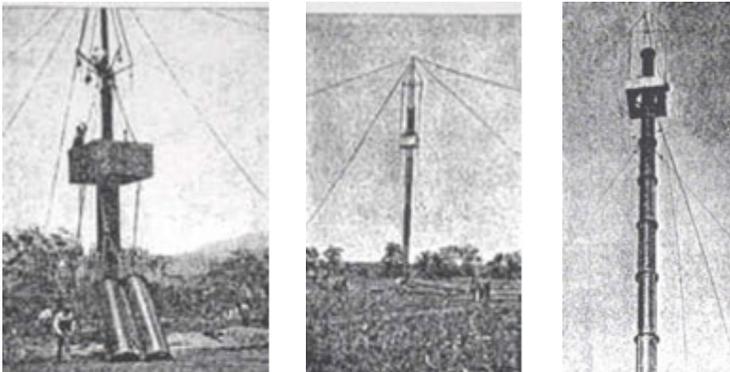


Fig. 92.- Diversas etapas del proceso de construcción de un mástil.

Como se ha indicado, la estación de New Brunswick se terminó el 9 de Julio de 1914. Los transmisores automáticos Morse se encontraban en las oficinas de la Compañía Marconi en el 42 de Broad Street de Nueva York (**Fig. 93**), que se conectaba mediante líneas terrestres con la estación transmisora de New Brunswick y con la estación receptora de Belmar. Todo estaba listo para comenzar el servicio con Carnarvon (Nueva Gales) que estaba cerca de terminarse. El 4 de Agosto de 1914 estalló la I Guerra Mundial y el Gobierno Británico confiscó la estación de Nueva Gales. La estación de New Brunswick se quedó en situación de espera. El efecto inmediato de la guerra en los EE.UU. fue mantener una estricta neutralidad, y para garantizarla se enviaron censores a las diversas estaciones de radio

(Sayville, Cape Cod, Siasconsett, Belmar y Miami) La Compañía Marconi protestó contra la censura impuesta y anunció que no la aceptaba. El 2 de Septiembre la estación de Siasconsett tramitó un mensaje para el crucero británico HMS *Suffolk* sin contar con la autorización del censor, y las autoridades americanas cerraron la estación.

Inglaterra había cortado los cables de Alemania al inicio de la guerra y el único medio que tenían los EE.UU. para contactar con Alemania (Nauen) era mediante las estaciones de Tuckerton y Sayville, la primera era propiedad de la compañía alemana Homag (enlazaba con Eilvese) y Sayville era propiedad de una compañía filial de Telefunken (enlazaba con Nauen).



Fig. 93. - Situación de las oficinas de la Compañía Marconi en Nueva York.

EL ALTERNADOR ALEXANDERSON

General Electric había construido en 1906 un alternador para Fessenden de 2 kW y 100.000 Hz. Después de la entrega del alternador, Ernest Alexanderson continuó su desarrollo en General Electric hasta construir en 1915 un alternador de 50 kW 50.000 Hz y que Marconi vio en una visita a la fábrica de Schenectady. El resultado de esta visita fue que aceptó montar el alternador en la estación de New Brunswick para hacer pruebas de transmisión una vez que estuviera listo para las pruebas. El 2 de abril de 1917 los EE.UU. entraron en la guerra y por orden ejecutiva, todas las estaciones de radio en territorio de los EE.UU. pasaron a depender del Departamento Naval con potestad para cerrar las estaciones no necesarias, desmontarlas y modificarlas a voluntad. La instalación del alternador estaba muy avanzada y General Electric solicitó al Departamento Naval que les permitiera continuar con la instalación y las pruebas del alternador. El Departamento Naval accedió rápidamente. La instalación del alternador iba acompañada de una serie de dispositivos auxiliares ideados por Alexanderson (modulador magnético, control automático de velocidad y un nuevo sistema de sintonía que reducía la resistencia de la antena, este sistema consistía en dividir la antena existente en seis antenas independientes con seis bajantes, sintonizar cada una por separado a la longitud de onda y alimentar cada una con la señal en la fase adecuada para sumar la radiación. Este sistema multiplicaba por cinco la eficacia de radiación.) En Noviembre se había obtenido la suficiente información sobre las importantes mejoras y la Marina ordenó el cese de las pruebas. (**Fig. 94**)

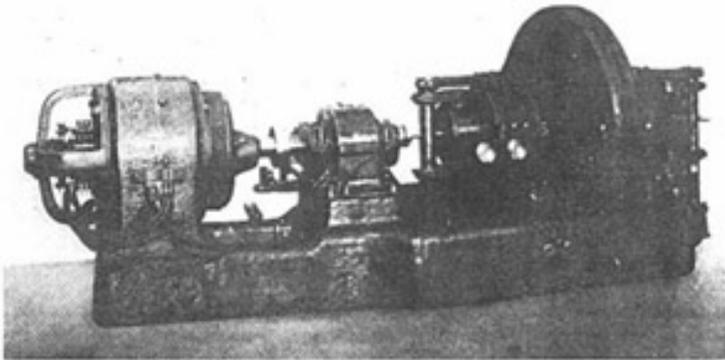


Fig. 94.- Alternador Alexanderson de 50 kW que se instaló en la estación de New Brunswick para pruebas.

El alternador de 50 kW era muy superior al transmisor de chispa original de New Brunswick de 300 kW y tenía un rendimiento más elevado que los alternadores alemanes Goldschmidt y Telefunken que trabajaban a frecuencias inferiores y contaban con un sistema de multiplicación de frecuencia (interno en el caso del alternador Goldschmidt y externo en el caso del alternador Telefunken, para más detalles ver Apéndice). El Departamento Naval se apresuró a solicitar a General Electric que desarrollara y construyera un alternador de mayor potencia (200 kW) y solicitó a la Compañía Marconi que lo instalara en New Brunswick. La junta directiva de Marconi no aceptó sufragar los gastos de esta nueva instalación no solicitada por ellos, pero General Electric respondió que se haría cargo de todos los gastos del desarrollo e instalación. Durante el resto de la guerra la estación de New Brunswick se encargó de todas las comunicaciones con Europa manteniendo una fiabilidad nunca vista hasta entonces en ninguna otra estación. En Enero de 1918 comenzaron las obras de instalación del nuevo alternador, y en Junio de ese mismo año estaba completamente instalado, haciendo de New Brunswick una de las estaciones más potentes y avanzadas del mundo en ese momento. El propio Ernest Alexanderson explicó en Octubre de 1920 las características de este alternador en la publicación de General Electric:

El sistema que se describe es del tipo que emplea un alternador de radio frecuencia. La instalación de New Brunswick contiene el alternador de 50 kw mostrado en la Fig. 94, que trabajó durante algún tiempo de forma experimental como radio teléfono con una longitud de onda de 8.000 metros, y más tarde en servicio de radiotelegrafía trasatlántica en 9.300 metros.

Un equipo grande, como el que está en servicio continuo consiste del alternador de 200 kw. Los polos son proyecciones en cada cara de un disco cerca de la periferia. Las ranuras entre estos polos son radiales con el eje del disco y están llenas con material no magnético para presentar una superficie lisa y reducir la fricción del aire al mínimo. El disco gira entre dos armaduras laminadas enfriadas por agua. El bobinado de la armadura es un hilo que corre adelante y atrás sujeto firmemente sobre las ranuras abiertas, está dividido en 64 secciones, cada sección genera 100 voltios y 30 amperios. La corriente generada por estas 64 bobinas se recoge en un transformador de núcleo de aire montado en la parte superior de la máquina.

Este transformador tiene 64 bobinas primarias independientes correspondiendo a las bobinas de la armadura. El único secundario del transmisor completa la salida del alternador. Este transformador colector se considera como parte integrante de la unidad generadora, y al momento de calcular las características de la unidad generadora, la fuerza electromotriz y la corriente, se recogen de este bobinado secundario. A plena carga el alternador proporciona 100 amperios a una fuerza

electromotriz de 2.000 voltios. El alternador está diseñado para una resistencia de carga de 20 ohmios. La misma máquina puede adaptarse para cualquier otra resistencia de carga seleccionando diferente número de vueltas del secundario del transformador colector. La razón de porqué esta máquina se diseñó en particular para una corriente de alto voltaje y baja corriente se discutirá después al presentar el nuevo tipo de antena que se usa.

El alternador de 200 kw de New Brunswick está funcionando a una longitud de onda de 13.600 metros corriendo a una velocidad de 2.170 r.p.m. Se mueve con un motor de inducción y engranajes con una relación de 2,97:1. Cuando se emplea el alternador como fuente de radiación la longitud de onda está determinada directamente por la velocidad de rotación de la máquina. Obviamente es muy importante que la velocidad de rotación sea lo más absolutamente constante que se pueda hacer. Un accesorio importante del alternador es el regulador de velocidad. El alternador de 50 kw en la **Fig. 94** se mueve con un motor de corriente continua, mientras que el equipo de 200 kw se mueve con un motor de inducción del tipo de anillo. El equipo de 50 kw está equipado con un motor de corriente continua debido a que la regulación de velocidad de este tipo de motor es más sencillo. Se ha decidido un motor de inducción en el último tipo porque se puede obtener fácilmente la energía de corriente alterna en muchos sitios.

Regulador de velocidad

El regulador de velocidad consiste de un elemento que determina la velocidad y otro elemento de control de potencia. El elemento que determina la velocidad es un circuito de radio frecuencia resonante alimentado por una de las 64 bobinas que es idónea para este propósito. La energía oscilante de esta radio frecuencia se asocia por medio de acoplamientos magnéticos con un circuito rectificador donde la radio frecuencia se transforma en corriente continua. Esta corriente rectificada actúa sobre el electroimán de un regulador vibrante del tipo que se usa generalmente para regular el voltaje en las estaciones potentes. Cuando el motor es un motor de corriente continua se puede ver fácilmente como este regulador vibrante controla la velocidad regulando el voltaje de la energía aplicada al motor. Para conseguir lo mismo con un motor de inducción se han introducido algunos elementos nuevos.

Se hace funcionar un motor de inducción normal a potencial constante. Cuando el motor corre libre, la línea de la corriente magnética es casi de potencia cero. Esto entrega un bajo factor de potencia. Cuando el motor gira a plena carga, su factor de potencia presenta un factor alto, el motor usado tiene un factor de potencia del 90 por ciento.

*Cuando se ajustó la estación de New Brunswick, se encontró que la longitud de onda que se deseaba requería que el motor de inducción trabajara a un factor del 19 por ciento. El reostato en el secundario del motor podía ajustarse fácilmente y así el motor podía entregar la potencia deseada a plena carga al 19 por ciento. Ya que la salida del alternador varía continuamente al modular los puntos y las rayas del código telegráfico, el motor está cargado y descargado alternadamente, teniendo tendencia el motor a girar más deprisa durante los intervalos. Si varía el potencial de la fuente de alimentación de un motor de inducción, el par del motor varía con el cuadrado de la tensión. Es fácil mostrar, por la teoría del motor de inducción, que si un motor consume energía al 90 por ciento del factor de potencia a plena carga y la carga se reduce a $\frac{1}{4}$ reduciendo el voltaje a la mitad, el factor de potencia permanece al 90 por ciento. De hecho, siempre consume energía al factor del 90 por ciento sin considerar si la carga de la fuente de alimentación está ajustada en acuerdo, mientras permanece constante la resistencia del secundario, la velocidad permanece también constante. Puede decirse que el método estándar de accionar un motor de inducción es con potencial constante y factor de potencia variable. El método de actuación del motor del equipo de radio podría caracterizarse como de potencial variable y factor de potencia constante. El problema aquí presentado es cómo encontrar los medios de variar el voltaje aplicado en acuerdo con la acción del elemento determinante de velocidad, y esto se ha conseguido de la siguiente manera: Entre el motor y la fuente de alimentación se introduce una bobina de choque con núcleo de hierro, la permeabilidad se puede variar por saturación. El cambio en la permeabilidad se produce por medio de una corriente continua que está controlada por el regulador vibrante. Cuando el motor gira a plena carga el núcleo de hierro está saturado y por tanto el efecto de choque es prácticamente cero. A una carga fraccional el efecto de choque está ajustado automáticamente por medio del regulador y así el motor entrega todo el tiempo la energía necesaria permaneciendo a velocidad constante. El motor trabaja todo el tiempo a la máxima eficacia y factor de potencia, pero el factor de potencia de la corriente dada por las líneas varía con la carga. Así cuando el motor trabaja a $\frac{1}{4}$ de carga, el factor de potencia de la línea es del 45 por ciento, mientras que el factor de potencia del motor es del 90 por ciento. El circuito del regulador se muestra en la **Fig. 95** y la fotografía del vibrador regulador en la **Fig. 96**.*

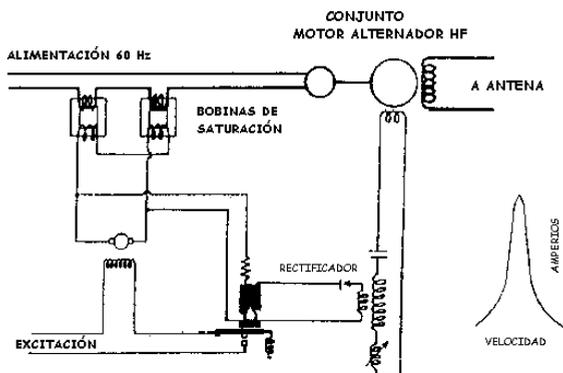


Fig. 95.- Esquema del regulador de velocidad del alternador Alexanderson.

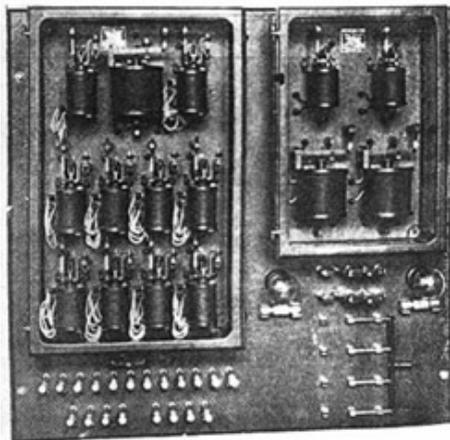


Fig. 96.- Fotografía del regulador de velocidad del alternador Alexanderson.

Sistema de modulación

El método de controlar la energía de radio frecuencia involucra un aparato que se ha conocido como "amplificador magnético". Este dispositivo está descrito por el autor en un papel en Proceedings of the Institute of Radio Engineers de Enero de 1916, y nos referiremos brevemente a él. El amplificador magnético es un dispositivo que físicamente es un transformador refrigerado por aceite. El núcleo de hierro está hecho de finas láminas, diseñado de tal manera que la permeabilidad magnética del núcleo puede variarse por saturación. Con una combi-

nación especial de circuitos sintonizados es posible separar la corriente de control de la corriente de radio frecuencia y así una corriente relativamente débil de unos pocos amperios puede controlar una corriente de muchos cientos de amperios en la antena.

Cuando se usa la estación transmisora para radiotelegrafía, el amplificador magnético está controlado por el relé telegráfico que forma parte del sistema de telegrafía por hilo. Durante la guerra el servicio de telegrafía estaba centralizado en la sala de radio del Departamento de Comunicación Naval en Washington. Cuando la estación se usa en telefonía la corriente de control es una corriente telefónica amplificada. Aunque el amplificador magnético ha demostrado ser un dispositivo de control satisfactorio y muy fiable para la telegrafía ordinaria, sus mayores ventajas están en la telegrafía de alta velocidad y en las transmisiones telefónicas debido a la acción magnética instantánea al no tener que actuar ningún contacto.

El campo eléctrico que se creaba debajo de la antena era muy alto. Albert Hoyt Taylor, el ingeniero naval que estuvo a cargo de la estación de New Brunswick y Belmar durante la I Guerra Mundial escribió en su libro “*Recuerdos de medio siglo de radio*”:

Una cosa interesante de la estación de New Brunswick era que gracias a su buena alimentación de alta potencia y a su antena relativamente baja, existía un fuerte campo eléctrico bajo la antena. Como esta instalación tenía cerca de una milla y media de longitud y la reserva no estaba muy bien vallada, la Oficina de Mando de New Brunswick tenía patrullas continuas, en especial por la noche, bajo esta antena, para protegerla de cualquier posible sabotaje. Los centinelas estaban armados con rifles y bayonetas, pero en las noches oscuras se podían ver a cierta distancia las chispas azuladas saltando de la punta de la bayoneta y se podía adivinar la posición del centinela. En invierno, cuando los centinelas llevaban guantes, no sufrían muchos inconvenientes, pero en el verano cuando tenían las manos desnudas, las corrientes inducidas quemaban sus dedos de una forma molesta, y nos vimos obligados a sustituir los rifles y bayonetas.

La estación gasolinera estaba bajo la antena, y había que conectar a tierra todos los coches mientras estaban aparcados en la estación de repostaje. También había que conectar a tierra la boquilla de la manguera. De no haber tomado estas precauciones hubiéramos tenido más de un incidente serio...

Este alternador se escuchaba en toda Europa. Era la primera vez que algunos países de Europa captaban una estación americana.

NEW BRUNSWICK Y EL FINAL DE LA GUERRA

Una de las primeras transmisiones del nuevo alternador de 200 kW fue la declaración de los “Catorce Puntos” del Presidente Wilson dirigidos hacia Europa. El 20 de Octubre New Brunswick envió un mensaje en inglés sin codificar destinado a la estación alemana de Nauen. El diario *New York Evening Post* lo narró como sigue:

Eran las 12 del mediodía –un día, el 20 de Octubre– cuando un operador de radio del gobierno en su puesto en un país aliado se sobresaltó con una señal que provenía de la estación de New Brunswick. Los operadores de las estaciones de radio de las potencias centrales no se podrían haber sorprendido más.

“POZ – POZ – POZ – de NFF”, zumbaba la radio. Los operadores de radio aliados imaginaron inmediatamente una traición, operaciones de espionaje descarado alemán en los EE.UU. Tuvieron visiones de un escándalo de guerra en América, como nunca había visto el mundo, cortes marciales, pelotones de fusilamiento y una posible revolución en América.

POZ es el indicativo de radio de la estación de radio alemana de Nauen, un suburbio de Berlín, y NFF es el indicativo de la estación naval de los EE.UU. en New Brunswick, y los dos no habían hablado en mucho tiempo.

En la estación de Nauen debía haber un auténtico prusiano, porque en dos o tres minutos respondió complacientemente: “Sus señales son muy buenas, amigo”.

Después de esto el “amigo” de New Brunswick procedió a enviar a través del éter un mensaje que no era tan excelente como claro. No se usó ningún código. El mensaje estaba en inglés. Era el primer mensaje que dirigía el Presidente Wilson a los alemanes sugiriendo que los aliados no harían negociaciones para un armisticio y la paz con el gobierno alemán constituido (el Káiser)..

Continuaron durante varios días las negociaciones por medio de la radio entre Nauen y New Brunswick hasta aceptar que saliera el Káiser de Alemania, lo que precipitó la firma del Armisticio el 11 de Noviembre de 1918.

Después del final de la guerra el Secretario Naval Daniels se movió para seguir reteniendo las estaciones de radio, o en su defecto, pasaran a ser propiedad del Gobierno. En el capítulo de Cape Cod se narra en más detalle los movimientos del Secretario Daniels y la respuesta del Congreso, que interrumpió y anuló sus movimientos en este sentido.

Pero las cosas habían cambiado en los años de la guerra. La tecnología había progresado enormemente. Se disponía de sensibles receptores a

válvulas, los enormes transmisores de chispa, la columna vertebral de la Compañía Marconi, se habían quedado obsoletos. El futuro estaba en los alternadores Alexanderson. Un ejemplo de esto lo dio el propio transmisor de New Brunswick. Los ingenieros de General Electric, junto con Alexanderson, construyeron un amplificador de 18 válvulas Pliotron que amplificaban la señal de un micrófono de carbón y la aplicaban a un modulador magnético refrigerado por aceite. Eso permitía modular con una señal de audio la portadora del alternador de 50 kW, convirtiendo a la estación de New Brunswick en el transmisor radiofónico más potente en aquel tiempo (**Fig. 97**). El 18 de Enero de 1919 se iniciaron las conversaciones de paz de Versailles, que durarían hasta el 28 de Junio, y donde asistieron los presidentes de las diversas potencias aliadas que habían intervenido en la guerra, entre ellos el Presidente Woodrow Wilson. El 1 de Marzo de 1919 el Departamento Naval solicitó a General Electric que instalara un radioteléfono en el SS *George Washington* para que el Presidente pudiera mantenerse en contacto con Washington por medio de la estación de New Brunswick.

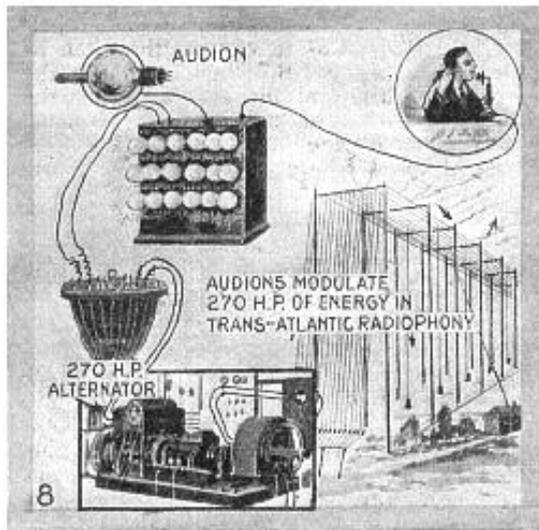
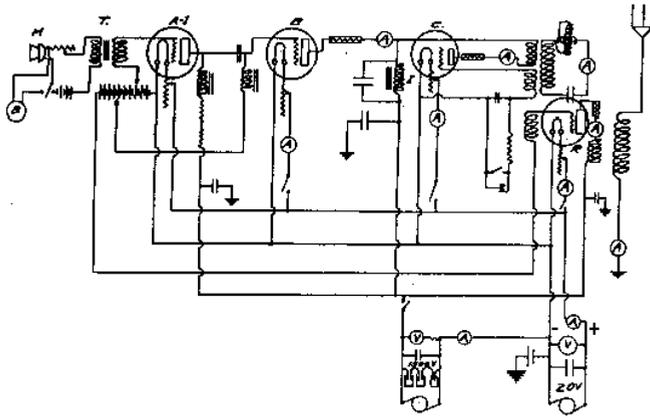


Fig. 97.- Dibujo del transmisor de fonía con el alternador de 50 kW de New Brunswick que se usó para mantener las comunicaciones con el Presidente Wilson en el S.S. *George Washington*.



Transmisor de fonía del S.S. *George Washington* El paso final eran 20 válvulas de 200 vatios es paralelo. Por razones de claridad en el esquema sólo se ha dibujado una válvula.

Al ser imposible montar y hacer funcionar un alternador de alta frecuencia en un barco, General Electric decidió construir un equipo transmisor de tubos de vacío, empleando los Pliotrones de mayor potencia que se fabricaban entonces (200 w). El transmisor del SS *George Washington*, a grandes rasgos, era el siguiente:

Un micrófono de carbón se conectaba por medio de un transformador a un Pliotrón de 50 w, después seguían dos tubos de 200 w en paralelo, que actuaban de moduladores del oscilador, otros dos tubos Pliotron similares de 200 W en configuración de oscilador Armstrong. El sistema de modulación era Heising (por medio de una inductancia de baja frecuencia) La etapa de salida eran veinte tubos de 200 w en paralelo conectados inductivamente con el oscilador. Se alimentaban todos los tubos a 1.600 V y empleaba una batería de 20 V para las polarizaciones. La frecuencia de transmisión era de 170 kHz. Durante el viaje hacia Brest se mantuvieron en contacto radiofónico con New Brunswick hasta una distancia de 1.400 Km., en que sus señales se desvanecieron en medio de la estática, la estación de Otter Cliffs lo recibió hasta 3.200 Km. Poco después de regresar de París se desmontó el modulador de fonía de New Brunswick y se destinó el alternador para el servicio de radiotelegrafía trasatlántica.

Con todos estos avances tecnológicos la cadena Mundial de Marconi se tenía que volver a reconstruir de nuevo partiendo de cero. La Compañía Marconi se dirigió a General Electric para la adquisición de 24 alternadores Alexanderson y sus derechos de uso en exclusiva por algo más de 3 millones de dólares, sin embargo se tropezó con la Marina de los EE.UU.

DESAPARECE AMERICAN MARCONI Y SURGE LA R.C.A.

Las negociaciones de la Compañía Marconi llegaron a oídos de la Marina. Durante la guerra se había visto la enorme dependencia que tenían los EE.UU. en el campo de las comunicaciones internacionales. Los principales cables submarinos estaban controlados por compañías británicas. Después de que los alemanes cortaran dos cables durante la guerra, las comunicaciones internacionales pasaron a depender de la radio. Las principales estaciones estaban en manos extranjeras (la más importante, American Marconi, era filial de la firma británica Wireless Marconi, y la estación más importante de los EE.UU., y una de las más avanzadas del mundo, New Brunswick, pertenecía a Marconi. El control en exclusiva del alternador Alexanderson otorgaría a Marconi un monopolio mundial de la radio. La Marina, que seguía controlando todas las estaciones de radio de los EE.UU. no estaba dispuesta a consentirlo. Como se indica en el capítulo de Cape Cod, el Secretario Daniels dio pasos hacia un control total de las estaciones de radio por la Marina, o en su defecto por el Gobierno. El Congreso se mostró en contra de los deseos del Secretario Daniels y aprobó la devolución de todas las estaciones a sus propietarios para el 1 de Marzo de 1920. Había que moverse deprisa. Mientras se estaba celebrando la Conferencia de Paz en París varios altos oficiales de la Marina pidieron a General Electric que detuviera la venta de los alternadores a la Compañía Marconi Wireless y solicitaron una entrevista con altos cargos de General Electric. Esta entrevista se celebró el 7 de Abril de 1919, y en medio de discursos patrióticos les convencieron de que cortasen las negociaciones con la Compañía Marconi sobre la venta del alternador. Unos días más tarde General Electric se encontró que la única compañía que estaba en condiciones de adquirir el alternador Alexanderson era Marconi, y descubrió dolorosamente que habían invertido millones de dólares en el desarrollo de un aparato para el que no había mercado. Después de varias conferencias con la Marina se obtuvo la promesa que el Congreso apoyaría la creación de un gran grupo de comunicaciones americano. El 30 de Mayo de 1919 se hizo un borrador entre representantes de General Electric y la Marina recomendando al Congreso que garantizara el monopolio americano de las comunicaciones internacionales a una Corporación de Radio. Este fue el pistoletazo de salida para la creación de la RCA. El 5 de Septiembre la junta directiva de American Marconi con el apoyo de General Electric adquiría las acciones británicas. El 17 de Octubre de 1919 American Marconi pasaba a denominarse oficialmente Radio Corporation of America (RCA), constituida bajo las leyes del Estado de Delaware. Para los trabajadores de la hasta entonces American Marconi el único cambio que notaron fue el cambio del nombre que aparecía en la nómina mensual. Ahora, con todo bajo el control americano, no había ningún temor a que una compañía extranjera dominara las comunicaciones. (En 1921 General Electric entró en

negociaciones con AT&T, que poseía la patente de las válvulas, una patente decisiva para la radio, y tras un acuerdo de intercambio de patentes ambas compañías se convirtieron en accionistas principales de la RCA.)

El 1 de Marzo, a medianoche, las estaciones de radio pasaron a ser de sus anteriores propietarios, excepto las estaciones de Tuckerton y Sayville, que al ser de propiedad alemana se requisaron como compensación de guerra. En la estación de New Brunswick no hubo ninguna ceremonia, los antiguos directivos de la Compañía Marconi (David Sarnoff, Winterbotom y otros) ocuparon sus despachos y... nada más. Comenzaron las operaciones rutinarias de tráfico. La estación de New Brunswick fue la estación más importante de los EE.UU. para las comunicaciones internacionales hasta la aparición de Radio Central. A partir de ese momento New Brunswick se desvanece. En el listado de estaciones de onda corta de 1926 aparecen las estaciones WIR, WIZ y WIK de New Brunswick emitiendo respectivamente en 4.052, 6.970 y 13.628 kHz. En la lista de estaciones de 1931 ha desaparecido.

Entre mediados y finales de los años veinte la RCA hizo unas pruebas limitadas de emitir en facsímil desde Nueva York hasta diversos puntos situados a lo largo de la costa este. Se recibieron algunas copias en Inglaterra. Posteriormente se hicieron algunas transmisiones con el transmisor de onda larga de New Brunswick que se recibieron en receptores de facsímil situados en Boston, Filadelfia, Pittsburg, Chicago, Indianápolis y Cincinnati. El sistema empleaba un tambor giratorio donde se situaba la fotografía, se exploraba por medio de una célula fotoeléctrica y las señales se enviaban por radio.

LA ESTACIÓN DE BELMAR

La estación receptora de New Brunswick se encontraba en Belmar, en la orilla del río Shark, cerca de la desembocadura en la ensenada de su nombre (**Fig. 98**). Allí comenzaron en Noviembre las obras de construcción de la estación en un prado al lado de una pequeña colina. En el prado se construyeron una serie de edificios, la central eléctrica (**Fig. 99**), el edificio de operaciones, un hotel para los operadores, dos chalets para el director y el ingeniero jefe, y unos pequeños chalets para los operadores casados (**Fig. 100**). Todos los edificios estaban contruidos con ladrillo rojo y tejado “Imperial Español”. El hotel estaba en el centro de todo el complejo. Tenía dos pisos, con 45 habitaciones, comedor, cocina, un salón de juegos y una biblioteca. Detrás del hotel había un huerto de 8 Ha. que proporcionaba las verduras y hortalizas.



Fig. 98.- Estación receptora de Belmar. En primer plano el edificio principal, al fondo se ven los mástiles de la antena.



Fig 100.- Construcción del Hotel de la estación Marconi de Belmar.



Fig. 99.- Central eléctrica de la estación Marconi en Belmar.

El edificio de operaciones tenía 25 m de largo, y es donde se encontraban los receptores. Se dividía en oficinas, almacén, cuarto de recepción y guardarropa. Los receptores se encontraban en la sala de recepción, que iba de un extremo a otro del edificio. En la sala había cinco mesas grandes con capacidad para albergar 30 operadores, que copiaban a mano las señales recibidas. Alrededor del edificio de operaciones había un círculo de placas de cinc enterradas que formaban la toma de tierra. La antena receptora era

una serie de 6 mástiles de 91 m de altura, alineados aproximadamente hacia Carnarvon (**Fig. 101 y 102**). No hay acuerdo total sobre la longitud de la antena, unos autores citan 1.500 m de largo, y otros autores citan 1.800m. Un hilo pasaba de una torre a otra, en las torres finales descendía en un ángulo de 30 grados, se empalmaba a una sirga por medio de un aislador, pasaba por una polea en un pilar de 4,5 m de altura y acababa en un contrapeso de hierro. Este sistema permitía mantener una tensión constante a lo largo del hilo independientemente del viento y la temperatura. También había otras dos torres más pequeñas conocidas como torres de balance, y que permitían eliminar la señal del transmisor de New Brunswick, pero no se tienen más detalles. La central eléctrica tenía un generador de 50 kW. Todas las líneas eléctricas se llevaban por tubos de hierro enterrados y conectadas cada cierto trecho con cables de tierra. Cuando se tenían que cruzar con la antena se hacía en ángulo recto. La electricidad se empleaba para alimentar a los diversos aparatos y para la calefacción. La estación hizo sus pruebas finales en Julio de 1914, unos días antes del estallido de la I Guerra Mundial.



Fig. 101.- Antena de la estación receptora en Belmar. En la parte inferior se puede ver el equipo de mantenimiento.



Fig. 102.- Ampliaciones de la fotografía anterior mostrando el equipo de mantenimiento haciendo una reparación.

Los equipos originales de la estación eran similares a los de otras estaciones receptoras de Marconi, filtros y circuitos desfasadores, detectores de carburo y amplificadores Brown. Para más detalles consultar la estación de Louisburg en el capítulo de Glace Bay. En Febrero de 1914 se

produjo un hecho muy importante para el futuro de la radio. Un joven estudiante de la Universidad de Columbia anunció que recibía señales de estaciones europeas en su propio domicilio con un aparato de su invención y una antena de reducidas dimensiones. Ese joven se llamaba Edwin H. Armstrong y el aparato en cuestión era el receptor regenerativo. La Compañía Marconi le pidió que probara su receptor en la estación de Belmar, y Armstrong se dirigió hacia allí con su “caja mágica”. En el memorándum que escribió el Sr. F.M. Sammis, Ingeniero de Marconi con fecha 2 de Febrero de 1914 cita:

El 30 de Enero me reuní con el Sr. E.H. Armstrong, el profesor Morecroft y el Sr. Roy Weagant, con los que me dirigí a nuestra estación de alta potencia de Belmar para probar el sistema receptor del Sr. Armstrong.

Se montaron dos antenas, una de 1.600 pies (488 m) de largo y otra de la longitud total de los mástiles construidos en Belmar.

A las 4 de la tarde (hora de Nueva York) se escucharon las señales de Clifden, y desde ese instante hasta que acabaron los experimentos, que fue hacia las 5 de la noche (hora de Nueva York) del 31 de Enero no se observó ninguna variación apreciable en la intensidad de las señales de Clifden...

Se escuchaban las señales de Clifden sin ninguna dificultad dejando los auriculares sobre la mesa y estando a varios pies del teléfono. Al conectar un altavoz al receptor se podían escuchar las señales en la habitación contigua.

...Hablar comparativamente de las señales dice muy poco, ya que el oído humano no depende de ellas, pero puede tenerse una idea de la diferencia al decir que las señales recibidas de Clifden con el receptor de Armstrong se podían escuchar fácilmente con los auriculares en la mesa mientras que en nuestro receptor apenas se escuchaban manteniendo los auriculares pegados a los oídos.

...Hacia la medianoche (hora de Nueva York), escuché la estación HU de Poulsen en Honolulu intentando trabajar con la estación de Poulsen de San Francisco... Las señales que se recibían de Honolulu eran lo suficiente fuertes para escucharlas con los auriculares sobre la mesa.

A la 1:25 de la noche del 31 de Enero escuché la estación Telefunken de Nauen haciendo su llamada POZ.

...El texto del mensaje, el comienzo y final indicaron claramente que era una transmisión de la estación de Nauen. Las señales de la estación de Nauen eran muy buenas y fuertes...

Afirmaría que los resultados obtenidos con el receptor del Sr. Armstrong son lo bastante buenos para convencernos que necesitamos investigar más profundamente este dispositivo.

Esa caja mágica encerraba un circuito regenerativo que jugaría un importante papel en el avance de la radio.

Con Europa en guerra, y la estación de Carnarvon sin acabar, el trabajo trasatlántico se hacía únicamente con Clifden y bajo el control del Gobierno Británico. En Abril de 1917 los EE.UU. entraron en la guerra, y el Gobierno Americano requisaría todas las estaciones de radio. La estación de Belmar fue destinada a ser el enlace receptor de las estaciones europeas, y también un centro de escucha de todas las emisiones alemanas. Se pasaban horas y horas copiando las transmisiones de Nauhen que emitía largas series de colas de cuatro letras. Se nombró al Dr. Albert Hoyt Taylor, de la Marina, director de la estación de Belmar durante la guerra. El Dr. Hoyt Taylor era ante todo un científico e ingeniero, muy interesado en los avances, y permitió que el Dr. Roy Weagant prosiguiera con sus experimentos para la reducción de la estática, que era un verdadero dolor de cabeza en la costa de los EE.UU. El propio Dr. Hoyt Taylor cita una anécdota relacionada con la estática. Los americanos se quejaban que no recibían bien a la estación francesa de Lyon, y el General Ferrié envió al teniente Paternot y al sargento Leon Deloy (que más tarde se convirtió en la primera estación amateur en ser recibida en los EE.UU.) a enseñar a los americanos cómo se debían recibir sus estaciones. Llegaron con un camión cargado con amplificadores franceses. Hoyt indica que los amplificadores franceses eran realmente buenos, pero no pudieron hacer nada, la estática era terrible. Después de numerosas pruebas los franceses bajaron los brazos, dijeron que no habían visto en Europa nada igual y regresaron.

Hoyt hizo numerosos experimentos para mejorar la recepción, instaló hilos enterrados como antenas (aunque reducía la señal captada, también reducía algunos estáticos y mejoraba la recepción), la Marina montó otra estación en Otter Cliffs (Bar Harbor), bajo el mando del teniente Alessandro Fabri, para apoyar a la estación de Belmar. Debido a la costa rocosa de Otter Cliffs, se montaron antenas de bucle. También trabajó en Otter Cliffs un joven llamado Harold Beverage dando forma a las ideas de Alexanderson sobre un receptor llamado de barrera, capaz de separar las señales de una estación de otras señales interferentes basándose en la dirección de donde procedían las señales. También se probaron en Belmar diversos artilugios e inventos que supuestamente ayudaban a la recepción, algunos de ellos eran raros y peregrinos. Hoyt Taylor cita los dos más notables, el registrador fotográfico Hoxie y el filtro de audio Vreeland. El primero era un registrador que en vez de grabar la señal en una cinta de papel, como hacen los registradores Morse, la registraba fotográficamente (un oscilógrafo). Examinando la grabación con detalle era posible separar las señales de las interferencias, sin embargo era relativamente tedioso de manejar, para leer el mensaje había que revelar la película y recorrerla lentamente.

El filtro de audio Vreeland proporcionaba alguna pequeña ventaja, pero si se estrechaba demasiado la anchura de banda las señales se hacían irreconocibles.

Una posible solución a la estática vino con los trabajos de Weagant. Sus trabajos se hicieron públicos en Noviembre de 1919, tras la guerra. Hasta entonces habían sido protegidos como secreto militar. La teoría en la que se basó Weagant es que las señales de los estáticos venían de arriba y con polarización vertical, mientras que las señales de Europa tenían polarización horizontal. Después de numerosos experimentos consiguió poner a punto un sistema para enfasar dos bucles y un hilo horizontal que podían discriminar no sólo la dirección, sino también la polarización. Esto proporcionaba una notable mejoría sobre los demás sistemas.

En verano de 1918 se tendió una línea telegráfica directa entre Belmar y el Centro de Radio Naval en Washington, donde también llegaba otra línea directa desde Bar Harbor. Esto permitía recibir la misma señal desde ambas estaciones y elegir rápidamente la señal más idónea. Poco después acabó la guerra. Para entonces la estación de Belmar, aunque había renovado sus equipos (**Fig. 103, 104, 105, 106 y 107**) se había quedado desfasada ante los notables avances que se habían producido durante el conflicto. La RCA comenzó a construir un centro receptor avanzado en Riverhead (Long Island) y Belmar fue perdiendo su importancia hasta que en 1924 cesaron sus actividades y en 1925 se desmontaron y retiraron todos los aparatos y se puso a la venta la propiedad.

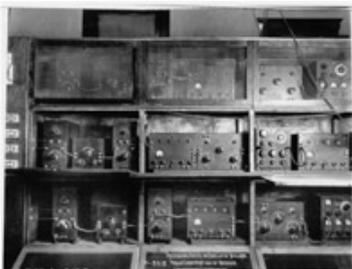


Fig. 103.- Equipos receptores hacia el final de la Guerra.



Fig. 104.- Sala de baterías. Las baterías se encontraban en el ático.

¿Cómo era la vida en Belmar en los días felices? Esta historia nos permite echar un vistazo a la época dorada de la estación:

Había algunos operadores fenomenales en Belmar, hombres que copiaban a mano, hora tras hora, las cosas que ahora se hacen con una impresora de cinta de papel. No digo que fueran mejores que algunos de los campeones actuales en Broad Street, pero eran

buenos. Y no menciono ningún nombre. Podría nombrar a una docena, pero me olvidaría de otros, y esto en justicia es un tema serio. Comparar los operadores de radio estrella es como clasificar prima donas; la compensación es pequeña y el riesgo grande. Declino la responsabilidad.



Fig. 105.- Sala de recepción. A la derecha se puede ver el estante de los receptores.



Fig. 106.- Cuadro de control del estado de las baterías.

Las diversiones oficiales en el hotel eran el billar, boxeo, lectura y conversación, principalmente sobre las ferias y sus rumores o las debilidades actuales. Extraoficialmente, había b---k, j---k y p-k-r, dos juegos de cartas en los que un hombre puede perder una desmesurada cantidad de dinero en una mañana. Los operadores, que hacían horas extras en el circuito de radio, amasaban a veces una cantidad considerable de dinero, y cada semana cambiaban de mano varios miles de dólares bajo la supervisión de la Buena Suerte. Estos eran los placeres interiores de Belmar. Los exteriores eran el críquet, béisbol o dar patadas al fútbol, y el tenis. La cancha era buena, y más de una vez hice alguna volea con un espíritu que no desaprobaba Norman Brokker. Se podía caminar por la arena, pasear por el país hacia Lakewood, con sus pinos y plácidos arroyos. Belmar era un lugar agradable. Después de la pesadez del tráfico, se podía caminar hacia la puesta de sol, pisar con los pies la tranquila tierra, llenar los pulmones con el aire salado, cruzar la superficie azul brillante del Shark River, vislumbrar las casas de

Belmar y escuchar el distante y melodioso soprido de los trenes que resoplaban dirigiéndose hacia el sur a Spring Lake o hacia el norte a Asbury Park. Y el océano estaba sólo a tres millas.



Fig. 107.- Operadores recibiendo las señales.

¡Las fiestas en Belmar! Los pobres inocentes que creen que el romance de la radio es su nacimiento cuando dan por sentado que las ondas del éter están llenas del moderno jazz o de ópera nunca vivieron en Belmar en 1920, o no darían crédito a estas nociones imbéciles. Los habitantes de Belmar vieron el romance de primera mano, no en la forma de las vibraciones acústicas que salen por un altavoz. Una vez al mes, durante el invierno, el equipo daba un baile. El comedor, decorado para la ocasión, se transformaba en una sala de baile. Venían de Nueva York los notables de la Corporación. ¡Y las chicas! Se importaban una o dos docenas de la oficina de Nueva York y otros centros de pulcritud. ¿He usado una exclamación? ¡Debería haber una por chica! Algunas eran guapas, y todas ellas sabían bailar. Algunos nombres hacen estremecer mi pluma, pero es mejor dejar que se desvanezcan entre las rosas y las olvidadas melodías de hace seis años. ¡Seis años!. ¡Qué poco tiempo y sin embargo que largo! Esta es la razón de ser discreto, aunque las chicas sigan tan atractivas y encantadoras como entonces, podrían hacer objeciones a publicar que eran guapas hacía seis inviernos. Me abstengo. Podría indicar que entonces no bailaba, yo sólo era espectador, pero aunque soy con frecuencia serio e inarticulado, admiro la vivacidad y el espíritu en los demás, y me gusta verlos. ¡Algunas veces se arremolinaban las chicas en los escoceses! Y los que lo deseaban, había los brindis apropiados y parecían

respetables. La gente se portaba decentemente, y hay algunos que actualmente intentan conservar la tradición.

¡Belmar! Es un nombre dulce y eufónico. Se ganaba y perdía allí una pila de dinero, se ganaba y perdía la reputación técnica, había angustias privadas y empresariales, ahora todo eso es silencio. El silencio es bueno, olvidemos las angustias; no queremos que vuelva. Recordemos el placer y el color, las chicas gloriosas, las risas, las luces brillantes del hotel, las oscuras y heladas aguas de la ensenada y las ventiscas, el aire cálido y las estrellas brillantes, y al igual que nuestra juventud, Belmar, también ha pasado.

NAUEN

Hablar de Nauen (indicativo POZ) es hablar de Telefunken. Además esta es la única estación mítica que todavía sigue en funcionamiento hoy en día. Ha atravesado numerosos avatares, incluyendo dos guerras mundiales, y ha pasado suficientes aventuras como para escribir un libro por derecho propio. Hoy es el centro mundial de emisión de la Deutsche Welle en onda corta. Cuando sintonizamos estas emisiones debemos recordar que estamos escuchando a una estación histórica.

CREACIÓN DE TELEFUNKEN

En 1898 aparecen dos compañías radiotelegráficas en Alemania: “Telebraun”, que más tarde se llamó “Funkentelegraphie”, fundada por Ludwig Stollwerck, un acaudalado fabricante de caramelos, junto con un grupo de socios que deseaban comercializar los desarrollos de Ferdinand Braun; y AEG que se había asociado con Adolf Slaby y su ayudante, el Conde von Arco. Ambas compañías radiotelegráficas libraron feroces batallas comerciales entre sí. En 1903 y ante los notables éxitos de la Compañía Marconi, que se dirigían indudablemente hacia un monopolio en la radio y controlado por los británicos, el Káiser Guillermo II de Alemania decide oponerse a este monopolio. Para ello decide dar dos pasos:

1. Unir a las dos principales compañías de radio alemanas (Funkentelegraphie y AEG) para dar lugar a la Compañía Telefunken, una compañía con la suficiente fuerza para competir directamente con la Compañía Marconi.
2. Convocar una Conferencia Internacional de Radiotelegrafía que se celebró el 4 de Agosto de 1904 en Berlín.

En la Primera Conferencia de Radio Internacional los alemanes intentaron dar la imagen que sería muy nocivo un monopolio internacional en la radio. Lo consiguieron parcialmente, ya que muchas naciones, entre ellas los EE.UU. se expresaron en contra de este monopolio:

Los alemanes están en contra del monopolio de Marconi. Este monopolio será peor que el monopolio inglés del cable submarino del que se está quejando toda Europa y espero que el Departamento Naval de los EE.UU. no caiga en sus redes.

La Conferencia Internacional consiguió interferir seriamente con las aspiraciones del monopolio internacional hacia el que se dirigía Marconi pero no acabó totalmente con él. Entre las diversas resoluciones se aprobó

que todas las estaciones debían aceptar y tramitar los mensajes provengan de la estación que provenga, sin importar la compañía a la que pertenezcan. Hasta ese momento las estaciones de la Compañía Marconi sólo habían aceptado el tráfico de mensajes procedentes de estaciones propias, y únicamente aceptaban mensajes de otras compañías en caso de extrema necesidad o peligro. Otra victoria, más bien simbólica, fue sustituir la señal de peligro CQD que usaba Marconi por la señal SOS que usaban los alemanes y darle carácter internacional. Los operadores de Marconi siguieron usando durante un tiempo ambas señales, SOS y CQD, pero esta práctica decayó y a los pocos años sólo se empleaba SOS.

Pero lo cierto es que la Compañía Marconi seguía siendo la Compañía más avanzada tecnológicamente y con el mayor número de estaciones. Si no se solucionaba este punto tarde o temprano se caería en el monopolio. Por el momento sólo se había retrasado.

COMIENZA LA CONSTRUCCIÓN DE NAUEN (1906 – 1909).

En 1904 las únicas estaciones de alta potencia de gran alcance (superior a 3.000 Km) estaban en manos de la Compañía Marconi (Poldhu, Cape Cod, Glace Bay, Coltano) El Káiser decidió que ya era hora que Alemania tuviera su propia estación de alta potencia. Pero construir una estación de alta potencia no era mirar simplemente con una lupa de aumento a una estación de baja potencia; problemas que no tienen ninguna importancia a baja potencia eran una barrera irresoluble a alta potencia. La única compañía que había luchado con estos problemas y había encontrado soluciones era Marconi, y obviamente no se podía acudir a ellos a solicitar ayuda; la única solución era embarcarse en la construcción de una estación experimental de alta potencia y aprender de los errores. Con este único objetivo en mente no tenía gran importancia la elección del terreno con vistas a mantener las comunicaciones con una estación corresponsal determinada, ni con los barcos en una ruta determinada. Simplemente debía estar cerca de Berlín (la sede de Telefunken) y ser un terreno económico.

Desafortunadamente los terrenos cercanos a Berlín tenían precios prohibitivos, pero por una feliz coincidencia el magistrado Stoltze tenía un terreno pantanoso a 4 km. de Nauen en la línea ferroviaria Berlín – Hamburgo. La gran humedad del terreno y poder disponer de 3 a 4 hectáreas a buen precio decidió su elección. Se encargó a la compañía Hein. Lehmann de Berlín la construcción de la antena y los barracones para la estación, que se iniciaron a finales de 1904. Se adquirió una locomóvil (tractor a vapor) para transportar los materiales desde la estación ferroviaria hasta los terrenos de la estación.

La antena era una torre de sección triangular de 100 m de altura apoyada sobre una base hexagonal de mármol de 40 cm. de altura (**Fig. 108 y 109**). Del extremo de la torre colgaban varios hilos de 125 m de largo que bajaban hacia el suelo y daban a la antena el aspecto de un enorme paraguas. El diámetro del círculo donde se sujetaban los radiales en el suelo era de 125 m. La torre se sujetaba por tres pisos de vientos, con tres vientos por piso. Debido a la inestabilidad del terreno excesivamente húmedo, y a que se hundían los fundamentos, los anclajes donde se sujetaban los vientos eran pesadas masas de ladrillo, hierro y cemento colocadas encima del suelo. Esto redujo notablemente el coste que hubiera resultado de haber empleado el sistema tradicional. La construcción de los aisladores para los vientos y los radiales causó numerosos problemas. Hasta entonces se habían empleado aisladores de porcelana, pero cuando se intentaron construir aisladores de porcelana del tamaño necesario se encontró que eran demasiado quebradizos para el esfuerzo que debían soportar. Finalmente se adoptó una solución de compromiso. Los aisladores se harían de vidrio, aunque esto significaba que debían sustituirse periódicamente. Sin embargo se confiaba que tarde o temprano se dispondría de aisladores de porcelana. La industria no avanzó lo

suficiente para construir estos aisladores hasta 1914. Para la construcción se emplearon anclajes provisionales mientras se construían los definitivos. De esta forma se podía construir la torre y los anclajes a la vez. Esto permitió construir la torre de forma rápida. Se terminó en tan sólo 6 semanas. Justo unos días antes de terminar los anclajes definitivos estalló una fuerte tormenta. Cuando terminó la tormenta se encontró que un anclaje provisional se había desplazado 5 m debido a los fuertes vientos y la torre se había inclinado. Se tuvieron que instalar poleas y tornos para volver a llevar el anclaje a su sitio y enderezar la torre. Una vez que se terminaron los anclajes definitivos desapareció este peligro.



Fig. 108.- Estación de Nauen en 1906.
La antena tenía 100 m de altura.

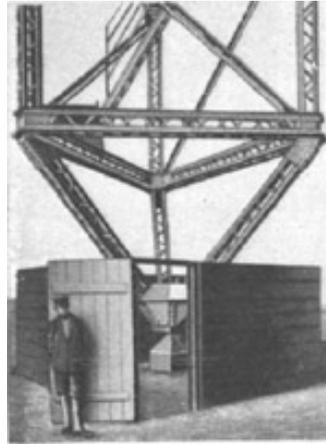
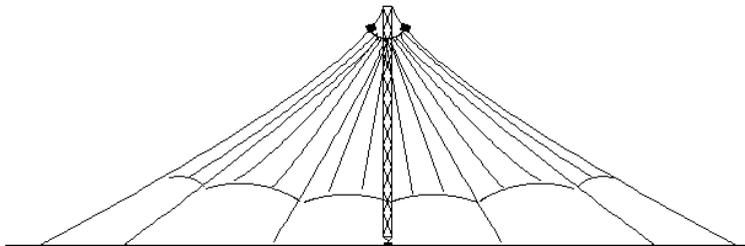


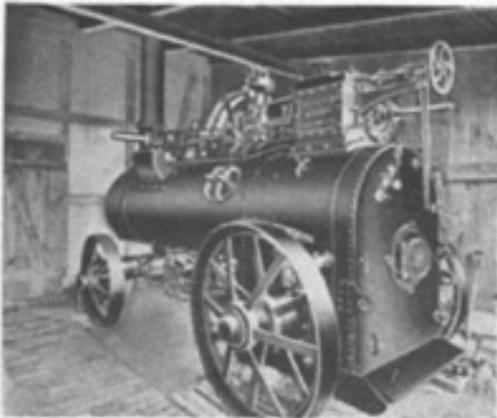
Fig. 109.- La base de la antena se apoyaba en un cubo de mármol.



La antena tenía el aspecto de un enorme paraguas.

El ingeniero R. Hisch se encargó de la construcción del transmisor. El edificio de la estación era sencillamente un barracón de obra y madera con un cobertizo para guardar la locomóvil (**Fig. 110**) una vez terminada la estación. Esta tenía 35 CV y se empleaba para accionar un alternador de 75

kW que entregaba 500 V a 75 Hz. Esta tensión se elevaba por medio de cuatro transformadores de núcleo abierto (bobinas de inducción) en paralelo para obtener la intensidad adecuada. Los transformadores eran del tipo resonante ajustados a 75 Hz. con los que se obtenían fácilmente 150.000 voltios. El transformador resonante se caracteriza porque la tensión en el secundario se alcanza poco a poco por acumulación de energía hasta llegar al máximo, o tensión de chispa. Una vez que la energía se ha descargado en el chispero tarda un tiempo en volver a acumularse nuevamente la energía necesaria para que vuelva a saltar otra chispa. De esta forma se evitaban los arcos continuos y los sobrecalentamientos. La chispa saltaba en un gran chispero de cinc con los electrodos separados 75 cm. con un ruido ensordecedor que se escuchaba a 1 Km. de distancia.



R. Hisch



R. Rendahl

Fig. 110.- Esta Locomovil proporcionaba la energía para el funcionamiento de la estación en su primera etapa.

El condensador del circuito resonante eran 360 botellas de Leyden que se podían conectar a voluntad para obtener la capacidad adecuada (**Fig. 111 a y b**). La bobina de resonancia estaba hecha con tubo de cobre plateado. Los cálculos teóricos de los valores los realizó el ingeniero R. Rendahl en los laboratorios Telefunken de Berlín. El primer receptor era un cohesor con los transformadores de sintonía adecuados, pero no tardó en sustituirse por un detector electrolítico ideado y puesto a punto por Schloemilch (**Fig. 112 y 113**) y que permitía la recepción por auricular. Esta estación comunicaba fácilmente con los barcos en el Atlántico, y en particular tenía buenas condiciones hacia el sur. Esto permitía que la escuchara con cierta frecuencia la estación Marconi de Tenerife, a una distancia de 3.600 Km.

Telefunken consideraba a Nauen como una estación experimental, no se dedicaba a la radiotelegrafía comercial. Además no se rodeó de misterio como las estaciones de Marconi. Se organizaban viajes de visita y en algo menos de tres años recibió unas 10.000 visitas. Alemania pretendía dar una imagen abierta, en oposición a la imagen cerrada y de misterio que daba Marconi (Fig. 114, 115 y 116).

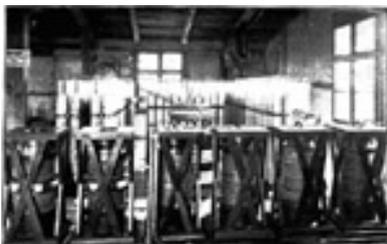


Fig. 111 (a y b).-Derecha. Condensador formado por 360 botellas de Leyden. Izquierda. Los cuatro transformadores resonantes para obtener 150.000 voltios. Las dos bobinas de la izquierda son las bobinas para el ajuste de resonancia.



Fig. 112.- Mesa de recepción con el detector electrolítico.

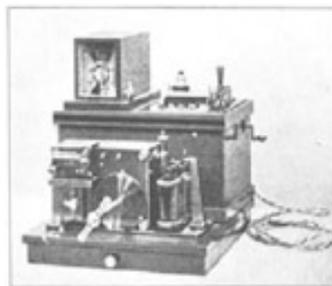


Fig. 113.- Vista detallada del receptor de Nauen. Cohesor y detector electrolítico de Schloemilch.



Fig. 114.- Visita a Nauen de los miembros de la II Conferencia Radio-telegráfica Internacional (1906).



Fig. 115.- Visita del Rey Chulalongkorn de Siam (1908).



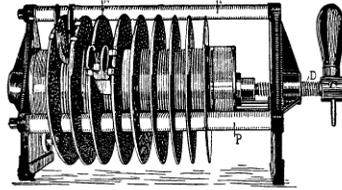
Fig. 116.- Visita del Káiser Guillermo II a la estación de Nauen el 7 de Noviembre de 1906.

NAUEN EN EL PERÍODO DE 1909 – 1911

El transmisor de chispa apagada de 35 kw.

Entre 1906 - 1907 hubo grandes avances técnicos en los transmisores. Valdemar Poulsen dio a conocer su transmisor de arco y Max Wien, ingeniero de Telefunken, presentó su transmisor de chispa apagada. Los primeros transmisores de Wien de 1 kW se instalaron en los barcos y fueron la admiración de todas las estaciones. Todos escucharon el tono puro y constante de ese transmisor. Hacia 1909 Telefunken había avanzado lo suficiente con el transmisor de chispa apagada de Wien para poder construir uno de alta potencia e instalarlo en la estación de Nauen.

¿Cómo funcionaba el sistema de chispa apagada de Wien y por qué fue un avance tan importante que dominó el campo de la radio hasta la aparición de la onda continua?



Transmisor de chispa apagada de Max Wien

Para contestar a esta pregunta hay que repasar el funcionamiento de los transmisores de aquella época. En ellos se hacía saltar una chispa que establecía oscilaciones muy amortiguadas en un circuito resonante formado por un condensador y una bobina, que era el primario de un transformador de alta frecuencia. El secundario de este transformador junto con la antena formaban un circuito abierto que tenía que resonar también a esa misma frecuencia para obtener el máximo rendimiento. El grado de acoplamiento entre ambas bobinas definía la pureza de la onda. Si se aumentaba el acoplamiento para elevar la transferencia de energía hacia la antena aparecían las llamadas “dos jorobas”, y la potencia se transmitía fundamentalmente en dos frecuencias diferentes, cuya diferencia dependía del grado de acoplamiento, y además surgían diversas frecuencias espúreas que ocupaban una gran anchura de banda. Si se reducía el acoplamiento se emitía en una única frecuencia y se reducían las espúreas, esto proporcionaba una señal más limpia, pero se reducía proporcionalmente el rendimiento del transmisor. Esto llevaba a una situación contradictoria: si se reduce el acoplamiento se obtiene una señal de gran pureza pero con poca potencia, si se aumenta el acoplamiento se obtiene más potencia pero esta se divide entre dos frecuencias diferentes y varias espúreas. El receptor sólo recibe la potencia radiada a la frecuencia que está sintonizado; el resto de la potencia radiada en las otras

frecuencias es energía malgastada. Además cada chispa del transmisor establece un tren de ondas en el circuito de antena, pero esa misma energía en la antena retorna al chispero y se emplea en mantener la chispa en el mismo. El resultado final es que una gran parte de la energía del circuito de la antena se disipa en el chispero en forma de calor. Si se pudiera apagar la chispa una vez que se han iniciado las oscilaciones se obtendría un gran avance; toda la potencia de la antena se radiaría al espacio en vez de malgastarse en el chispero, además esto abriría el circuito primario y dejaría de influir en el circuito de antena, con el resultado que toda la energía se radiaría en una única frecuencia. Marconi abordó diversas soluciones para conseguir este ideal, sopladores de aire, chisperos rotativos, etc., siendo el chispero rotativo con disco dentado girando en sincronía con el alternador el que le proporcionó los mejores resultados. Max Wien abordó el problema desde otro punto de vista, partió de los trabajos de von Lepel y logró otra solución igualmente efectiva, el chispero apagado (*quenched spark* en inglés o *Löchfunkensender* en alemán). Este chispero está formado por una serie de electrodos circulares separados por láminas anulares de mica, y situado en un campo magnético transversal. La chispa salta entre las pequeñas separaciones. En el momento que salta la chispa se volatilizan partículas metálicas de los electrodos. Estas partículas son conductoras de la electricidad y el campo magnético las expulsa a gran velocidad hacia el exterior arrastrando a la chispa. Esta llega rápidamente a una separación demasiado grande para saltar y se apaga. (Es el mismo efecto en que se basa el juguete de física recreativa conocido como Escalera de Jacob) Estos chisperos disponían de placas metálicas de cobre situadas cada dos electrodos para evacuar el calor de la chispa (genera una cantidad de calor mucho menor que los otros chisperos más tradicionales debido al apagado prácticamente instantáneo de la chispa). Este chispero no necesitaba ninguna atención especial y aumentaba el rendimiento de la estación hasta un 75%. Comparado con el rendimiento de un chispero tradicional, que era del orden del 25 al 33%, su alcance era notablemente mayor usando la misma potencia. No hay ningún sonido explosivo y no se precisa ningún aislamiento acústico. Las estaciones de baja potencia tenían la costumbre de alimentar el chispero apagado con corriente alterna procedente de un alternador de 500 Hz, que añadía un tono fácil de distinguir entre el ruido de fondo. En el Apéndice, en la sección dedicada al chispero rotativo y al chispero apagado, se da más información sobre el mismo.

No había nada que impidiera que Nauen se aprovechara de todas estas ventajas que proporcionaba el chispero apagado de Wien. Hacia 1909 se consiguieron resolver los problemas que planteaba la construcción de un chispero apagado de alta potencia al llenar con hidrógeno el espacio entre los electrodos (**Fig. 117**). El chispero estaba encerrado en una cámara hermética y se hacía circular el hidrógeno por un radiador para evacuar el calor. Se hicieron varios cambios en Nauen para instalar de forma adecuada el

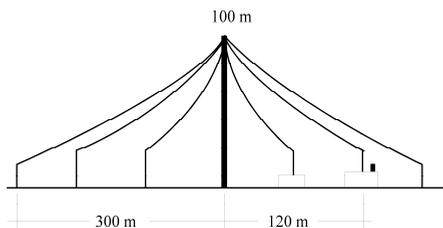
nuevo transmisor. Se amplió el edificio y se dividió en dos habitaciones, una para el transmisor y otra para el receptor. Ambas estaban separadas por una ventana de vidrio, de esta forma el operador podía vigilar el transmisor desde la habitación de recepción (**Fig. 118**). Se modificó la antena añadiendo 12 mástiles auxiliares de 30 m de alto alrededor del mástil principal. Esto permitió elevar la altura entre el suelo y el sombrero capacitativo (paraguas) lo que alargó eléctricamente la antena. La locomovil de vapor que se había empleado en el transmisor original continuó siendo la fuente de energía, pero se sustituyó el alternador por una dinamo de corriente continua de 5.000 V y una batería de reserva. Con el chispero apagado alimentado con corriente continua se podían conseguir 35 kW. Telefunken preparó un buque carguero, el *Bosnia*, para hacer pruebas de cobertura. En el transcurso de estas pruebas se recibieron las señales de Nauen hasta 5.000 Km. Esto animó a que Telefunken, con la ayuda del gobierno alemán, comenzara a establecer una red de comunicaciones internacionales de forma paralela a la Compañía Marconi para comunicar con las diversas colonias alemanas en África. Para ir a lo seguro Telefunken decidió construir una sencilla estación de media potencia en Togo y hacer las pruebas, modificaciones y experimentos necesarios en Nauen hasta que Togo captara sus señales con garantías (**Fig. 119**). Después sería simplemente copiar los resultados en el resto de estaciones. Nauen era la estación estrella de Alemania y era un lugar de visita obligada para las diversas personalidades que visitaban el país (**Fig. 120**).



Fig. 117.- Chispero de chispa apagada de alta potencia en Nauen



Fig. 118.- Sala de recepción en Nauen. A través de las ventanas se podía vigilar el transmisor.



Dibujo esquemático de la nueva antena de Nauen (1909 – 1911).

En EE.UU. se creó la Compañía Atlantic Communication, subsidiaria de Telefunken, que se encargaría en exclusiva del tráfico entre la estación de Sayville (EE.UU.) y Nauen. Esto fue el inicio de una cadena alemana que con el tiempo establecería comunicación hacia el sur con Windhuk (África del Sudoeste) y hacia el este con Turquía y Los Dardanelos.



Fig. 119. - Estación receptora en la colonia alemana de Togo.



Fig. 120. - Visita del Príncipe Chino Tsaitao a Nauen (1910)

NAUEN EN EL PERÍODO DE 1911 – 1916

El transmisor de chispa apagada de 100 kw.

El resultado de los experimentos con el transmisor de 35 kW demostró que se podía comunicar con Togo, pero para garantizar una comunicación perfecta había que aumentar la potencia a 100 kW e instalar una antena más efectiva. El Deutsche Reichspost (Oficina Postal Imperial) se interesó sobremanera ya que esto aseguraría la conexión con las principales colonias alemanas en África.

Construcción de la nueva antena.

En 1911 se decidió elevar la torre existente hasta 200 m añadiendo un tramo suplementario de 100 m. Se estudió detenidamente cómo se iba a elevar la torre. Había dos opciones, una era desmontar la torre y construir otra totalmente nueva, la otra opción era aumentar la altura de la existente. Finalmente se decidió por una tercera opción, se montaría una torre de menor diámetro en el interior de la torre existente y después se elevaría hasta alcanzar la altura total (una torre telescópica). La unión de las dos torres se haría con aisladores de vidrio. Un problema especial eran los vientos que debían aguantar el tramo superior a medida que se elevaba, ya que había que alargarlos según se iba subiendo. Unas sirgas de la flexibilidad y resistencia adecuadas estaban fuera de las posibilidades técnicas de fabricación de aquel momento. Se estudió usar un tubo hueco de hierro forrado con los hilos necesarios. Este tenía la resistencia adecuada pero una rigidez excesiva, así que se decidió emplear sirgas de hierro tratado. En Octubre de 1911 comenzaron los trabajos, que a medida que se entraba en invierno sufrieron retrasos cada vez mayores (**Fig. 121**). Además surgieron otros problemas relacionados con los aisladores de vidrio; no aguantaban las exigencias. En Marzo, cuando la torre ya tenía una altura total de 150 m estalló una fuerte tormenta. Cedió un amarre de un viento en la torre superior, lo hizo que se cayera la parte nueva que se estaba construyendo a unos 60 m del edificio. Algunos trozos cayeron en las casetas de la construcción causando daños. La torre original de 100 m no podría resistir mucho más tiempo. La gente que había escapado de las casas debido a la caída del mástil comenzó a aflojar los vientos en dirección contraria al viento. Esto hizo que la torre original fuera cayendo lentamente y sufrió daños relativamente pequeños (**Fig. 122**). Había que empezar de nuevo reconstruyendo toda la torre.

La compañía constructora Hein Lehman montó rápidamente dos mástiles tubulares de 150 m que permitieron continuar las transmisiones mientras se construía de la torre definitiva.



Fig. 121.- Antena de 200 m en plena construcción.



Fig. 122.- Aspecto que presentaba la torre derribada por la tormenta.

Se decidió que la nueva torre tuviera una altura de 260 m, 60 m más que la pretendida originalmente. El montaje se hizo de forma similar a como se hace en la actualidad, es decir, se fue construyendo en posición vertical pieza a pieza y montando los vientos necesarios a medida que se alcanzaba la altura. (**Fig. 123 y 124**) Para poder disponer de las sirgas necesarias la compañía Hein Lehman inventó una máquina para trenzar fibras de hierro y la instaló en el mismo lugar de montaje. (**Fig. 125**) También se sustituyó el aislador de la base por uno de vidrio más elaborado. La torre, que se terminó a inicios de 1913, pesaba en total 360.000 kg. (**Fig. 126**) Se calculó que durante las tormentas la presión en la base podía llegar a las 800 Tm., y todo esto lo tenía que aguantar una base de vidrio. La tensión que debía soportar cada viento cerca de los anclajes era de 83.000 kg., y la sirga que se empleó tenía un diámetro de 65 mm. Por supuesto que se tuvieron que hacer nuevos soportes para los anclajes siguiendo el mismo diseño de los anteriores, grandes y pesadas masas de ladrillo. (**Fig. 127**) La Torre Eiffel no debía soportar un esfuerzo tan considerable. La torre era una de las construcciones más altas de Europa. Se construyeron dos mástiles auxiliares de 120 m para tender la nueva antena en L que se extendería a lo largo de prácticamente 2 Km. (1929 m) situada en dirección a Togo para asegurar el contacto continuo con esta colonia.

La estación de 100 kW era demasiado grande para que la albergara cómodamente la vieja construcción de madera y se levantó un edificio contiguo de ladrillo de 16 x 18 metros dividido en cuatro habitaciones. (**Fig. 128**) La habitación más importante era el llamado cuarto de máquinas.

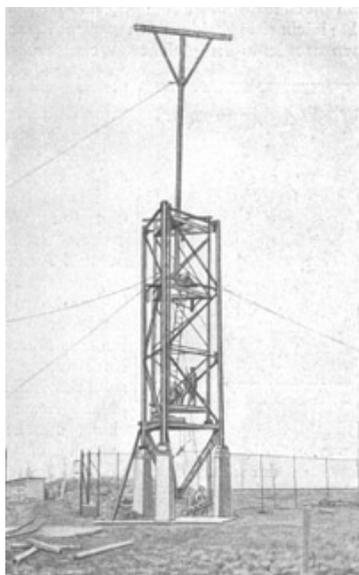


Fig. 123.- Inicio de la nueva torre de 260 m. Construcción de los andamios.



Fig. 124.- Construcción de la base de la torre de 260 m.



Fig. 125.- Derramando el protector en las sirgas.

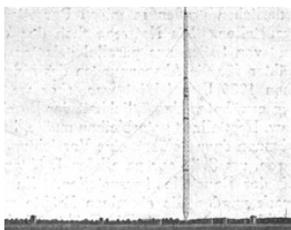
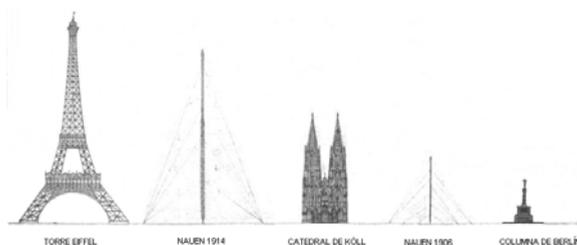


Fig. 126.- La nueva torre de 260 m recién terminada.



Fig. 127.- Construcción para sujetar los vientos.



Comparación entre las diversas construcciones famosas de la época.

1911 - 1916

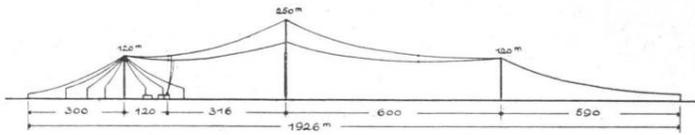


Abb. 3.

Dibujo mostrando el aspecto de la antena.

La estación pasó a alimentarse con la corriente pública trifásica de 50 Hz a 15.000 voltios que se tomaba de la línea que pasaba a escasos 400 m. Esta corriente se rebajaba a 130 V con un transformador que alimentaba a dos motor-generadores de 300 – 350 kW que proporcionaban 220 V en corriente continua para alimentar a la estación. La tensión para el chispero se obtenía con un motor de corriente continua de 300 HP que accionaba a un alternador de 1.000 V a 475 Hz. y entregaba 250 kW. Esta tensión de 1.000 V se elevaba con un gran transformador a 75.000 – 100.000 V. (**Fig. 129**) El chispero apagado ocupaba cuatro aparadores con 100 chisperos. En funcionamiento normal sólo se empleaban 75 chisperos, el resto eran de reserva y se podían conectar según necesidad. El condensador de acoplamiento eran placas de vidrio sumergidas en un recipiente de hierro lleno de aceite. El transformador de acoplamiento estaba en el interior de un gran armario. (**Fig. 130**) Se podía ajustar por medio de grandes relés con los contactos refrigerados por aire. La longitud de onda se podía ajustar entre 3.000 y 7.000 m (100 a 43 kHz). El chispero era muy poco ruidoso y no fue necesario insonorizarlo, sin embargo los relés de ajuste y manipulación hacían tanto ruido que recibieron el nombre de “Martillos de Nauen”. Cuando se terminó la construcción de la antena nueva se podía poner en antena entre 80 y 100 kW, dependiendo de la longitud de onda.



Fig. 128. - Aspecto externo de los edificios nuevo y antiguo.



Fig. 129. - Sala de máquinas. A la derecha se ve el motor-generador de 100 kW.



Fig. 130.- Transmisor de chispa apagada de 100 kW



Fig. 131.- Nueva sala de recepción

La sala de recepción (**Fig. 131**) recibió numerosos aparatos, la mayoría experimentales. En 1911 se había creado el Consorcio Lieben formado por AEG, Siemens & Halske, Felten & Guillaume y Telefunken. Telefunken se dedicó enseguida a perfeccionar la válvula Lieben para aplicarla como amplificador de alta y baja frecuencia. (En el Apéndice se encuentran más detalles sobre la historia de la válvula Lieben.) La recepción se hacía con receptores de cristal y se empleaba la válvula Lieben como amplificador de alta o de baja frecuencia, según necesidades. Alexander Meissner hizo numerosos experimentos empleando el “tiker” de Poulsen y el heterodino de Fessenden. El “tiker” de Poulsen consistía en un contacto que se abría y cerraba rápidamente. Esto interrumpía la corriente captada por la antena y se escuchaba un ruido en los auriculares. El heterodino de Fessenden batía la frecuencia recibida con una frecuencia generada localmente. En el heterodino original de Fessenden la frecuencia local se obtenía con un diminuto arco. Meissner encontró que el arco era demasiado inestable y probó un pequeño alternador de alta frecuencia de 10 kW que había preparado Telefunken y podía entregar una frecuencia hasta de 3.000 m (100 kHz.). El alternador se encontraba a varios metros de distancia del receptor y el batido se hacía con un detector de cristal. En 1913 Meissner descubrió independientemente de Armstrong y DeForest que la válvula Lieben podía oscilar, esto le proporcionó un fabuloso generador local (**Fig. 132**). Rápidamente se envió este receptor a la estación de Sayville. Las pruebas fueron un éxito para satisfacción del Deutschen Reichspost (Oficina Postal Imperial) que había firmado un precontrato con Telefunken para el tráfico con EE.UU. y Togo.

Los ingenieros que realizaron todos los cálculos, planos y ajustes en la estación fueron el Dr. Meissner, Rosenbaum, Tauber, Neumann y el Dr. Schapira.

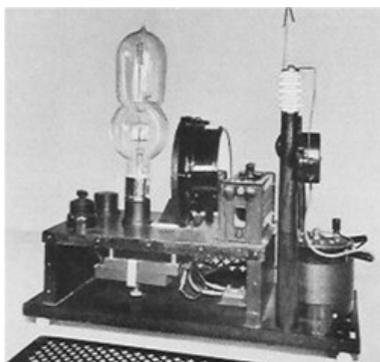


Fig. 132.- Receptor heterodino con válvula Lieben.

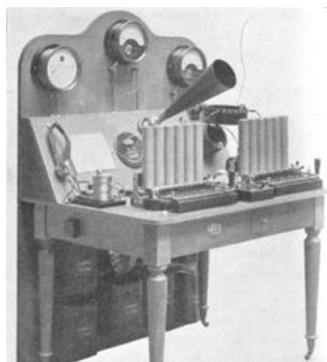


Fig. 133.- Transmisor radiotelefónico de arco Telefunken.

Pruebas de radiotelefonía.

En 1913, con la estación terminada, J. Zenneck hizo algunas pruebas de radiotelefonía con un transmisor que había preparado (**Fig. 133**). El transmisor constaba de varios arcos pequeños en serie (doce arcos en dos series de seis), que permitía obtener un máximo de 6 kW. Los arcos saltaban entre un electrodo de carbón inferior y un electrodo metálico hueco superior. Este electrodo metálico estaba lleno de agua para su refrigeración. La modulación se hacía con un micrófono de carbón en paralelo con el secundario del transformador de oscilación. Cuando se hacían pruebas a máxima potencia se empleaban varios micrófonos en serie. Este montaje permitía obtener un mayor índice de modulación y la disipación se repartía entre todos, pero generalmente en las pruebas se empleaba un único micrófono y con el arco a baja potencia. El micrófono se calentaba sobremanera y se quemaba rápidamente. El ajuste de todos los arcos era extremadamente difícil. A pesar de las dificultades, en Junio de 1913 consiguió transmitir algunas palabras a Viena poniendo el transmisor a máxima potencia (6 kW) y constituyó un récord en aquellos días. Unos años antes (1909) Telefunken había cedido este equipo a su filial americana que hizo pruebas con el ejército americano. Austin C. Lescarbours narró en *Electrician and Mechanic* de Abril de 1912 el funcionamiento y aventuras con este transmisor. Gracias a esta narración nos podemos hacer idea de cómo eran las pruebas de la radiotelefonía con los transmisores de arco.

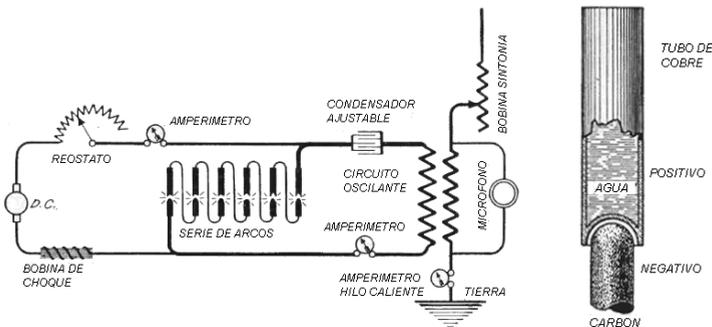
El equipo transmisor consistía en diez arcos unidos en serie, cada unidad comprendía un cilindro de cobre lleno de agua y montado en un marco de madera; y una larga varilla de carbón que se sujetaba con un muelle largo. Las varillas de carbón se podían ajustar con un tornillo y

un pomo localizado en un extremo, que también tenía un largo mango, de esta forma se podían pulsar y encender todos los arcos si así se deseaba. A cada lado de la mesa se situaban cinco arcos, mientras que el condensador de aceite se encontraba en el centro, detrás de un conmutador para conectar el receptor o el transmisor a la antena y tierra. En el tablero trasero, había montados dos amperímetros de hilo caliente, uno indicaba la energía en alta frecuencia en el circuito de antena, y el otro indicaba la energía en el circuito oscilante. El tercer amperímetro era del tipo magnético estándar, e indicaban el amperaje consumido por los arcos. La corriente la proporcionaba un generador C&W de 500 a 600 voltios, conectado directamente a un motor de 110 voltios 7 CV. Ajustando el campo podíamos obtener voltajes de 400 a 600 voltios. El micrófono, que era uno de “enlaces perdidos” que se usa en todos los equipos telefónicos, consistía de una caja redonda con un diafragma delante y un contacto aislado por detrás. Teníamos varias unidades de este micrófono, y podíamos insertar uno nuevo en su sitio cuando era necesario, haciendo un pequeño giro en la boquilla, y así sustituíamos el micrófono viejo por otro nuevo.

La primera mañana que llegamos, el aparato ya se había entregado y se había desempaquetado en el cuarto de operaciones, sólo era necesario montarlo temporalmente. Conectamos el motor generador y el operador de la estación llamó a la caseta de energía por el teléfono ordenando que pusieran en marcha otro generador para los picos de carga que seguirían. Se conectó un hilo del generador al borde delgado de un bote, y el otro hilo se conectó a un voltímetro y después se sumergió en el agua del bote. El medidor indicaría si las conexiones eran correctas, de esta forma podíamos identificar el polo positivo. El medidor sólo podía leer hasta 125 voltios, y por esta razón se tenía que insertar la resistencia de agua. Los hilos positivo y negativo se conectaron a sus terminales adecuados en el aparato transmisor. Se habían llenado de agua los cilindros de cobre, se encendieron los arcos, y se ajustó el condensador. Este condensador consistía de 24 placas estacionarias y 23 placas móviles giratorias, el recipiente de vidrio que lo contenía estaba lleno con aceite parafina. Después de una hora o más de ajustes y cambios, el amperímetro del circuito de oscilación indicaba que la corriente era constante. El circuito de antena se conectó a la antena, e inmediatamente comenzaron a vacilar las agujas de los dos amperímetros, y finalmente se detuvieron tras otro periodo de ajuste. Se situó el micrófono en su sitio, se pronunciaron en voz alta unas palabras ante la boquilla. A cada sonido fluctuaban las agujas de ambos amperímetros, la variación era más pronunciada al aumentar la inflexión de la voz, y las conversaciones fonográficas o la música producían los mayores resultados. Después de unos minutos de concierto fonográfico, las agujas de ambos amperímetros se quedaban quietas, lo que significaba que el

micrófono se había “quemado” o inutilizado. Usábamos un palo de madera para golpear la caja del micrófono, pero tenía poco efecto sobre los granos de carbón arruinados, así que insertábamos otro micrófono. De vez en cuando había que golpear el micrófono para impedir que se “quemara”, y los mejores resultados se obtenían haciendo girar el micrófono; lo que sugería que un micrófono de carbón que se hiciera girar lentamente con un dispositivo mecánico sería muy adecuado para resistir el gran amperaje, ya que hacía girar continuamente los gránulos de carbón. En una ocasión entró un perrazo en la sala de operaciones y se sentó en una caja de madera grande con su cabeza cerca del micrófono. Finalmente comenzó a ladrar, y a juzgar por las desviaciones de los amperímetros, lo tuvieron que oír todas las estaciones en nuestro alcance. Este es el primer registro de un perro “hablando” por un teléfono sin hilos...

Gracias a estas pruebas se descubrió que la radiotelefonía no era práctica. Aunque estas pruebas se realizaron hace unos tres años, no supuso ningún avance decisivo en el arte. Las mayores dificultades estaban en el arco, condensador y micrófono. Los arcos nunca fueron prácticos para la radiotelefonía, había periodos en que eran perfectamente estables, pero en medio de una conversación importante los arcos comenzaban a chisporrotear de repente y se perdían las palabras. Los condensadores eran una fuente constante de problemas y, a menos que se construyeran con precisión, se rompían enseguida. El micrófono tampoco era nada fiable y exigía una atención continua. Estos puntos débiles hacían que el radioteléfono fuera problemático.



Esquema del transmisor radiotelefónico Telefunken y detalle de los electrodos.

EL ALTERNADOR DE ALTA FRECUENCIA

En 1913 Telefunken terminó un prototipo de alternador de alta frecuencia de 10 kW (**Fig. 134**) que probó en la estación de Nauen durante un corto tiempo. El 12 de Julio esta pequeña máquina pudo enviar varios telegramas a Sayville, a una distancia de 6.400 Km. Este resultado animó a Telefunken a construir un alternador más potente. Como se ha indicado antes, este alternador de 10 kW se empleó también como generador de la frecuencia local para la recepción heterodina. A finales de 1913 se terminó un prototipo de alternador de alta frecuencia de 100 kW que se probó inmediatamente en Nauen. Este alternador se instaló en la caseta vieja de madera (**Fig. 135**). El alternador se accionaba con un motor trifásico alimentado a 130 V; proporcionaba 150 kW a 8.000 Hz. Seguían dos etapas dobladoras que elevaban la frecuencia a 32 kHz. y descontando las pérdidas entregaba 100 kW a la antena. Se probó este alternador con Sayville y con Togo, con resultados dispares. En dirección Este - Oeste (Sayville) el alternador era muy superior, mientras que hacia Togo el ruido de los estáticos atmosféricos estorbaba mucho la recepción y se recibía mejor el transmisor de chispa apagada. Esta máquina era un prototipo y por ello tenía varios defectos, pero el estallido de la I Guerra Mundial la iba a someter a una dura prueba.

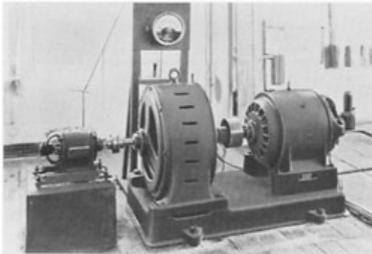


Fig. 134.- Alternador prototipo de Telefunken de 10 kW.

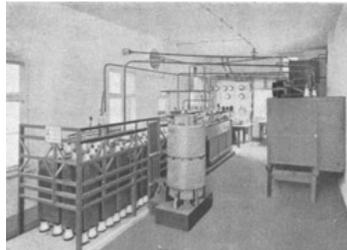


Fig. 135.- Instalación provisional del alternador de alta frecuencia de 100 kW en el edificio viejo de Nauen.

Inglaterra cortó todos los cables submarinos de Alemania a los pocos días de declararse la guerra. El único medio que tenía Alemania de llegar al exterior era por medio de las estaciones de alta potencia de Nauen y de Eilvise (Hanover), esta última construida en 1913 y propiedad de Homag (Hoch-frequenz-Maschinen-A.G), menos avanzada técnicamente. Tenía un alternador Goldschmidt y se mantenía en contacto con la estación americana de Tuckerton. El gran peso de las comunicaciones exteriores recayó sobre Nauen. Desde su puesta en marcha funcionó 20 horas diariamente hasta que se sustituyó por un modelo mayor, manteniendo una comunicación bastante

satisfactoria con Sayville, aunque con periodos de silencio que duraban varios días.

El 7 de Junio de 1915 Telefunken consiguió terminar un alternador de alta frecuencia de 500 kW a 6.000 Hz., se reforzaron los transformadores dobladores hasta poder manejar 200 kW, además también estaba la limitación de la carga que podía manejar la antena, que se encontraba también alrededor de los 200 kW. Gracias a los esfuerzos de Hans Bredow, Director de Telefunken y el Ministerio del Deutschen Reichspost (Oficina Postal Imperial) se reconoció que había que desarrollar Nauen como centro de comunicaciones radiotelegráficas con el resto del mundo. Esto, que hubiera sido una tarea difícil en tiempo de paz, se convertía en una empresa titánica en tiempo de guerra.

NAUEN EN LA I GUERRA MUNDIAL.

Telefunken y la Compañía Marconi Wireless habían estado en guerra comercial prácticamente desde el inicio. El punto más álgido tuvo lugar en 1912 cuando Marconi y Telefunken se enzarzaron en batallas legales por diversas patentes, la más importante por el circuito acoplado de F. Braun. Tras diversos juicios se llegó a un acuerdo: Telefunken reconocía la validez de la patente de Marconi, y a cambio se convertía en socio con Marconi Amalgamated Wireless (la filial de Marconi para Australia) Tras esta tregua se llegó rápidamente a un acuerdo de intercambio de patentes, de no ingerencia en las zonas de influencia comercial y al intercambio de ingenieros. El 29 de Julio de 1914 llegaron los primeros ingenieros de Marconi a visitar la estación de Nauen. Pero se notaba la proximidad de la guerra, las tensiones políticas eran demasiado grandes y los ingenieros de Marconi regresaron inmediatamente a Inglaterra. El mismo día 29 de Julio, nada más salir de Nauen, el ejército requisó la estación en nombre de la Marina Imperial Alemana. Para proteger la estación de posibles sabotajes montó en sus terrenos un pequeño cuartel con barracones (**Fig. 136, 137 y 138**). El 3 de Agosto Nauen ordenó a todos los buques mercantes alemanes acudir inmediatamente al puerto neutral o aliado más cercano. Al día siguiente, 4 de Agosto, el ejército alemán invadía Bélgica. La guerra había estallado.

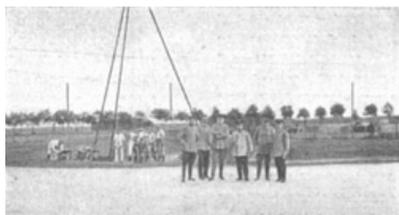


Fig. 136.- Soldados del retén de guardia posando



Fig. 137.- Barracones militares en Nauen.

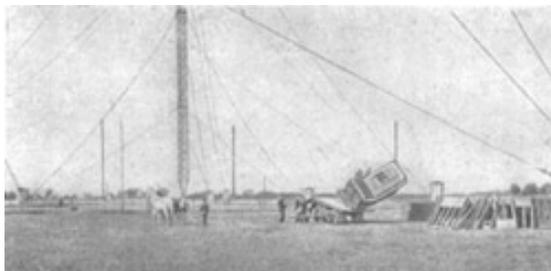


Fig. 138.- Construcción de los barracones militares en Nauen.

Alemania pierde las comunicaciones internacionales por cable

El tendido del primer cable submarino trasatlántico con éxito en 1866 entre Irlanda y Terranova con capital británico permitió las comunicaciones entre Europa y EE.UU. Tuvo tanta importancia este cable que no tardaron en seguirle otros. Alemania tenía acceso a las comunicaciones trasatlánticas por medio de las líneas francesas, el cable submarino entre Dover y Calais, Inglaterra y el cable trasatlántico. En 1900 se tendió el cable alemán entre Emden y Nueva York pasando por Las Azores. La compañía propietaria de este cable era la Deutsch Atlantische Telegraphen Gesellschaft, (Compañía Telegráfica Atlántica Alemana) más conocida por DAT. La compañía que explotaba el cable (operativamente) era Telegraphenamt Emden (Grupo Telegráfico Emden). Unos días después de estallar la I Guerra Mundial los ingleses cortaron el cable en Las Azores y, como es natural, no aceptaron el tráfico de mensajes de Alemania (un país enemigo). Alemania se veía obligada a confiar todas las comunicaciones exteriores con sus colonias, países aliados y países neutrales por medio de la radiotelegrafía, y Nauen era la estación tecnológicamente más avanzada en esos momentos.

La estación de Nauen tenía que realizar cinco tareas:

1. Mantener el tráfico con las colonias alemanas de Togo, África Alemana del Sudoeste (Windhuk), Camerún alemán (Kamina) y África Alemana del Este (Tabora) (**Fig. 139**)
2. Tráfico naval de guerra.
3. Servicio de prensa y propaganda.
4. Tráfico con América, países neutrales y aliados
5. Servir de radiofaro a los zeppelines en sus bombardeos nocturnos sobre Londres.

Comunicaciones con Togo

El tráfico con la estación de Togo era muy importante, ya que por medio de esta estación se podía comunicar con Kamina, Windhuk y la Flota del Atlántico Sur. Inglaterra envió rápidamente un contingente a ocupar Togo, esto cortaría las comunicaciones entre Alemania y sus barcos de guerra en el Atlántico Sur. Tras la ocupación de Togo el ejército inglés se dirigió a Kamina. Nauen envió inmediatamente un mensaje a Kamina ordenando destruir la estación de radio. Sólo quedaba la estación de Windhuk, demasiado alejada para mantener comunicaciones regulares, además sólo estaban garantizadas las comunicaciones en dirección Alemania hacia Windhuk, esta carecía de la potencia suficiente para emitir señales directamente hacia Alemania. Esto se pudo paliar parcialmente con las estaciones de Tabora y Muanza en lo que es actualmente Tanzania, de esta forma se volvió a

recuperar el enlace con Windhuk y con los buques de guerra alemanes en el Atlántico Sur y el Océano Índico.

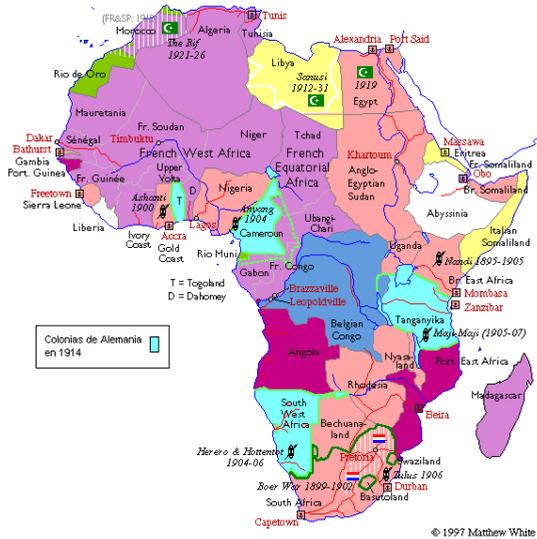


Fig. 139.- Mapa de África Colonial. En azul claro las colonias alemanas.

Tráfico naval.

La gran cobertura que tenía Nauen permitía que los barcos y submarinos pudieran recibir los mensajes con órdenes directas de Berlín. Enviaba dos veces al día mensajes especiales para los submarinos. Estos mensajes se radiaban siempre a horas determinadas para que pudieran salir a la superficie y captaran las instrucciones. Geo. F. Worts escribió un ejemplo en 1915:

Tal vez el uso más romántico de la radio que se ha empleado en la guerra es el caso del "Emden", el crucero alemán que, a principios de la guerra, hundió muchos buques mercantes británicos en el Océano Indico. Se dice que el "Emden" recibía todas sus órdenes directamente de la enorme estación de alta potencia de Nauen (Alemania). Las señales que emite Nauen son tan potentes que con mucha frecuencia las reciben los instrumentos amateurs en los EE.UU. —una distancia cercana a 4.000 millas (6.400 Km.). Con este alcance excepcional, el "Emden", o cualquier otro barco, pueden recibir las órdenes aunque esté navegando cerca de Groenlandia, Río de Janeiro, Cape Town o Singapur. Es muy

probable que el “Emden” hiciera su trabajo recibiendo órdenes o información de Nauen mientras estaba patrullando por el Océano Índico...

¿Qué tipos de mensaje radiaba Nauen para las comunicaciones de guerra? Este fragmento del libro “*Recuerdos de medio siglo de radio*” del Dr. Alfred Hoyt Taylor explica en qué consistían las transmisiones de Nauen:

Además de recibir mensajes en código francés e italiano, teníamos continuas interferencias del alternador de la estación de alta potencia alemana de Nauen. Esta estación pasaba mucho tiempo emitiendo propaganda en inglés, diseñada indudablemente para influir a la población alemana de los EE.UU. y meter en problemas a México. Normalmente transmitía en una longitud de onda de 12.600 metros (24 kHz) pero en ciertos periodos del día, durante unos 20 minutos, de súbito desaparecía del aire. A menudo nos preguntábamos si los alemanes en este intervalo ordenaban al operador de recepción explorar e investigar todas las bandas posibles para ver lo que había en las demás frecuencias, y en particular en la frecuencia doble, que eran los 6.300 m, o un poco por debajo de los 48 kHz. Con mucha frecuencia Nauen emitía una larga cola de cuatro letras durante veinte minutos durante estos intervalos. No había duda alguna que esto era un código especial para dirigir las operaciones de los submarinos. Copiamos miles de palabras en código y las enviamos a Washington, pero tengo la impresión que nunca se descerrajó este código en particular, aunque sin duda sí se hizo con otros códigos alemanes.

Propaganda.

Uno de los usos inmediatos de las estaciones de radio durante la guerra fue la propaganda. Las estaciones de Poldhu, la Torre Eiffel, Lyon, Coltano, etc. se emplearon para difundir noticias en inglés o francés para la prensa. Alemania empleó su estación estrella, Nauen. ¿Hasta que punto se empleó la radio como propaganda en la I Guerra Mundial? Había pocos receptores domésticos capaces de captar las estaciones de larga distancia, y en los países beligerantes se prohibió incluso la escucha. Cualquier antena levantaba inmediatamente las sospechas y se obligaba a desmontarla. Sin embargo se emitía propaganda por varios motivos:

1. Anular la propaganda (contrapropaganda) difundida por las estaciones del enemigo. A los pocos meses de comenzar la guerra empezó a circular por los países aliados de Alemania información como “El Príncipe Alemán se ha suicidado”, “Gran Derrota Alemana”, y “hundimiento del *Göben* y del *Breslau*”. Algunos de los mensajes eran verdaderos sin

embargo otros eran falsos y su misión era intoxicar y desmoralizar a las tropas alemanas. Nauen emitía comunicados de prensa para los países aliados, cuyos periódicos sólo imprimían sus mensajes. En este cometido también fue importante Turquía, país aliado de Alemania con influencia en Oriente (Siria, Palestina y Mesopotamia), estos, aunque oficialmente eran neutrales, simpatizaban con la causa alemana.

2. Informar a los barcos y fuerzas coloniales que luchaban a gran distancia. El radiotelegrafista Dale Clemons, empleado en el carguero inglés *Vigo* durante la I guerra mundial escribió: *Telefunken, rival de Marconi, construyó Nauen (indicativo POZ), la estación gubernamental de Berlín usada actualmente para propaganda. París contradice diariamente la versión de Berlín de que están ganando la guerra.*
3. Camuflar información oculta en medio de la propaganda. Según Pierre Boucheron: *Las estaciones alemanas de alta potencia, como la de Nauen (POZ) y Berlín (LP), sabían muy bien que los Aliados estaban escuchando constantemente y copiaban todas sus transmisiones, y por tanto camuflaban sus transmisiones importantes enviando primero propaganda de prensa en sus longitudes de onda conocidas y enviaban simultáneamente sus despachos cifrados en las mismas ondas desde una antena cercana, sus operadores de recepción dependían de un sistema de eliminación crítico para separar ambas señales...*

A pesar de estar prohibida la escucha se sabía que numerosas personas seguían escuchando la radio, una actividad prohibida, pero muy difícil de controlar, sobre todo si se usaban receptores con dos o tres válvulas y una antena oculta. Se sabe de algunos casos de gente sorprendida in fraganti escuchando las estaciones del enemigo. P. Boucheron nos da varios ejemplos: “...cuando los investigadores penetraron en el apartamento de los dos jóvenes encontraron un completo receptor de larga distancia de ondas no amortiguadas que constaba de tres pasos instalado en una mesa y un cuidadoso registro de las señales transmitidas por estaciones europeas, que incluían la Torre Eiffel, Francia; Nauen, Alemania; y Roma, Italia. Por supuesto que estos jóvenes no tenían intención de hacer ningún uso ilegal de la información que conseguían de esta forma, únicamente empleaban este equipo para propósitos experimentales, y al mismo tiempo, probablemente estaban orgullosos por “impresionar” a las autoridades que supervisaban las actividades en radio. No se habían encontrado evidencias indiscutibles de su ciudadanía, lealtad y carácter, pero había que hacer algo con ellos para que reflexionaran sobre su falta de previsión, se enviaron a un campo de internamiento en el Sur.”

Durante la II Guerra mundial la propaganda por la radio jugó un importante papel en ambos contendientes.

Tráfico con América, los países neutrales y aliados.

Un caso particularmente llamativo fue el tráfico de mensajes con la estación americana de Sayville. Antes de la guerra el tráfico de radio comercial entre Nauen y Sayville era más bien escaso, principalmente letras de cambio e información bursátil. Desde el inicio de la guerra los EE.UU. se habían declarado nación neutral y había prohibido a los propietarios de las estaciones de radio (en especial la Compañía Marconi y Atlantic Communications –Telefunken) que no usaran sus estaciones para enviar mensajes no neutrales y enviaron censores para revisar todos los mensajes emitidos o recibidos a las estaciones de Sayville, South Wellfleet, Siasconsett, Belmar y Miami. Las órdenes que tenían estos censores eran:

No se transmitirán o recibirán mensajes en código o cifrados a menos que el personal de la Navy encargado de las operaciones tenga el medio de descodificar o descifrarlos. No se aceptarán mensajes con palabras ininteligibles o lenguas extranjeras a menos que las transmisiones satisfagan al oficial censor. El censor naval de la estación será el responsable de asegurar que no se manejen mensajes de carácter no neutral. Se exige que las direcciones estén en lenguaje llano y que tengan al menos una longitud de cuatro palabras con una firma de al menos dos palabras. No se podrá transmitir o dar curso a ningún mensaje a menos que tenga la aprobación del censor.

(Historia de las Comunicaciones y la Electrónica en la US Navy por L. S. Howeth)

Marconi Wireless incumplió esta orden intercambiando un mensaje con el buque H.M.S. *Suffolk* desde su estación de Siasconsett sin informar al censor, y el 24 de Septiembre de 1914 el Departamento Naval ordenó el cierre de la estación de Siasconsett. El caso de Sayville tuvo tintes más novelescos. Telefunken usaba en sus estaciones el Telegraphone de Poulsen, el predecesor del magnetofón, que permitía grabar las señales en un hilo de acero y escucharlas después. Esto que hoy día no le damos importancia, en aquel momento tenía una importancia capital. Permitía la transmisión y recepción automática a alta velocidad. Después de recibir los mensajes y grabarlos en el hilo se hacían pasar a una velocidad más reducida para poderlos copiar a mano en los formularios. Sin embargo, en tiempo de guerra, incluso en un país en aquel momento neutral, como eran los EE.UU. todo intento de escuchar las emisiones de esa estación era inútil, sólo se escuchaban señales de alta velocidad imposibles de descifrar. Preocupaba grandemente que la estación de Sayville transmitiera mensajes diferentes a

los censurados. A esto se unió la campaña submarina alemana, con el mayor hundimiento de buques que ha conocido la historia. ¿Era posible que los submarinos alemanes estuvieran informados de la fecha, hora, destino y nombre de los barcos que zarparan de los EE.UU.?

El Servicio Secreto contactó con Charles Apgar, un radioamateur americano que había conseguido conectar un receptor de radio con un dictáfono de Edison, y le pidió que grabara durante varias noches las transmisiones de Sayville. El 21 de Junio envió todas sus grabaciones a Washington, pudieron descifrar el código y entender la naturaleza de los verdaderos mensajes. Sobre lo que contenían las grabaciones de Charles Apgar sólo hay conjeturas, ya que el gobierno de los EE.UU. nunca reconoció que se había basado en los mensajes grabados por Apgar. Sólo varios años más tarde un inspector que había participado en la investigación (William Flynn) recorrió un poco el velo de silencio y reconoció el mérito de las grabaciones de Apgar. Los mensajes que enviaba Sayville eran inocentes, “demasiado inocentes”, algunos incluso ridículos para el precio que costaba enviar un radiograma a Europa (“Myra tiene difteria”, o “Enviar siempre la factura antes de embarcar los cuchillos” al precio de 1 dólar por palabra). El código que usaban sólo empleaba una palabra de cada mensaje. El envío de un mensaje podía durar horas, o días, pero no hay duda que podía pasar por la censura más férrea. Para poder descifrarlo hacía falta un gran número de mensajes, que fue precisamente lo que hizo Apgar. Se sospecha que el mensaje que ordenaba torpedear al *Lusitania* fue enviado de este modo. La reacción inmediata del Gobierno de los EE.UU. fue requisar inmediatamente las estaciones de Sayville y Tuckerton y entregarlas a las Fuerzas Navales. También se unió el famoso asunto del telegrama Zimmerman que habían captado y descifrado los ingleses. En este telegrama Alemania prometía ayuda a México si declaraba la guerra a los EE.UU. Esto decidió la entrada de los EE.UU. en la I Guerra Mundial.

Con la evidencia admitida de que la mayoría de las acciones de Atlantic Communication eran propiedad de un país beligerante, la compañía rechazó conceder la licencia. Con la intención de dejar la estación inactiva, el Departamento Naval tomó el control el 9 de Julio de 1915 de acuerdo a la orden Ejecutiva del 5 de Septiembre de 1914 y la utilizó para comunicar con Nauen. Durante al menos 20 meses la hizo funcionar la Navy como estación comercial. En 1916 sus beneficios habían sido de casi 1 millón de dólares. Después de la entrada de los EE.UU. en la guerra se consideró propiedad del enemigo nacional y se entregó al Departamento Naval para Custodia de Propiedad Aliada.

(Historia de las Comunicaciones y la Electrónica en la US Navy por L. S. Howeth)

¿Por qué se pudo dar este caso en los EE.UU.? La respuesta es muy simple, los empleados y los directivos eran alemanes, una práctica habitual que se basaba en la creación del “Experto de Radio alemán”. Este experto era la única persona que podía hacer funcionar eficazmente la estación, de este modo había muchas estaciones costeras repartidas en todo el mundo en manos alemanas. La prueba de esto la tenemos en las dificultades que tuvieron los expertos americanos para hacer funcionar las estaciones de Sayville y Tuckerton una vez que las requisaron y apartaron al personal alemán. El alternador Goldschmidth de Tuckerton se averió rápidamente y la estación de Sayville, con un alternador Telefunken, tenía tantas fluctuaciones en su frecuencia debido a las dificultades de ajuste del control que las hacían inservibles. Los oficiales navales desmontaron los alternadores e instalaron transmisores de arco de 100 kW en Tuckerton y 200 kW en Sayville.

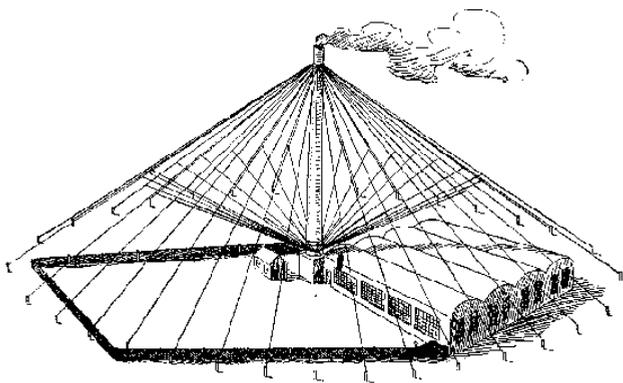
Con los países aliados el enlace más importante era con Turquía. El cable telegráfico que unía Alemania con Turquía pasaba por terceros países (Rumania) y cortó las comunicaciones entre ambos. En este caso las estaciones de Nauen y de Osmania se convirtieron en el medio de intercambiar todo tipo de mensajes entre Berlín y Constantinopla, incluyendo mensajes diplomáticos. En 1915 el estrecho de los Dardanelos se vio amenazado por una fuerte ofensiva militar que ponía en peligro la estación de Osmania, en Turquía, los técnicos de Telefunken se apresuraron a montar una estación de emergencia en Eski-Shehir en Asia Menor para disponer de un enlace provisional. El transmisor de Eski-Shehir era de tan sólo 2,5 kW, y aún así se pudo recibir en Nauen en esos momentos críticos. ¿Cómo se pudo conseguir este logro? Era relativamente fácil recibir en Osmania la estación de alta potencia de Nauen, pero las débiles señales de Eski-Shehir se pudieron recibir en Nauen gracias a su gran antena y a las válvulas Lieben. Meissner había puesto a punto en las vísperas de la guerra un receptor heterodino con una válvula Lieben osciladora. A este receptor le adaptaron otras válvulas Lieben como amplificadoras tanto de alta como de baja frecuencia

Dirigir a los zeppelines.

Aunque los primeros trabajos en un sistema de radio compás comenzaron hacia 1906, no apareció ningún sistema práctico hasta 1913. Ese año surgieron dos sistemas, el Bellini-Tossi y el Telefunken. El sistema Telefunken se basaba en que cuando están en paralelo las antenas receptora y transmisora la intensidad de la señal es máxima. La estación transmisora tenía treinta y dos antenas oblicuas que descendían desde un mástil central. Un interruptor mecánico conectaba dos hilos opuestos de estas antenas una vez cada dos segundos. En cada conexión se emitía un punto. En medio minuto se habían recorrido todos los hilos. La estación funcionaba

automáticamente. Al terminar la vuelta la estación transmisora emitía una raya, de esta forma el comandante del zepelin sabía que iba a comenzar un nuevo ciclo, después contaba los puntos hasta escuchar el más fuerte y podía saber el ángulo que tenía su nave con la estación transmisora y podía trazar una línea. Repitiendo la misma observación con una segunda estación de radio faro podía trazar una segunda línea y averiguar su posición con una buena precisión. Los zeppelines emplearon este sistema para guiarse en sus correrías nocturnas sobre Londres.

Las estaciones que se usaban como radiofaro era Nauen y Befry Church, cerca de Brujas. La estación de Nauen empleaba su antena de sombrilla, que modificaron para poder emitir como radiofaro separando los radiantes en bajadas independientes. La estación en Bélgica era provisional, Se conserva un dibujo de lo que parece ser la estación cercana a Brujas, los radiantes de la antena se sujetan a la chimenea de una fábrica, y por supuesto era mucho menos potente que Nauen. Su ubicación no era la más idónea para un viaje de incursión sobre Londres, el ángulo que formaban los dos haces era demasiado estrecho para la técnica de aquella época (menos de 10°). Otro problema, que se derivaba de la precariedad de la estación de Brujas, era que en ocasiones los zeppelines perdían su señal (se desvanecía) Esto les hacía navegar desorientados, en territorio hostil, hasta que la volvían a captar.



Dibujo de la estación de Brujas. Se empleaba para guiar a los zeppelines en sus raids sobre Londres.

Una noche de 1916 se perdió un zepelin sobre Inglaterra. Los operarios de Marconi escuchaban sus llamadas desesperadas a Brujas mientras volaba a ciegas. Es un claro ejemplo de una técnica empujada hasta más allá de sus posibilidades. En otras ocasiones los aliados emitían señales falsas de indicación que desorientaban a los zeppelines y los enviaba a otros lugares donde caían abatidos. Los zeppelines, que se habían visto hasta entonces como el

arma definitiva y se había invertido un gran esfuerzo en su desarrollo, revelaron su vulnerabilidad y dejaron de emplearse.

El 20 de Noviembre de 1918 el operador de Nauen recibió sorprendido una llamada de la estación de New Brunswick en los EE.UU., un país enemigo. ¿Qué podía querer? “*POZ – POZ – POZ de NFF*” se escuchaba en los auriculares continuamente. Tras dos o tres minutos de sorpresa, el operador alemán respondió amablemente “*Sus señales son muy buenas, amigo*”.

A continuación, la estación de New Brunswick envió un mensaje en inglés llano, sin codificar, para que lo pudieran entender todos. Era el primer mensaje que dirigía el Presidente Wilson a Alemania diciendo que los Aliados no negociarían con el Káiser ni con el gobierno alemán constituido. Durante varios días siguieron las negociaciones a vista de todo el mundo hasta que finalmente el 12 de Octubre Nauen transmitió un mensaje para New Brunswick que se envió inmediatamente a Washington. Alemania aceptaba las condiciones para el Armisticio. La Gran Guerra estaba a punto de terminar.

El 9 de Noviembre dimitió el Presidente Max de Baden, el Káiser abdicó, huyó a Holanda y cedió el poder a Friedrich Ebert, que proclamó la República. El 11 de Noviembre de 1918, a las 05:40 h. se firmaba el Armisticio. La guerra había terminado.

NAUEN EN EL PERÍODO DE 1916 – 1919
El transmisor de alternador de 400 kw.

Nauen se había convertido en 1915 en una estación muy importante para Alemania. Nauen disponía del transmisor más potente del mundo en aquel momento, un alternador de 400 kW del que sólo podía obtener un máximo de 200 kW por carencias en la antena y las instalaciones, y en algunos momentos sufría algunas pérdidas de conexión con Sayville, Togo y otras estaciones lejanas que duraban varios días (**Fig. 140**).

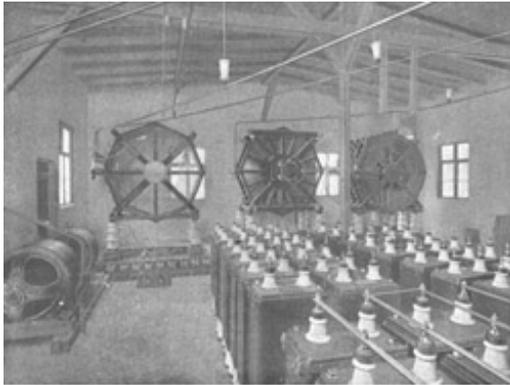


Fig. 140.- Instalación provisional del alternador de alta frecuencia, condensadores y variómetros en el edificio de 1911.

Hans Bredow, Director de Telefunken y antiguo Ministro del Deutsch Reichpost, dijo que era el momento de aumentar las capacidades de Nauen al máximo y convertirla en el mayor centro de transmisión del mundo. Habló y se encargó de convencer a las personas adecuadas. En la primavera de 1916 el ingeniero Dorning y el equipo supervisor tenían preparados todos los planes que presentó ante el Reichstag, que reconoció la gran importancia para Alemania y prometió todos los apoyos. El Sr. Ulfers, director comercial de Telefunken, se encargó de toda la administración de las obras (**Fig. 141 a 148**). La estación dispondría de dos alternadores de alta frecuencia, uno de 400 kW y otro de 150 kW, dos antenas, una de 2,8 Km. y 260 m de altura dirigida hacia Togo y otra en abanico de 150 m dirigida hacia los EE.UU. De la parte técnica de la construcción se encargó el ingeniero H. Rabes. El arquitecto Hermann Muthesius se encargó de la construcción de un nuevo edificio acorde a la importancia de la estación (**Fig. 149**). El edificio tenía forma de cruz, con planta baja, dos pisos y un ático (hoy día sigue en pie la construcción, declarado como monumento nacional, que le garantiza una conservación adecuada). El edificio de ladrillo antiguo se integró en la

construcción como una habitación más (**Fig. 150**). De esta forma se pudo construir el edificio nuevo sin tocar el transmisor antiguo, que siguió funcionando mientras se llevaba a cabo la construcción. En la planta baja se entra por el vestíbulo de techo en arco (**Fig. 151**) y se pasa a una habitación de recepción. Desde esta habitación se puede ver la sala de máquinas a través de grandes cristaleras interiores. En un lateral se encuentra otra habitación que se empleaba como sala de reuniones y biblioteca, en el otro lateral una sala de recepción que tenía un proyector cinematográfico. Desde esta misma habitación se puede acceder a los pisos superiores por medio de dos escaleras laterales (**Fig. 152**), donde se encontraban los circuitos de bobinas y condensadores. El cuarto principal de maquinaria tenía unas medidas de 36 x 36 m. Todo el edificio se construyó con ladrillos de color rojo oscuro. Al no poder emplear vigas, columnas y otros elementos metálicos se tuvieron que emplear contrafuertes exteriores de ladrillo. Las ventanas son alargadas y estrechas, dando una sensación de altura. En aquella época se accedía al edificio por medio de una avenida principal que transcurría paralela a un gran estanque. Este estanque se empleaba para refrigerar el aceite de los transformadores y bobinas. Las medidas totales del edificio (sin contar el vestíbulo de entrada) son de 55 x 40 m.



Fig. 141.- Colocación de la primera piedra.

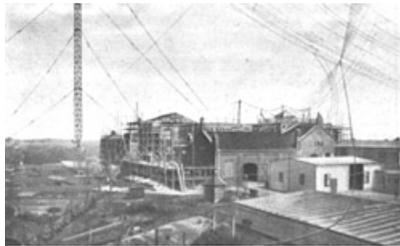


Fig. 142.- Estado de la construcción. Julio de 1917.



Fig. 143.- Estado de la construcción en Agosto de 1917.



Fig. 144.- Armazón de hierro. Agosto de 1917.

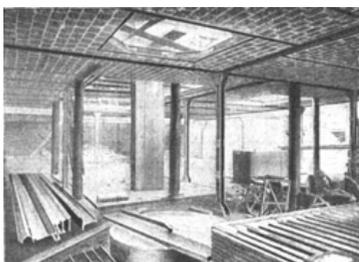


Fig. 145.- Construcción de la planta baja.



Fig. 146.- Visita del Secretario de Estado Rüdlin en 1917.



Fig. 147.- Estado de la construcción. Febrero de 1918.



Fig. 148.- Estado de la construcción. Octubre de 1918.

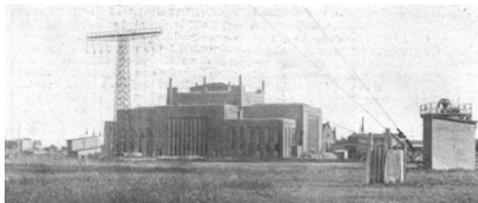
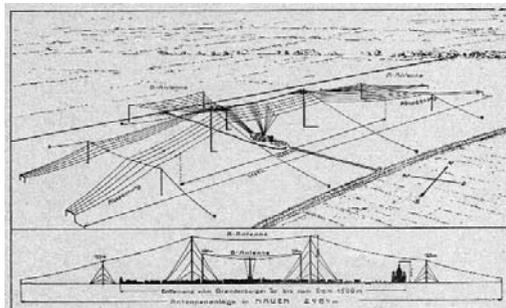
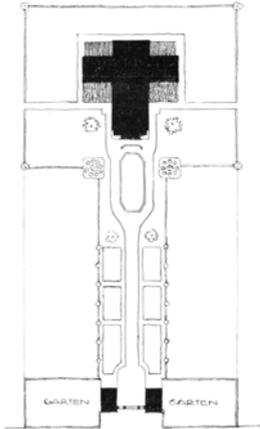


Fig. 149.- La estación en 1918.



Antenas A y B de Nauen.



KREISHAUSSEE.
 Bild 28. Giebelhöhe der Giebelstiege Nahe



Plano del edificio, avenida principal



Bild 29. Erdgeschoss

Planta baja.



Bild 30. Zweites Geschoss (Falkenhofstraße)

Segunda planta.

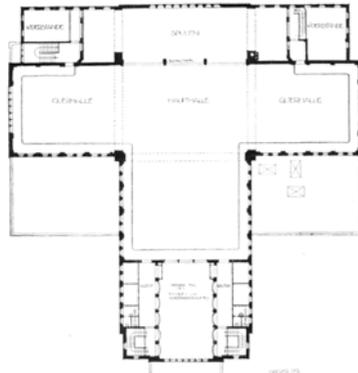
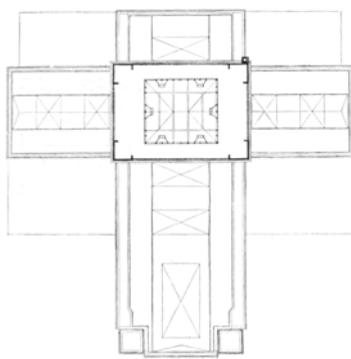


Bild 31. Drittes Geschoss (Falkenhofstraße)

Tercera planta (galería)



StB Dr. Bauplan
 Ático.

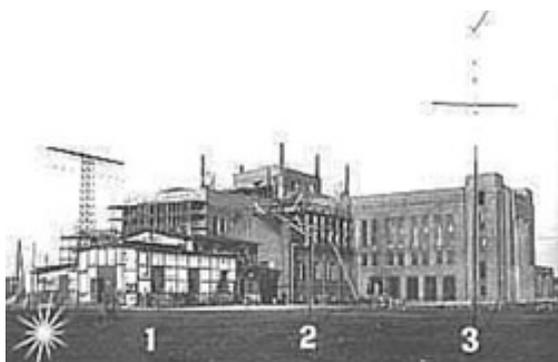


Fig. 150.- Fotografía en que se pueden ver los tres edificios de la estación de Nauen:

1. El primitivo edificio de madera de 1906
2. El edificio de 1911 que se convirtió en un ala del nuevo.
3. El edificio de 1919.



Fig. 151.- Entrada al vestíbulo.



Fig. 152.- Escaleras de acceso a los pisos superiores.

La construcción se inició en Septiembre de 1916, y debido a las condiciones de guerra se pasaron grandes dificultades. Hoy día asombra la envergadura de los trabajos que acometieron en un momento de grandes dificultades, pero hay que tener en cuenta que Alemania estaba trabajando con vistas al futuro en tiempo de paz (**Fig. 153 a 156**). Se padeció principalmente escasez de trabajadores, sobre todo de la construcción. Hubo un momento en que se emplearon prisioneros de guerra rusos, pero las tareas de vigilancia más que ayudar entorpecían a unas tareas de cierta complejidad y se tuvo que prescindir de esta solución a las ocho semanas. También se padeció escasez de materiales e incluso de transporte. Los militares requisaban los ferrocarriles y los camiones para las necesidades de guerra. Durante la construcción de las nuevas torres hubo filtraciones de agua en los fundamentos, los albañiles y los trabajadores se quemaban las manos al coger objetos metálicos. Algunos trabajos que exigían manejos de grandes piezas metálicas en las proximidades de la antena sólo se podían hacer durante un par de horas al día, momentos que se apagaba la estación. Mientras duró la guerra la estación no detenía sus transmisiones mas que en los momentos estrictamente necesarios (en algunas ocasiones menos de una hora). De no haber sido por el sentimiento patriótico de esos hombres en esas difíciles condiciones no se hubiera podido llevar a cabo ese trabajo.



Fig. 153.- Construcción de un soporte de sujeción de los vientos.



Fig. 154.- Sujeción de un soporte en el suelo.



Fig. 155.- Un soporte de los vientos en 1916.

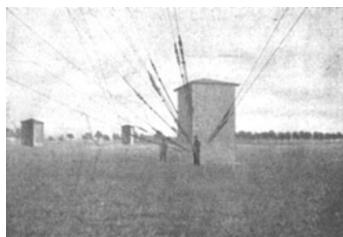


Fig. 156.- Soporte con los vientos.

El 31 de Mayo de 1917 se acabó la antena B, (**Fig. 157 a 160**) la antena pequeña de 150 m de altura y se conectó al transmisor de chispa apagada de 100 kW mientras se desmontaba la antena vieja para convertirla en la antena A. La antena A exigió la construcción de otra torre de 260 m. Se podrá tener una idea de las dificultades con la construcción de esta nueva torre. En situación normal hubiera exigido 5 a 6 meses, pero en las difíciles condiciones de aquel momento exigió un año. Además se construyeron otras dos torres de 120 m. Esta antena era una red de hilos horizontales que se extendía a lo largo de 2,8 Km. sostenidos por cuatro torres de 120 m. de altura y dos torres de 260 m. (**Fig. 161 y 162**) El 1 de Enero de 1918 se acabó de montar provisionalmente el alternador de 400 kW en el viejo edificio de madera. En Abril de 1918 se conectó el alternador de 400 kW y se hicieron emisiones en pruebas. Inmediatamente se escuchó la estación en China, México, e incluso en Awaniu (Nueva Zelanda). La antena principal A se terminó en Julio de 1917. Nauen disponía de dos antenas con dos transmisores y la capacidad de transmitir en dos frecuencias diferentes. La antena B se empleaba con el transmisor de chispa apagada para emitir propaganda de prensa en 3.900 m (76 kHz) por la mañana y por la noche, informes para el ejército por la mañana y por la tarde, e información para los cruceros, submarinos y expediciones por la noche. Además se hacía el servicio radiotelegráfico con Madrid y se inició el servicio de señales horarias que mantuvo durante muchos años.

“¡Atención! nota. Están escuchando la hora de Nauen. Con la última señal será la hora exacta...”



Fig. 157.- Espectacular fotografía de las obras de la estación vista desde la torre en construcción.

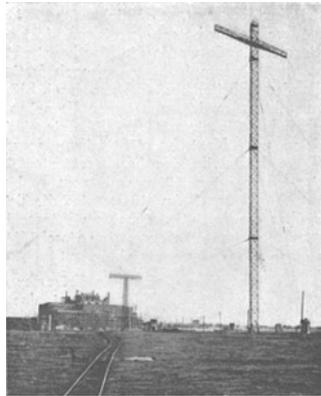


Fig. 158.- Torre de 134 m para la antena B.



Fig. 159.- Construcción de la torre de la antena B.

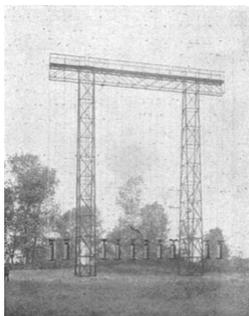


Fig. 160.- Estructura para la antena A.

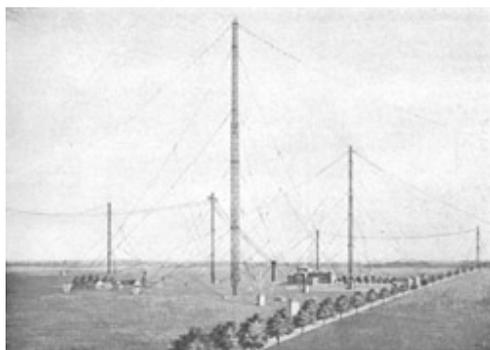
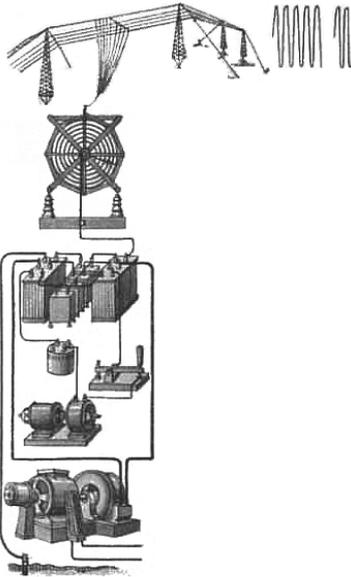


Fig. 161.- Aspecto de la estación en 1918.



Fig. 162.- Aspecto del edificio terminado.

Por la antena A se emitía propaganda, informes meteorológicos y el servicio radiotelegráfico con las estaciones de Java, Buenos Aires, México, EE.UU. y Curaçao en 12.600 metros (24 kHz).



Dibujo esquemático del transmisor de Nauen.

El montaje eléctrico de la estación consistía en: un alternador de alta frecuencia de 400 kW y 6.000 Hz. (**Fig. 163 a 168**) El motor de accionamiento del alternador de alta frecuencia al principio era un motor trifásico, que con el tiempo se sustituyó por un motor de corriente continua de 780 CV alimentado a 1.000 voltios por facilitar un control más preciso de la velocidad de giro. La corriente de 6.000 Hz se aplicaba a dos transformadores dobladores, el primero entregaba 12.000 Hz. y el segundo 24.000 Hz, que se aplicaban a un circuito resonante que consistía de un variómetro con dos bobinas en espiral de un diámetro de 2 m. La separación entre las bobinas se podía ajustar con un motor de corriente continua. La manipulación se hacía actuando sobre el interruptor que controlaba la corriente de saturación de los transformadores duplicadores. El aceite de los transformadores duplicadores se refrigeraba con el agua del estanque exterior. Este sistema de multiplicación de frecuencia entregaba una señal rica en armónicos, que se hacía pasar por un filtro en escalera de bobinas en espiral antes de entregarla a la antena. Todos los variómetros y bobinas estaban montados sobre placas de mármol dispuestas verticalmente en la sala de máquinas. La toma de tierra consistía en una red enterrada de hilos de forma radial de 2 Km. La estación se alimentaba de la central hidroeléctrica de Brandenburgischen Kreis – Elektrizitätswerke en Spandau.



Fig. 163.- Sala de alternadores en construcción



Fig. 164.- Sala de alternadores en Nauen.



Fig. 165.- Otra vista de la sala de alternadores en Nauen.

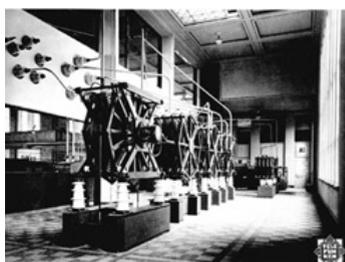


Fig. 166.- El panel de control visto por detrás.

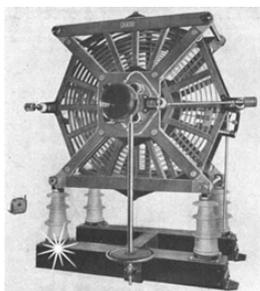


Fig. 167.- Variómetro en detalle. Se trata de dos bobinados (primario y secundario) en espiral, con un motor que permite ajustar a control remoto la separación entre ellos.



Fig. 168.- Alternador de alta frecuencia de 400 kW.

El 11 de Noviembre de 1918 se firmaba el Armisticio que terminaba con la guerra. Nauen entró también en el Tratado de Versailles. Concretamente en el artículo 197 se incluía que:

En los tres meses siguientes a la entrada en vigor del presente Tratado las estaciones de radio telegrafía de alta potencia de Nauen, Hannover y Berlín no se usarán para la transmisión de mensajes relativos a cuestiones navales, militares o políticas de Alemania o de cualquier otro estado que hubiera sido aliado de Alemania en la guerra, sin el consentimiento de los Gobiernos de los Principales Aliados y Potencias Asociadas. Estas estaciones se podrán usar para uso comercial, pero sólo bajo la supervisión de los dichos gobiernos, que decidirán la longitud de onda a usar.

Durante este mismo periodo Alemania no podrá construir ninguna otra estación de radio telegrafía de alta potencia en su territorio, en Austria, Hungría, Bulgaria o Turquía.

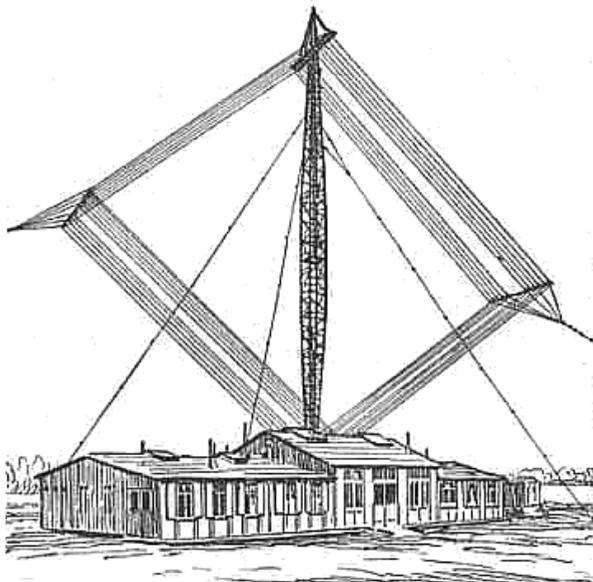
Pero la finalización de la guerra no trajo la tranquilidad necesaria para su construcción. La escasez derivada de la guerra, el descontento de la población, la gigantesca inflación que padeció Alemania y los vientos de revolución que sacudían Rusia y se extendían por Europa no ayudaron. En los últimos días previos al Armisticio, cuando todo se veía perdido hubo un gran movimiento revolucionario que recorrió Alemania y paralizó numerosas fábricas. El 7 de Noviembre llegó un pequeño destacamento militar con una ametralladora para proteger a Nauen de las revueltas populares. Sin embargo el día 9 el Ministerio de Guerra dio órdenes de no ofrecer resistencia si se acercaban las fuerzas revolucionarias. Se temía que esto pusiera en peligro la estación. El mismo día 9 se marchó gran parte del destacamento dejando a 12 hombres con la ametralladora y órdenes de no ofrecer resistencia, y esa misma noche llegaron dos camiones cargados con veinte “soldados” fuertemente armados con órdenes de ocupar la estación en nombre del Comité Revolucionario de Berlín. La persona que venía a hacerse cargo de la estación era un sargento llamado Hilderscheid, un antiguo mecánico de Telefunken. Se ordenó inmediatamente enviar un radiograma:

¡A todos! Las chispas de la gran estación de Nauen en manos del Comité de Trabajadores y Milicianos, firma Hilderscheid.

Este telegrama se envió inmediatamente a las oficinas de Königs Wusterhause para que lo emitiera. Nunca se emitió y hoy se conserva como una curiosidad histórica. Durante los escasos días que estuvo Nauen en manos de los revolucionarios se organizó un comité de trabajadores, se dieron encendidos discursos con vivas a la República Socialista y... la estación continuó funcionando con completa normalidad controlada desde Königs Wusterhause.

Las obras de los edificios terminaron por completo a mediados de Junio de 1919. Sólo faltaba instalar los equipos transmisores en su interior, el

alternador de 400 kW y un nuevo alternador de 150 kW que debía sustituir al viejo transmisor de chispa apagada.



Grabado de la estación receptora de Geltow

El 26 de Enero de 1918 se había creado la compañía “Drahtlose Übersee Verker AG” (Compañía para el Tráfico Ultramarino) patrocinada por Telefunken, con el cometido de encargarse de todas las operaciones del tráfico radiotelegráfico. Telefunken le transfirió la propiedad de la estación de Nauen, abandonó la explotación comercial del tráfico y pasó a ser una compañía de investigación, desarrollo y construcción de estaciones transmisoras y receptoras de radio.

Hasta esos momentos, debido a su carácter de estación experimental, la estación de Nauen no disponía de ningún centro receptor independiente, al contrario de la práctica habitual de la Compañía Marconi con su cadena de estaciones de alta potencia. Para recibir debía dejar de transmitir y conectar la antena a los equipos receptores. Una vez que Nauen pasó a ser una estación comercial propiedad de una compañía dedicada a explotar comercialmente la radiotelegrafía se tenía que solucionar este problema, y en 1919 se construyó una estación receptora en Geltow, cerca de Postdam. (A unos 32 Km. de Nauen). La estación receptora tenía una torre de 40 m de altura que sostenía dos antenas en rombo. La antena se encontraba en la dirección exacta de la estación americana de Sayville. Enfasando adecuadamente la

señal de las dos antenas rómbicas se podía escuchar la señal que venía de Sayville y anular las señales de la estación de Nauen, que le venía por detrás.

La antena era un cuadro resonante a la frecuencia de recepción. La señal captada pasaba por medio de un transformador de acoplamiento y se introducía en un amplificador de alta frecuencia multietapa. Después de la detección se amplificaba la baja frecuencia y se filtraba mediante un transformador resonante acústicamente. Por último se enviaba a una válvula amplificadora especial de alta tensión que controlaba el impresor Morse. Cuando había fuertes parásitos la señal se grababa en un fonógrafo para su recepción a oído.

NAUEN EN EL PERÍODO DE 1919 – 1926
Telefunken vende Nauen a Transradio AG.

Nauen recibió el 23 de Julio de 1919 un mensaje procedente de New Brunswick. Hacia 8 meses que había acabado la guerra y Alemania había perdido la mayor parte de estaciones de radio del extranjero como compensaciones de guerra. Los EE.UU. se habían quedado con las estaciones de Sayville y Tuckerton, en manos de la Marina. El mensaje decía lacónicamente:

“¿Aceptarían tramitar nuestros mensajes comerciales?”

El mensaje lo firmaba la RCA, pero se trataba realmente de General Electric, que desde el 31 de Mayo estaba dando los pasos necesarios, con la ayuda de las Fuerzas Navales Americanas para la creación de una compañía americana de comunicaciones internacionales. El 5 de Septiembre se adquiría la filial americana de Marconi Wireless, y el 17 de Octubre de 1919 se creaba oficialmente la Radio Corporation of America.

Esta petición dio el impulso definitivo que necesitaba la estación de Nauen para entrar en el negocio de la radio comercial. El 20 de Septiembre el Presidente Fredrich Ebert, acompañado por el Secretario de Estado y Director de Telefunken Hans Bredow, y el Ministro de la Deutschen Reichspost (Oficina Postal) Giesberts inauguraban oficialmente la estación de Nauen. **(Fig. 169)**



Fig. 169.- Inauguración de la estación en 1920. En la Foto el Presidente Ebert, Hans Bredow y Giesberts.

Al año siguiente “Drahtlose Übersee Verker GA” firmaba un contrato con la RCA para el tráfico de mensajes comerciales durante un periodo de treinta años con su estación estrella, Central Radio, en Long Island. La estación de Nauen, con su gran alcance, se convirtió en un centro importante

para enlazar entre Europa, los EE.UU. y el Lejano Oriente. Para poder atender a la creciente demanda se instalaron dos alternadores más, y así en 1922 contaba con cuatro transmisores. (Fig. 170 a 172)



Fig. 170.- Fotografía aérea de la estación en 1920.



Fig. 171.- La estación de Nauen en 1924.



Fig. 172.- Detalle del alimentador de la antena B.

A finales de 1922 el mundo de las radiocomunicaciones sufrió una gran conmoción. Marconi había instalado una estación experimental de onda corta (93 m) de 10 kW en Poldhu, y con gran sorpresa se habían captado sus señales a 4.500 Km. incluso rebajando la potencia del transmisor a 1 kW. Telefunken se interesó y construyó un transmisor experimental de onda corta de 1 kW. El 18 de Julio de 1923 se captaban sus señales en Argentina. Esto mostraba la dirección que debía tomar la radio en el futuro. Los alternadores de alta frecuencia y alta potencia, con sus enormes antenas, todo eso quedaba obsoleto en ese instante. Todo el enorme trabajo que se había hecho con los alternadores de alta frecuencia, sus sistemas de control para asegurar la velocidad constante de giro, los transformadores de bajas pérdidas bobinados con hilo de Litz formado por una trenza de 19.000 hilos, las aleaciones especiales laminadas para el núcleo de los transformadores y los condensadores de mica sumergida en aceite con unas pérdidas infinitamente pequeñas que permitían construir cuadruplicadores de frecuencia en una única etapa con un rendimiento del 90% quedaban completamente anticuados del día a la noche.

Ese mismo año “Drahtlose Übersee Verkehr AG.” se convirtió en “Transradio”. Tras la guerra se había reestablecido nuevamente el acceso de Alemania al cable trasatlántico, y se comenzó a trabajar en la reparación del

cable Alemán en las Azores. Transradio demostró ser un fuerte competidor con su estación de Nauen. El volumen de negocios indica que se repartían aproximadamente al 50% el tráfico trasatlántico. Para controlar esta situación el Gobierno Alemán convirtió en funcionarios al personal del servicio operativo, manteniendo de esta forma un cierto control. Una vez transcurrido un periodo de tres años de funcionario el operador podía elegir entre ingresar en el Deutschen Reichpost (Servicio Postal) o continuar en la compañía privada Transradio. La mayoría decidía continuar en Transradio.

NAUEN EN EL PERÍODO DE 1926 – 1945

Nauen y la II Guerra Mundial. Ocupación soviética.

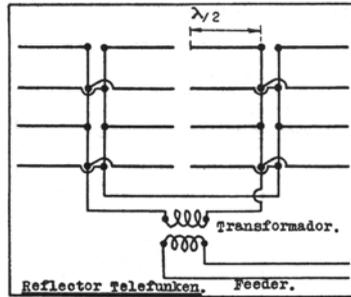
El 1 de Septiembre de 1926 entró en funcionamiento la primera estación de onda corta con 20 kW de potencia. A finales de 1926 se encuentran en el aire las estaciones POX, POW, AGA, POY y POF que salen al aire en las frecuencias de 2.998, 4.283 (POX); 10.708 (POW); 11.532 (AGA); 11.993 (POY), 14.991 y 22.209 kHz. (POF). Se considera conveniente construir un segundo edificio para albergar los transmisores de onda corta a válvulas, y mantener el edificio anterior para los alternadores en onda larga. El arquitecto Hermann Muthesius comenzó los planos para un funcional edificio pero falleció ese mismo año, prosiguiendo la construcción su discípulo Otto Walter. El edificio era de una única planta de ladrillo, de una anchura de 30 m, con tejado plano y estaba situado a unos 500 m del edificio principal. Se le llamó Edificio de Transmisión N° 2 (**Fig. 173**). Entró en servicio el 15 de Junio de 1929 con dos transmisores de onda corta con una potencia de 20 kW. y se hicieron cargo del tráfico internacional de la estación de Eilvese, que cerró en esas fechas. Hoy día no queda prácticamente nada de esta última estación.



Fig. 173. - Edificio N° 2 para la onda corta.

Con el transmisor de onda corta se amplió el número de estaciones en ultramar, y en 1929 Nauen se comunicaba en onda corta con: Río de Janeiro, Manila, Mukden, Bangkok, Santiago de Chile, Osaka, México, Teherán y Shanghai. Telefunken investigó y desarrolló otra antena diferente a la antena de cortina que empleaban las estaciones Marconi. La antena Telefunken para onda corta consistía de un apilado horizontal de dipolos conectados alternadamente con la fase invertida.

También se siguieron haciendo experimentos avanzados en la estación de Nauen. Uno de los más conocidos fue la transmisión de imágenes en movimiento (televisión) entre Nauen y Geltow. Hacia esa época los experimentos más importantes en televisión se hacían en Inglaterra, EE.UU. y Alemania. Estos experimentos se servían de dispositivos mecánicos para explorar la imagen y volverla a reconstruir (el disco de Nipkow). Telefunken siguió un método diferente que empleaba un espejo octogonal giratorio.



Esquema de la antena Telefunken para onda corta.

El sistema consistía en enfocar la luz de un arco voltaico en un punto sobre el objeto cuya imagen había que transmitir (**Fig. 174**). Este rayo luminoso se desviaba de arriba abajo y de izquierda a derecha por medio de un espejo octogonal giratorio. Una lente enfocaba el objeto sobre una célula fotoeléctrica. La intensidad de la luz que recaía en la célula variaba según la intensidad que reflejaba el objeto al recorrerlo el rayo luminoso. Esta señal se amplificaba y se transmitía por medio de un transmisor en una longitud de onda de 70 m (4,3 MHz) y se recibía en la estación de Geltow. Allí se hacía variar el brillo de una lámpara fluorescente que se proyectaba sobre una pantalla por medio de otro espejo octogonal giratorio similar al del transmisor y sincronizados ambos en velocidad y posición. Este sistema de televisión sólo se podía usar en estudio y era un callejón sin salida. El camino correcto hacia la televisión lo había indicado Philo T. Farnsworth en 1923 al inventar el explorador electrónico de imagen, pero todavía pasarían años antes de su uso generalizado en unión con el tubo de Braun.

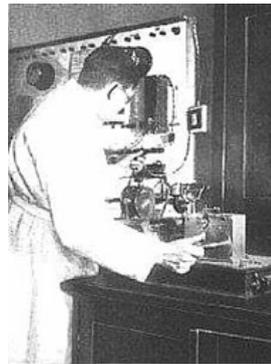
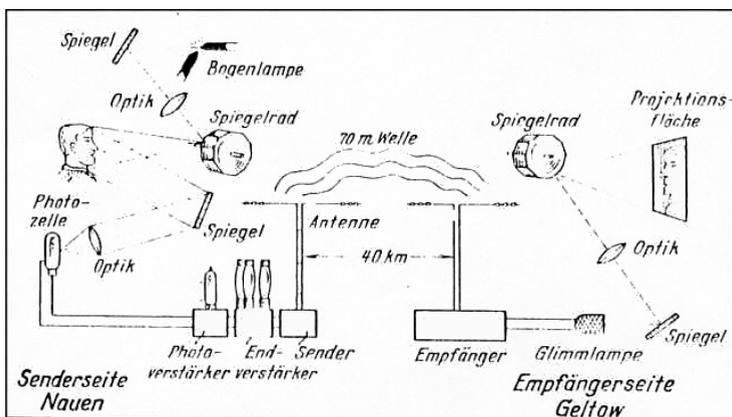


Fig. 174.- Laboratorio de Telefunken en Nauen. En este laboratorio se hicieron las primeras experiencias de televisión en Alemania.



Experimento esquemático de televisión entre Nauen y Geltow.

El 1 de Enero de 1932 todo el tráfico de radio pasó a ser competencia del Deutschen Reichpost (DRP), que se hizo cargo de todas las instalaciones y terrenos de Transradio, entre ellas la estación de Nauen pagando 23 millones de marcos. Con esta adquisición todos los operadores pasaban a ser funcionarios. Para garantizar el servicio continuo se instaló en Nauen un motor generador. (Fig. 175) Se trataba de un motor Diesel de ocho cilindros y un cilindrada de 664 litros refrigerado por aire y fabricado por Deutz. El motor giraba a una velocidad de 250 rpm. entregando una potencia de 1.000 CV. Estaba acoplado a un alternador de 730 KVA que proporcionaba 6.000 voltios para alimentar a toda la estación. Durante la II Guerra Mundial también se empleó este generador para el alumbrado de emergencia de la ciudad. También se instalaron dos transmisores más de onda corta de 50 kW en el edificio N° 2.

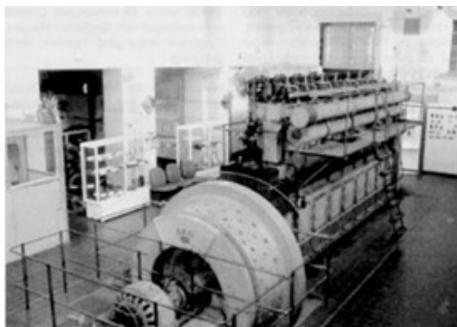


Fig. 175.- Motor Deutz de 1.000 CV para el generador de emergencia.

El 1 de Enero de 1933 tomaba el poder el partido Nazi. Se hizo cargo de la escuela de radiotelegrafía que tenía Transradio en Berlín y comenzaron las purgas. El primer año se expulsaron 40 alumnos por diversos motivos. Según las cifras oficiales entre 1934 y 1944, sólo salieron de la escuela un total de 60 operadores. A lo largo de la guerra se padeció con frecuencia de escasez de personal de radio entrenado.

Se cambió la entrada principal al complejo para tener que pasar obligatoriamente por el nuevo edificio administrativo controlado por el comisario Nazi. Los Nazis construyeron un gran complejo de estaciones de onda corta en Zeesen y que emplearon profusamente en su propaganda mundial; Nauen se siguió utilizando para el tráfico comercial, aumentando sus instalaciones, pero ocasionalmente también se empleó para emitir la propaganda Nazi, en especial hacia la India con emisiones del líder rival del Partido del Congreso, Subhas Chandra Bose, en ocho dialectos hindúes y que intentaba sublevar al pueblo hindú contra Inglaterra. Este programa se llamaba Azad Hind (India Libre). También se podían seguir desde la India los discursos de Hitler y Göbbels. En 1936 se instaló en el edificio N° 2 un transmisor Siemens de BLU y 100 kW. En el edificio de Muthesius se instaló otro transmisor de onda corta AEG de 100 kW. (Fig. 176)



Fig. 176. - Transmisor Lorenz similar a los que tenía Nauen en los años 30.

Presumiblemente los alternadores de onda larga estaban al menos parcialmente desmontados por su escasa utilización. Apoya esta conclusión el que durante la guerra los EE.UU. usaron el alternador transmisor de Annapolis y los ingleses la estación de Rugby de onda larga para las comunicaciones con los submarinos y la flota. Alemania se vio obligada a usar el alternador de Lyon LaDoua que había capturado en Francia, y una vez que la

perdieron se vieron obligados a levantar una estación para frecuencias de VLF trabajando contrarreloj y en difíciles circunstancias. Se ignora prácticamente todo sobre esta estación. Todo lo que se sabe es que tenía una antena muy efectiva para esta frecuencia tan baja y se escuchaba por todo el mundo. Hacia el final de la guerra fue capturada por los rusos, que la desmontaron y la trasladaron a Rusia.

El 20 de Abril de 1945 Nauen sufrió un bombardeo, que destruyó el edificio de conmutación de antenas y acabó con sus emisiones. El escuadrón de bombardeo era el 493RD procedente de McCook Army Air Field, Nebraska. La última misión de este grupo fue bombardear Nauen preparando el terreno para el avance del ejército ruso. Se emplearon bombarderos B17. En aquel tiempo estaba al mando el coronel Robert B. Landry. Este cese de las emisiones de Nauen fue interpretado por muchos submarinos como una señal que algo iba mal. Una semana más tarde, el 24 de Abril, el ejército ruso ocupó militarmente la estación y capturó a sus directivos. Desmontaron todas las estaciones y las trasladaron en camiones a la Unión Soviética. Se llevaron literalmente hasta los clavos de las paredes. Dividieron los edificios pequeños en oficinas para la policía, Administración Postal y otros usos. El edificio de Muthesius se usó como almacén agrícola. En 1946 desmontaron las antenas como reparaciones de guerra a la Unión Soviética. Un joven llamado Heinz J. Mommert narró años más tarde el desmontaje de las torres.

“Vivía en Nauen en 1937 – 1946, escuché una explosión, me volví por el ruido y vi desmoronarse la primera torre, poco después le siguió la segunda. Me pareció ver explotar una carga en la parte inferior y otra a media altura. En aquellos días vivíamos en un prado y podíamos ver desde allí a las altas torres...”

Por primera vez Nauen entraba en una época de silencio en la radio.

NAUEN Y LA RDA 1955 – 1990

En los años entre 1945 y 1955 Nauen se empleó como oficinas y como almacén. Se desmantelaron por completo los equipos y antenas y se transportaron a Rusia como reparaciones de guerra, y durante algunos años la única emisora que hubo en la zona era de la oficina de policía.

En 1954 comenzó a pensarse de nuevo en Nauen como centro de emisión mundial. Se reparó el edificio N°2 que había albergado originalmente los transmisores de onda corta, y se instalaron tres pequeños transmisores de onda corta de 5 kW con dos antenas dipolo en dos mástiles de 50 metros de alto, comenzaron las emisiones en pruebas bajo el control del Deutschen Post de la RDA. El 1 de Enero de 1956 Nauen se independizó del Deutschen Post y se convirtió oficialmente en “Funkamt Nauen”, con las siguientes tareas: estación de alta potencia para el servicio comercial, alquiler de un servicio de estaciones de onda corta para diferentes usuarios, entre ellos el Deutschen Post y atender al Servicio Meteorológico y Horario (como había venido haciendo desde 1917) Para poder atender a estos servicios se instalaron dos transmisores de onda corta de 50 kW SSB en el edificio principal de Muthesius. Al año siguiente, 1957, abrió el servicio radiotelegráfico con China (Pekín, a una distancia de 10.000 Km). En Agosto se hizo cargo de todo el tráfico con Moscú, amplió el servicio de Pekín con radiotelefonía y estableció un servicio de teletipo con el Cairo (Egipto)

En 1958 se instaló un tercer transmisor de 50 kW en SSB y se montó una antena direccional para hacerse cargo del tráfico con Melbourne y Vietnam. En el edificio N° 2 se instaló un transmisor de onda corta de 50 kW en AM para usarlo en la radiodifusión. Con esto comienza a dar los primeros pasos hacia lo que será su futuro, la radiodifusión mundial. Al año siguiente (1959) amplía el servicio de radiodifusión con otro transmisor de 50 kW y dos antenas direccionales. En 1961 estableció el servicio de teletipo y fax con Cuba, y hacia Octubre se iniciaron las obras de lo que sería la antena direccional de onda corta más avanzada del mundo, la Torre Dech. Para los fundamentos de esta antena se necesitaron 1.460 toneladas de cemento.

El 12 de Febrero de 1962 Nauen vuelve a padecer los efectos de una fuerte y devastadora tormenta, que hizo volar por los aires una buena parte del tejado del edificio de Muthesius. A mediados de ese mismo año se termina la Torre Dech y comienza la instalación de un nuevo transmisor de onda corta de 100 kW para esta antena, y en 1963 se instalaron varios transmisores de onda corta de fabricación soviética (Radio Kopenick) de 20kW en SSB para el tráfico con todos los países del Bloque del Este. El 2 de Febrero de 1964 se inauguró el transmisor de 100 kW junto con la Torre Dech, la antena más moderna del mundo en ese momento. El siguiente cambio importante tiene lugar en los años 70, en que se instalan tres nuevos transmisores de 500 kW en onda corta y 20 antenas de cortina. Toda esta

actividad estaba impulsada por la Guerra Fría y su necesidad de enviar propaganda a todas las partes del mundo. En los años 80 se declaró el edificio de Muthesius como monumento protegido (monumento a la Historia de la Técnica) Con la reunificación de Alemania en 1990 Nauen pasó a formar parte de Telekom y se convirtió en el centro oficial de la Deutsche Welle. Telekom renovó completamente el centro emisor. Cesaron por completo las actividades comerciales en Nauen y se convirtió exclusivamente en un centro de radiodifusión en onda corta. Esto alivió al sobrecargado centro transmisor que tenía Telekom en Jülich. Todos los transmisores y antenas se encuentran a cierta distancia del viejo edificio, que se ha convertido en museo. La antena Dech, revolucionaria en su época, hoy día se ha quedado anticuada y se encuentra inactiva. El antiguo edificio se encuentra restaurado como era hace 79 años. En su interior se encuentra un viejo transmisor de la RDA de 5 kW, un museo con algún material de la RDA y un restaurante. Hoy no queda nada de las enormes torres ni de los alternadores ni de los antiguos transmisores de chispa, nada excepto las fotografías y los recuerdos del esplendor pasado. (Fig. 177 a 183)



Fig. 177.- El edificio Muthesius tal como se encuentra hoy día.



Fig. 178.- El vestíbulo se ha convertido en un pequeño museo donde se exhiben algunos materiales y un mostrador de información de la Deutsche Welle.



Fig. 179.- Antiguo transmisor de onda corta de la extinta RDA. Hoy forma parte de la exposición.



Fig. 180.- Antenas de cortina que emplea actualmente Telekom. El transmisor se encuentra directamente bajo la antena.



Fig. 181.- Antena de la Torre Dech. En su época fue una antena revolucionaria. Hoy ha quedado desfasada y está en desuso.

Algunas características técnicas de esta antena

Medidas del reflector NF	70 x 40 m
Anchura de frecuencia	5,8...10,6 MHz.
Medidas del reflector HF	40 x 40 m
Anchura de frecuencia	9,6...18,8 MHz.
Capacidad de potencia	250 kW
Ganancia de antena	14,1...20,0 dB
Resistencia de entrada	60 Ohmios asimétrica
ROE Max.	1,5
Altura de la construcción	73 m
Peso bruto	285 toneladas
Max. velocidad viento	145 Km.
Tiempo máx. de giro	5 min.
Precisión.	± 0,5 grados



Fig. 182.- Campo de antenas cercano a Nauen.



Fig. 183.- El transmisor de onda corta se encuentra bajo la antena.

BRANT ROCK

Hablar de Brant Rock (indicativo BO) es hablar de Reginald Fessenden. Brant Rock fue siempre una estación experimental de la compañía NESCO (National Electric Signal Company), y laboratorio de pruebas a gran escala de Fessenden. Nunca envió un mensaje telegráfico comercial ni prestó servicio alguno. Sin embargo durante cinco años (los que transcurren entre 1905 y 1910) hizo notables experimentos, el más famoso la transmisión radiotelefónica de la Navidad de 1907, que la situaron entre las estaciones más avanzadas del mundo y que le han hecho merecedora de un lugar destacado en la historia de la radio.



Reginald Fessenden
hacia 1905

Hay que buscar los orígenes de esta estación en 1903. Reginald A. Fessenden se había hecho un nombre en la ingeniería de la radio con sus experiencias en Cobb Island para el Departamento Meteorológico de los EE.UU. (Fig. 184) En el transcurso de estas experiencias había inventado (por un afortunado accidente) su detector electrolítico al que llamó *barreter* y había hecho algunas pruebas de radiotelefonía con un transmisor de chispa que era capaz de proporcionar hasta 10.000 chispas por segundo. Ajustando cuidadosamente el número de chispas por segundo y la frecuencia del circuito resonante era capaz de enlazar los trenes de

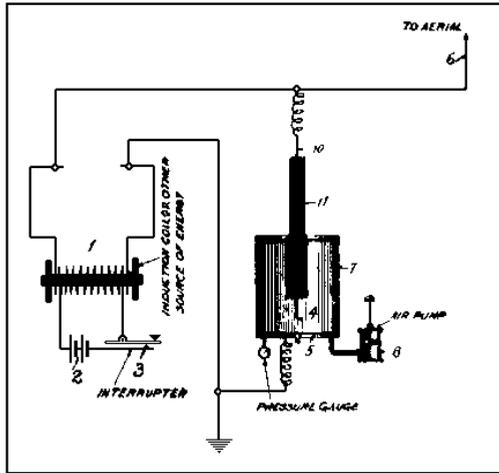
ondas amortiguadas antes que decayeran. Esto le permitía obtener una onda relativamente continua. Como dijo Fessenden, y como ha demostrado John Belrose en su repetición de los experimentos, los ajustes eran muy delicados y la onda que se obtenía no era lo suficiente pura para emplearla en la radiotelefonía. Sin embargo le permitió enviar unas palabras en 1900. También en ese tiempo descubrió el principio del heterodinaje, sin embargo la tecnología de ese momento no le permitió conseguir buenos resultados. Su receptor heterodino era simplemente un auricular con dos bobinados, un bobinado se conectaba con la antena y tierra y por el otro bobinado se hacía pasar una señal procedente de un pequeño arco. La mezcla se producía en el mismo auricular y el diafragma vibraba a la frecuencia que resultaba de la diferencia de las dos señales. Años más tarde con la invención de las válvulas de vacío, la patente de este receptor se convirtió en vital. En 1902 el Departamento Meteorológico despidió a Fessenden y terminó con los experimentos de radio. Tal vez contribuyó, y no poco, a este brusco cese el difícil carácter de Fessenden, un carácter tozudo e irascible que le granjeó muchas dificultades a lo largo de su vida. En 1904 dos millonarios de Pittsburg,

Thomas H. Given y Hay Walker, se entrevistaron con Fessenden con vistas a invertir cierta cantidad de dinero para fundar una empresa, la National Electric Signalig Co. (NESCO) y entrar en el negocio de la radio. La idea inicial de estos dos financieros, y que marcó la trayectoria de la NESCO, no era explotar comercialmente la radio, sino desarrollar un sistema de radio propio y construir estaciones para venderlas a otras compañías que se encargarían de la explotación comercial. No tardaron en aparecer fricciones entre Given y Walker por un lado y Fessenden por el otro. Given y Walker habían invertido unos dos millones de dólares y querían resultados más o menos rápidos, mientras tanto Fessenden se preocupaba más por los aspectos científicos que por la rápida rentabilidad.



Fig. 184.- Fotografía de la antena de Cobb Island, donde hizo numerosos experimentos para el Departamento Meteorológico.

El primer contrato que firmó la NESCO fue con General Electric para construir un enlace de radio entre sus plantas de Schenectady y Lynn, separadas por 280 Km. Se dio cierta publicidad a este contrato que apareció en algunos periódicos, pero pasaba el tiempo y los equipos nunca estaban listos con lo que empezaron a dispararse los rumores. Fessenden contestó personalmente a estas críticas en un artículo que apareció en *The Electrical Age*, y tras leer con detalle el artículo se tiene la sensación que la idea de Fessenden era que su enlace fuera fiable al cien por cien, como una línea



Chispero de nitrógeno comprimido que le permitía obtener descargas prácticamente continuas para sus experimentos de radiotelefonía.

telegráfica terrestre, por el contrario los enlaces de radiotelegrafía ordinarios no poseían tal fiabilidad (y todavía tendrían que pasar muchos años para tenerla). Esta es la principal razón para que se empleara la radiotelegrafía como un medio de comunicación auxiliar y siempre que fuera posible se confiaba en las líneas terrestres. Además parecía que Fessenden dedicaba demasiado tiempo a perseguir algo que se consideraba una quimera, la radiotelefonía.

Fessenden había encargado a General Electric un alternador de 20.000 Hz para alimentar a diversos descargadores de su invención: en atmósfera de nitrógeno y neón comprimidos, el arco cantante de Duddel, un descargador de vapor de mercurio de Cooper-Hewitt, etc., todo ello tratando de obtener ondas continuas para experimentar con la radiotelefonía. El descargador que le proporcionó mejores resultados fue el de nitrógeno comprimido. El chispero era una cámara cerrada herméticamente con cal activa en su interior para absorber el oxígeno y dejar nitrógeno prácticamente puro. Una bomba manual permitía graduar la presión en su interior. (Fig. 185) El buen resultado que obtuvo con este chispero le animó a anunciar a la venta un radioteléfono en 1904, pero nadie se interesó en él. También acudió en ese tiempo a General Electric para encargar un alternador para una frecuencia que no se había intentado nunca hasta entonces, 100 kHz. (Más tarde volveremos a hablar de él). En 1905 se canceló el contrato con General Electric, al

parecer con gran disgusto de los inversores, Given y Walker, que a partir de ese momento decidieron llevar personalmente las riendas de la compañía.

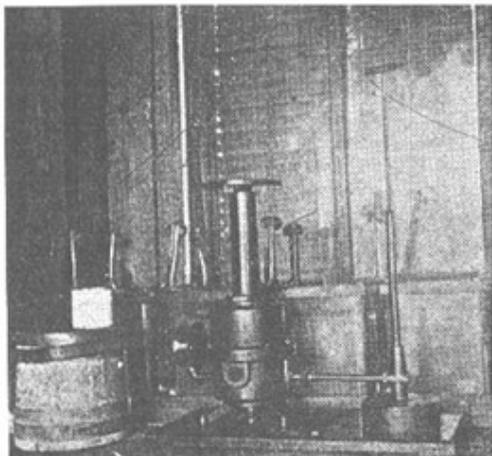
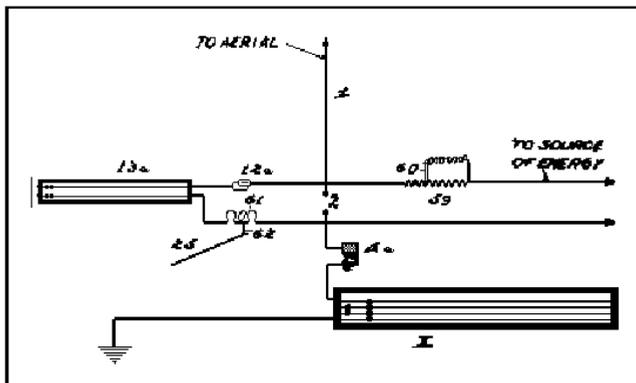


Fig. 185.- El chispero de nitrógeno comprimido



Montaje para ajustar la frecuencia en su chispero de gas comprimido. El dispositivo de sintonía (*X* y *13a*), llamado “rejilla” era un número de hilos en paralelo aislados y conectados entre sí por medio de puentes móviles. Todo el conjunto estaba encerrado en una caja llena de aceite. Los hilos con los puentes móviles equivalían a una bobina ajustable, los hilos en paralelo añadían una capacidad apreciable gracias a la constante dieléctrica del aceite. Todo el conjunto equivalía a un circuito resonante paralelo.

LA AVENTURA TRASATLÁNTICA



Helen Trot Fessenden

La siguiente decisión de Given y Walker, tras el fracaso, fue establecer un servicio de radiotelegrafía trasatlántica superior al de Marconi, demostrar su funcionamiento, y venderlo a alguna compañía de comunicaciones. No sabemos lo que se habló en la reunión que tuvieron con Fessenden. Fessenden pensaba que la compañía NESCO no disponía de los medios adecuados para establecer tal enlace. Cuando lo pensaba fríamente desde un punto de vista práctico veía que esta empresa estaba abocada al fracaso. Sin embargo había cierto componente de aventura que le debió de atraer

y que le lanzó de lleno. Como explica su esposa Helen en su obra *Builder of Tomorrow* una vez que se convenció para entrar en esta empresa se dedicó en cuerpo y alma a ella con toda su energía. Primero había que buscar los sitios adecuados a ambos lados del Atlántico para montar dos estaciones gemelas. Se consultaron numerosos mapas, se enviaron exploradores a visitar diversos lugares sobre el terreno, y finalmente se hizo la elección. La estación de los EE.UU. se instalaría en Brant Rock (Massachusetts) (**Fig. 186**) y la estación de Europa se instalaría en Machrihanish (Escocia) (**Fig. 187**).



Fig. 186.- Mapa mostrando la situación de Brant Rock



Fig. 187.- Mapa con la situación de Machrihanish

Mientras se decidía el lugar también se estaba estudiando al mismo tiempo el tipo de antena que se debía montar. Para el trabajo trasatlántico la antena era un punto muy importante, debía ser alta y de probada construc-

ción. Marconi usaba conos invertidos sostenidos con cuatro torres de 65 m y un gran sombrero capacitivo. Fessenden eligió una antena vertical, un tubo de acero de 125 m de altura con un sombrero capacitivo en su parte superior. La torre se sostendría sobre una esfera de acero que encajaría en un hoyo practicado en una base de hormigón. (Fig. 188 y 189) El Instituto Tecnológico de Massachusetts hizo los cálculos (el profesor Miller) sobre el número, sección y ángulo de los vientos. Se encargó la construcción de la torre de Brant Rock y de Machrihanish a la compañía Brown Hoisting Machinery de Cleveland (Ohio) y se encargaron los aisladores a Locke Insulator Co. de Victor (Nueva York) Se probó todo el material para determinar su punto de rotura (el punto de rotura de los aisladores resultó ser de 19.800 Kg. mientras que la tensión máxima que deberían soportar sería de 8.000 Kg.) Se dispusieron los vientos en forma de tres vientos por piso formando un triángulo equilátero. En total habría cuatro pisos con una separación de 31 m entre cada piso. Se usó la misma técnica de construcción que se había empleado en el Puerte de Brooklyn.

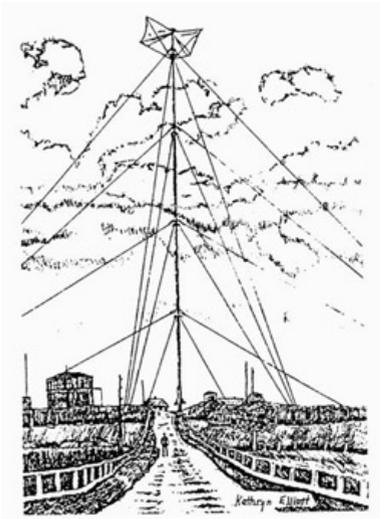
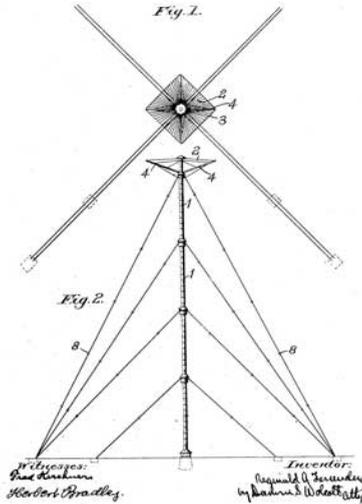


Fig. 188.- Boceto artístico de la antena de Brant Rock.



Fig. 189.- Antena y estación de Brant Rock.



Dibujo de la patente de la antena.

Se midió el aislamiento de la base de la torre y resultó ser de 500.000 voltios, se instalaron descargadores de seguridad para el caso que se superase esta tensión. El mástil de acero de la antena era hueco y con una escalera en su interior para poder acceder hasta la parte superior, donde se encontraba una pequeña plataforma. En la base de la antena había un agujero para poder acceder al interior. El Sr. Panill narró una divertida anécdota relacionada con la antena:

“No se había pensado para la gente en general la gran “rotonda” que había en la parte superior de la torre y por lo tanto el agujero de acceso no era de grandes proporciones. Eso le daba igual al profesor Fessenden, y un día que algo iba mal decidió subir a la punta de la torre. Se deslizó y todo recto para arriba, pero la dificultad fue para salir, era evidente que había ‘engordado’ algo desde que entró en la torre. Para no alargar esta historia, fue necesario engrasar por completo el agujero con grasa de ejes y él sacarse bastante ropa, después pudimos sacarlo estirándolo por el agujero.”

Desapareció sin decir nada, y unos días después de este incidente los mecánicos hicieron acto de presencia para instalar un elevador al aire libre hasta el extremo superior de la torre que usaría el profesor.”

El 28 de Diciembre de 1905 se terminó la antena de Machrihanish. (**Fig. 190 a y b**) Brant Rock había iniciado la construcción antes y se había terminado en Noviembre. En la pequeña fiesta que se celebró con la finalización de las antenas Fessenden sorprendió a todos. Todo el mundo había brindado por el éxito de la empresa, pero Fessenden brindó “*por el teléfono trasatlántico*”. Fessenden siempre se había interesado en la transmisión del sonido por radio (radiotelefonía) y no se olvidaba de este sueño. Mientras se preparaban y construían los equipos había puesto a punto una pequeña estación en Plymouth (a 17 Km.) para hacer pruebas de radiotelefonía mientras ideaba al mismo tiempo el chispero rotativo síncrono que pensaba usar en el trabajo trasatlántico. El rotor del chispero rotativo de Fessenden tenía un diámetro de 1,8 m y 50 electrodos en su periferia. Alrededor del rotor se encontraban cuatro electrodos conectados a un alternador trifásico de 35 kW y 125 Hz movido por una máquina de vapor. (**Fig. 191**) El rotor y el alternador se encontraban en el mismo eje. En este tipo de chispero se podía hacer saltar la chispa en los puntos exactos del ciclo que se quería. Esto daba unas señales “musicales” muy claras y fácilmente distinguibles del ruido de fondo, muy distinta a los sencillos chisperos rotativos no sincronizados que proporcionaban una nota impura y muy poco “musical”.

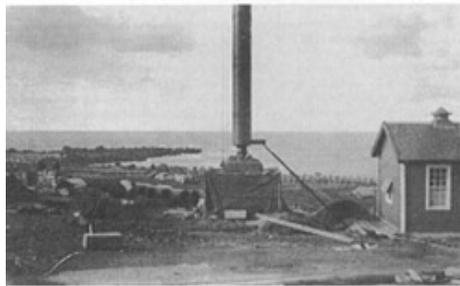
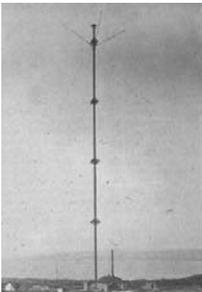


Fig. 190 a y b.- Antena y estación de Machrihanish. Se trataba de una estación gemela de Brant Rock.

Se prestó gran atención al condensador. Se probaron condensadores de aire comprimido, de vidrio, se atosigó a los fabricantes de aluminio para que enviaran hojas de aluminio y se probaron hasta el límite. Relés telefónicos, sintonizadores, relés telegráficos, receptores telefónicos, etc. Sólo se podía usar lo mejor, y se probaron exhaustivamente todos los modelos que se pudieron conseguir. (**Fig. 192**)

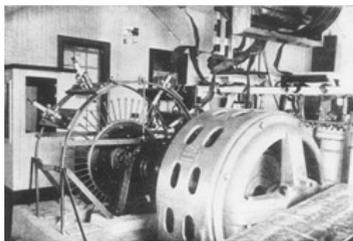


Fig. 191.- Transmisor de 35 kW de chispa sincronizada de Brant Rock.



Fig. 192.- Interior de la estación de Brant Rock.

El Sr. Mansbendel diseñaba un circuito tras otro, que se probaban en el taller para ver lo que podían dar de sí. El Sr. James Armor, tras ajustar la sintonía de la antena de Brant Rock escribió lo siguiente antes de partir hacia Machrihanish:

“Los equipos de las dos estaciones eran idénticos. Los aparatos transmisores consistían en una máquina de vapor de 40 CV que movía a un alternador de 35 Kw y 125 Hz, que suministraba la corriente a los transformadores en donde el voltaje se elevaba al voltaje necesario para hacer funcionar al descargador. Este era un descargador rotativo que movía el generador y estaba preparado para dar una chispa a cada alternancia en un punto determinado de la onda de voltaje. Este chispero rotativo generaba señales claras y musicales, muy características y fácilmente distinguibles de cualquier otra señal presente a la vez. Era muy superior a las otras señales usadas comúnmente que, por comparación, eran muy toscas y ásperas.

Primero usamos condensadores de aceite pero fueron reemplazados por los de aire comprimido del profesor Fessenden que eran muy superiores a los de aislamiento de aceite.

Los aparatos de recepción estaban ubicados en un pequeño local que se localizaba a unos 100 pies (30 m) del edificio del transmisor y así el ruido de la maquinaria al girar no molestaba al operador. El aparato receptor era un tipo desarrollado por el profesor Fessenden que era muy eficiente y selectivo. Aunque los equipos de las dos estaciones eran idénticos el terreno era muy diferente. En Brant Rock estaba cubierto por la arena de la bahía, mientras que en Machrihanish la costa era rocosa y con pequeñas colinas detrás de la estación con una altura de unos 600 pies (200 m).

Durante los meses de Noviembre y Diciembre de 1905 en Brant Rock se hicieron muchas mediciones de todo tipo, calcularon como disponer los equipos y en la estación. Como resultado de este estudio de las carac-

terísticas de la estación se adoptaron tres longitudes de onda como estándar. Se designaron como A, B y C.

A finales de Noviembre o principios de Diciembre de 1905, se comenzaron a hacer regularmente algunas transmisiones para Machrihanish, cuya estación estaba preparada para recibir aunque todavía no podía transmitir. El plan adoptado fue el siguiente:

A las 8 de la tarde, tiempo estándar en EE.UU., Brant Rock debía llamar a Machrihanish usando la longitud de onda "A". Se debía enviar la letra D repetida tres veces cada diez segundos durante cierto tiempo después se transmitiría un mensaje y Brant Rock terminaría. El tiempo total de transmisión en la longitud de onda "A" entre las 8 y las 9 sería de treinta minutos, dejando treinta minutos para que Machrihanish respondiera en la misma longitud de onda. La transmisión de las letras D se harían a la velocidad de tres D's cada siete segundos y medio con un silencio de dos segundos y medio antes de volver a repetir las tres D's.

A las 9 Brant Rock comenzaría a enviar otra vez lo mismo pero usando la longitud de onda "B", y a las 10 se volvería a repetir el mismo programa con la longitud de onda "B".

Durante el tiempo que se estuvo aplicando este plan hasta la noche que llegó a Machrihanish no se escucharon las señales de Brant Rock."

Las tres frecuencias a las que se refiere J. Armor como A, B y C se encontraban entre los 50 kHz y los 200 kHz. El receptor que se empleaba era el receptor electrolítico de Fessenden apoyado con un amplificador electromecánico (relé telefónico) perfeccionado por Fessenden. (Fig. 193 y 194) Durante las transmisiones en prueba que se hicieron a lo largo de Diciembre no se recibió ninguna señal en Machrihanish, y el día de Navidad el Sr. Armor partió para Escocia para hacerse cargo de la estación. Fessenden trabajó duro en esos días haciendo y rehaciendo cálculos y ajustando los equipos.



Fig. 193.- Diversos instrumentos empleados en Brant Rock.
(Izda.) Detector electrolítico. (Centro) Amplificador electromecánico. (Dcha.) Altavoz



Fig. 194.- Equipo de operarios en Brant Rock. Fessenden está sentado en el centro. Detrás su hijo Reginald con su gato "Mikum".

Cuando llegó el Sr. Armor se acababa de instalar el sombrero capacitivo en la antena y comenzaron inmediatamente las pruebas. El día 3 de Enero de 1906 se recibieron las transmisiones de Brant Rock. Helen Fessenden narró este momento en 1940 en su libro *"Builder of Tomorrow"*:

"En la tarde del tercer día comenzó a llegar una comunicación en código por telégrafo de larga distancia. Entré en la oficina al mismo tiempo y le dije en voz baja a Reg: "Es igual que los demás que hemos recibido ¿no?" "Oh, probablemente será algo parecido" respondió, pero cogió el libro de códigos y comenzó a descifrar las primeras palabras. A los pocos minutos entró en el comedor diciendo "Nos están recibiendo perfectamente."

El Sr. Armor narró su experiencia cuando recibió en Machrihanish las señales procedentes de Brant Rock:

"Tan pronto como fue posible llegar a Machrihanish el Sr. W.E.Beakes (que era el operador por la noche) y yo fuimos a la estación por la noche, por primera vez escuchamos en Machrihanish las señales de Brant Rock en las tres longitudes de onda, A, B y C.

El operador de esta noche sabía, por supuesto, que si podía escuchar algo de Brant Rock no era necesario que yo escuchara primero, así que estubo a la escucha durante todo el primer periodo sin recibir nada. Cuando escuché que Brant Rock había desconectado les llamé casi inmediatamente. Devolví los auriculares al operador, Brant Rock hacía tiempo que había desconectado y había dejado de transmitir. Por lo tanto fui yo la primera persona en recibir en Machrihanish las señales de Brant Rock.

El operador había estado vigilante y vio que ajusté muy rápidamente el instrumento en donde yo esperaba escuchar a Brant Rock. Le dije al operador los ajustes del instrumento y pensé que podía escuchar durante

el siguiente periodo porque yo había tenido un viaje muy duro desde Glasgow y estaba muy agotado, así que me acosté en la cama de la sala de operación y me dormí. En el siguiente periodo el operador recibió a Brant Rock casi inmediatamente, me despertó y estuvimos escuchando todo el periodo, también recibimos el tercer periodo sin dificultad. La mañana siguiente el Sr. Glaubitz telegrafió al profesor Fessenden la frase “Crédito a causa de Armor.”

Poco después también se recibieron en Brant Rock las señales de Machrihanish permitiendo la conversación bilateral entre Europa y América. (Marconi había hecho numerosos contactos a través del Atlántico entre sus estaciones, pero el contacto bilateral lo había conseguido en muy contadas ocasiones) Fessenden pasó a hacer numerosos experimentos para estudiar la propagación a larga distancia. El sistema que empleaba para medir la intensidad de la señal era sencillo; se limitaba a poner diversas resistencias en paralelo con el auricular hasta que la señal se hacía inaudible y anotaba los valores de la resistencia. En un momento esta resistencia llegó a ser tan baja como 14 ohmios. Todas estas mediciones sirvieron para obtener una gráfica que constituye el primer registro conocido sobre la propagación trasatlántica. Durante los meses de Enero y Febrero se hicieron numerosas demostraciones ante oficiales del Ejército y la Marina, la Associated Press, Asuntos Exteriores, técnicos y expertos de AT&T, General Electric y científicos como el Dr. A.E. Kenelly, el Dr. G.W. Pickard, el Sr. Hammond, V. Hayes, el Dr. Louis Bell, los profesores Webster y Pierce, y numerosos más (**Fig. 195 y 196**).



Fig. 195.- Momento en el interior de la estación de Brant Rock. Fessenden se encuentra sentado a la derecha.



Fig. 196.- Fotografía del grupo de Brant Rock vestidos de traje esperando una visita importante.

Pero esto no duró mucho tiempo, a medida que se acercaba el buen tiempo empeoraba la estática que entorpecía las comunicaciones. Finalmente se tuvieron que suspender las pruebas. El Sr. Armor lo narró:

“En la segunda semana de Enero de 1906 éramos capaces de comenzar nuestro plan de transmisiones hacia Brant Rock y se intercambiaron mensajes por la noche durante algún tiempo, permitiéndonos enviar despachos regulares entre las dos estaciones. Con el tiempo las condiciones atmosféricas se hicieron tan malas que no permitían el salto. La proximidad del verano con sus cortas noches correspondientes, hizo que el intercambio de mensajes fuera muy difícil y la compañía decidió incrementar grandemente la capacidad de los aparatos de transmisión. Mientras tanto se suspendió durante el verano el plan regular.”

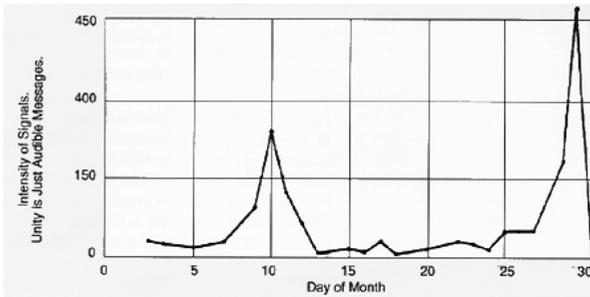


Diagrama de propagación durante el mes de Enero de 1905

Durante los meses de verano, con las pruebas trasatlánticas suspendidas, se hicieron numerosos experimentos de propagación. Se alquiló un barco y se envió a distancias de hasta 2.000 Km., que indicaban que se perdía cerca del 90% de la radiación por la absorción atmosférica. Se comprobó que al aumentar la frecuencia aumentaba la absorción, y la frecuencia que daba mejores resultados era 80 kHz. Estas pruebas indicaron que sólo se podría tener éxito si se conseguía recibir el 1% de la energía a 4.500 Km. Este resultado apuntaba a que se necesitaba mayor potencia de transmisión. Fessenden comenzó los cálculos para el diseño de un nuevo transmisor de chispa sincrona de 100 kw. En Machrihanish se aumentó la altura de la antena en 25 m. Esto hacía un total de 150 m.

La antena de la estación de Brant Rock era toda una novedad para los habitantes de esa zona y se convirtió prácticamente en un parque de atracciones. La gente entraba y se acercaba hasta la misma antena sin preocuparse si se estaba transmitiendo, con el consiguiente enfado de Fessenden que descargaba su furia contra los incautos intrusos. Finalmente se tuvo que establecer un servicio de vigilancia durante las 24 horas. Para poder trabajar con seguridad los operarios y saber cuando estaba en funcionamiento el transmisor inventó un zumbador que se llevaba en el sombrero. Cuando la antena transmitía sonaba el zumbador. Otro problema que padecieron vino

de parte de las compañías de la competencia, en especial de la compañía DeForest. Esta compañía contrató a un individuo para que hiciera funcionar un chispero en las cercanías de la estación de Brant Rock impidiendo los trabajos de investigación. Felizmente se pudo acabar con este problema dándole al tipo en cuestión una cantidad superior a la que le pagaba DeForest.

En Noviembre de 1906 comenzaron nuevamente los experimentos de transmisión trasatlántica entre Brant Rock y Machrihanish. Fessenden observó un hecho que le llamó la atención. En algunos momentos escuchaba un eco de las señales de Machrihanish con un retraso de un quinto de segundo. No tardó en llegar a la conclusión de que se trataba de las señales que habían dado la vuelta a la Tierra. Era la primera vez que se observaba este hecho sorprendente. Pero el destino tenía predestinado que estos experimentos no durasen más tiempo. El 5 de Diciembre de 1906 llegó un telegrama de Machrihanish con terribles noticias.

La torre de Machrihanish se ha derrumbado durante una tormenta.

¿Por qué se cayó el mástil de Machrihanish? La tormenta que soplaba en Machrihanish cuando se produjo la tragedia no era muy fuerte, de hecho el mástil de Brant Rock había soportado tormentas mucho más fuertes. La sorpresa se acentuó cuando la investigación mostró que había sido a causa de la unión de un viento que había cedido. ¿No podía ocurrir lo mismo en Brant Rock? Las uniones se habían calculado para resistir 25.000 Kg. Un estudio detallado de las uniones de Machrihanish reveló que el constructor había empleado un procedimiento ligeramente diferente. El estudio mostró que este sistema aguantaba algo menos, unos 20.000 Kg, además se había producido un defecto de construcción en forma de soldadura fría. El resultado fue el derrumbe del mástil y el final de las pruebas trasatlánticas. Machrihanish se desmanteló, se marchó el equipo y hoy no queda nada más que unos restos de hormigón al pie de una senda olvidada.

PRUEBAS DE RADIOTELEFONÍA

El gran sueño de Reginald Fessenden era la radiotelefonía. Dedicó muchas energías a conseguir esta meta, tanto que sus inversores le recriminaron muchas veces que no dedicara más atención a sus negocios. Tuvo problemas con el Departamento Meteorológico y con los financieros de la NESCO (Given y Walker). Pero Fessenden era inflexible. Sabía que necesitaba una onda continua y experimentó incesantemente con chisperos de diversos tipos. Durante un tiempo pareció que la solución era el chispero de nitrógeno comprimido alimentado a una frecuencia de 20.000Hz, pero finalmente se convenció que no era una solución satisfactoria. Las ondas que entregaba eran demasiado ruidosas para transmitir el sonido. Al poco tiempo de crearse la NESCO se dirigió a General Electric solicitando un alternador capaz de entregar 100 kHz. Además incluyó las características que debía cumplir y cómo debía estar construido:

“La impedancia del secundario debe ser lo más baja posible y la armadura fija no debe contener hierro, ha de tener alta densidad de flujo magnético y las piezas polares giratorias deben producir ondas senoidales lo más altas posibles. El rotor debe estar hecho con material magnético de alta resistencia mecánica, capaz de soportar una velocidad tangencial de cinco millas por minuto...”

Los primeros cálculos teóricos los efectuó Charles Steinmetz y el diseño y construcción se encargaron a un ingeniero sueco que había entrado a trabajar recientemente en General Electric, Ernst F. W. Alexanderson. En aquella época la creencia general era que las ondas senoidales que generaban los alternadores nunca podrían radiarse de forma efectiva, se necesitaba el efecto de “avalancha” que proporcionaba la chispa. J. A. Fleming, el célebre ingeniero eléctrico que había trabajado con Marconi en la construcción de la estación de Poldhu declaró en su obra *“Los principios de la telegrafía por ondas eléctricas”*:

“La creación de una onda eléctrica parece implicar una cierta rapidez en el comienzo de las oscilaciones, un alternador da una simple curva senoidal de fuerza electromotriz y podría ser que no diera el efecto necesario...”

Alexanderson tuvo diversas disputas con Fessenden sobre la solución que debía aplicarse al alternador, pero el viejo profesor se mantuvo inflexible. Después de luchar dos años con el alternador se entregó en Septiembre de 1906 un alternador que, en palabras de Fessenden, *“estaba rozado, pero construido según mi diseño.”* Además se le entregó una nota que decía que era imposible construir un alternador que entregara una frecuencia superior a

10.000 Hz con la potencia y eficacia que exigía Fessenden. El alternador que se le había entregado tenía la armadura de madera, proporcionaba 70.000 Hz y medio kilovatio de potencia. (Fig. 197) Fessenden lo modificó ampliamente haciéndolo prácticamente nuevo. Se movía por medio de una turbina de vapor acoplada con una caja de engranajes y una correa para absorber las vibraciones. Debido a las altas velocidades que se empleaban tuvo que usar rodamientos autoalineables y un pesado volante. Parece ser que se empleó por primera vez el engrase forzado con una bomba, además el aceite actuaba de refrigerante, ambos conceptos son muy corrientes hoy día, sin embargo en ese tiempo era una novedad. El alternador giraba a 10.000 rpm. Debido al deslizamiento de la correa no se pudo pasar de 80.000 Hz. A esta velocidad entregaba unos 60 V. Sin embargo se hacía funcionar a una velocidad algo menor por motivos de seguridad (60 – 70 kHz.) En Noviembre de 1906 comenzó a emplear el alternador para sus experimentos de radiotelefonía entre Brant Rock y Plymouth (Plymouth seguía usando el descargador de nitrógeno).

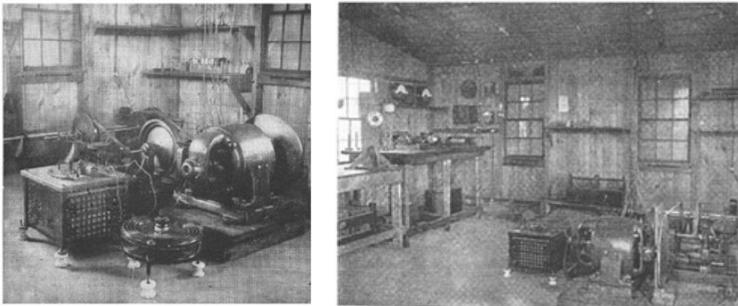
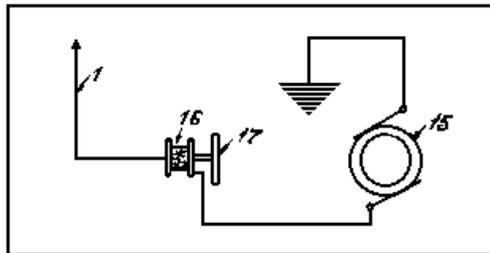
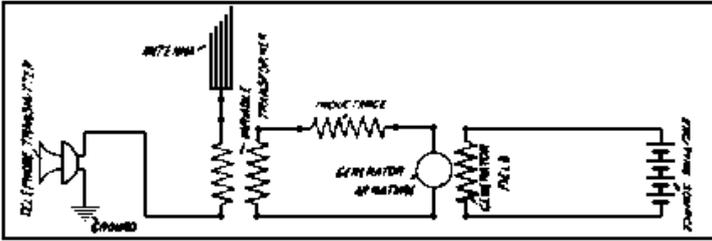


Fig. 197.- El alternador de alta frecuencia de Fessenden en Brant Rock.

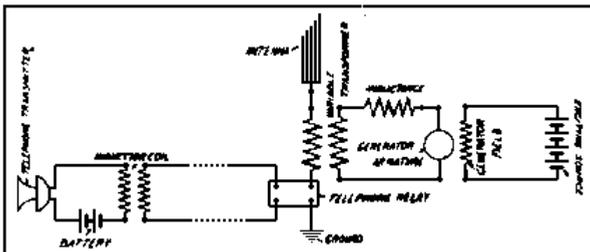


Primer transmisor de fonía con el micrófono conectado en serie entre la antena y el alternador.

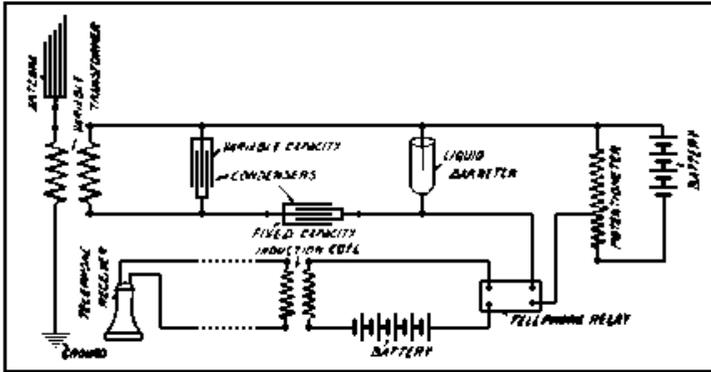


Segundo circuito de radiotelefonía con el alternador separado de la antena con un transformador de alta frecuencia y el micrófono en serie con la tierra.

A lo largo de Noviembre hizo numerosos experimentos con Plymouth para modular el alternador. Primero conectó el alternador directamente a tierra y a la antena intercalando en serie un micrófono de carbón. Este circuito tenía la desventaja que el micrófono se encontraba directamente al potencial de la antena. Al acercarse al micrófono se corría el peligro de recibir una quemadura por la alta frecuencia. Para evitar este peligro separó el alternador de la antena con un transformador de alta frecuencia resonante y situó el micrófono de carbón entre el secundario del transformador y tierra. En estos circuitos toda la corriente tenía que pasar por el micrófono de carbón, y llegaba fácilmente a los 10 amperios. El micrófono se calentaba excesivamente, los gránulos de carbón se pegaban y podía causar quemaduras en la boca en caso de acercarse mucho a él. Para intentar paliar algo este problema se usaba un micrófono con aletas de refrigeración. Fessenden también observó que las transmisiones radiotelefónicas no eran tan eficaces como las transmisiones telegráficas. Hoy día comprendemos esto fácilmente debido a la diferencia entre la modulación telegráfica y la modulación en AM. La primera es mucho más eficaz. Para intentar conseguir sonidos más fuertes en el auricular añadió un amplificador electromecánico y un transformador tanto en el transmisor como en el receptor. Este fue el circuito que le proporcionó los mejores resultados. (Fig. 198).



Tercer y definitivo circuito de radiotelefonía.



Esquema del receptor radiotelefónico con amplificador electromecánico.

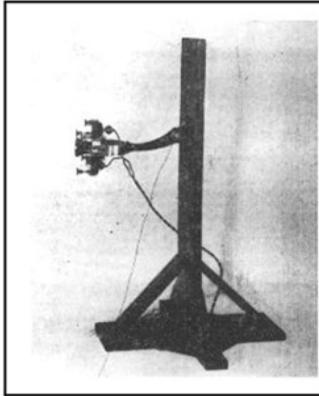


Fig. 198.- El micrófono que se empleó en las transmisiones experimentales de radiotelefonía.

Como hemos dicho antes, en ese mismo mes de Noviembre comenzaron las pruebas de transmisión trasatlántica entre Brant Rock y Machrihanish. Para entonces se había decidido que la mejor frecuencia para los contactos trasatlánticos eran los 70 kHz., que casualmente también era la frecuencia a la que funcionaba normalmente el alternador. Los operadores de Machrihanish normalmente permanecían a la escucha regularmente por la noche para intentar captar las transmisiones de Brant Rock. Un día de Noviembre recibieron una carta de Machrihanish en la que informaban de un notable fenómeno:

“...recibí una carta marcada Personal de uno de los operadores de Macrihanish. Esta carta afirmaba que habían escuchado en cierta fecha, que he especificado, y a cierta hora, sobre las cuatro de la mañana según recuerdo, nos indicaban un notable fenómeno que mostraba que la voz podía transmitirse al hablar en la proximidad del chispero rotativo (nosotros usábamos un chispero rotativo de 10 kw. a unas 500 o 1.000 chispas por segundo). Afirmaban que en la fecha y hora especificada había escuchado a uno de los ingenieros dando instrucciones a uno de sus asistentes relativas al funcionamiento de la dinamo; la voz era muy clara y natural, y había sido capaz de identificar al que había hablado como el Sr. Stein (ahora, creo, que está en la Bell Telephone Company); copiaba en detalle las palabras que afirmaba que había escuchado hablar al Sr. Stein decir a su asistente como las había escrito después de escucharlas; en total eran cinco o seis sentencias totalizando entre 50 y 100 palabras.

Afirmaba que no me había informado por radiotelegrafía porque había otras estaciones escuchando y podrían haber escuchado el informe y consideraba que era muy importante como para correr algún riesgo de divulgación prematura. También afirmaba que por esta misma razón había enviado una carta especial.

Mi primer pensamiento fue que el operador se podía haber equivocado y posiblemente algunos experimentadores en Inglaterra también podían trabajar con mi teléfono sin hilos, debido a que se había publicado unos años antes la patente en que discutía la invención, y habíamos dado algunas demostraciones del funcionamiento de la telefonía.

Lamé al Sr. Stein y le repetí las instrucciones que Stein daba a su asistente y que había acertado a oír el operador de Macrihanish, y pregunté al Sr. Stein si había dado algunas instrucciones a su asistente en la estación de Brant Rock. El Sr. Stein afirmó al momento que él no había dado ninguna instrucción a su asistente en la estación de Brant Rock y que las instrucciones que había dado no estaban relacionadas con ninguno de los aparatos de la estación de Brant Rock, se relacionaban con el motor generador que accionaba el teléfono de arco de alta frecuencia en la estación de Plymouth. Pregunté cuando había dado las instrucciones, y dijo que no sabía, pero podía mirar el libro de registros de la estación, donde estaba registrado lo que se había hecho en la noche de cierta fecha, y entre ciertas horas de esa noche. El libro de registro de la estación mostraba que se habían hecho pruebas en esas horas que exigían que se hubieran dado esas instrucciones...”

En la carta, el operador de Machrihanish, que no sabía nada de los experimentos de radiotelefonía con el alternador, explicaba que en su opinión esto se debía a que el Sr Stein había hablado cerca del arco del chispero rotativo y lo había modulado de alguna forma con su voz. Fessenden calculó

según las curvas de propagación que había obtenido en el trabajo trasatlántico, que con los 500 vatios que proporcionaba el alternador se podía establecer la radiotelefonía trasatlántica de forma ocasional y no como algo continuo y estable. Para esto último debía disponerse de un transmisor radiotelefónico de mucha mayor potencia, algo que estaba fuera de las posibilidades técnicas de aquellos días. Una semana más tarde se volvió a recibir una segunda carta que afirmaba que se habían vuelto a escuchar las transmisiones de fonía. Fessenden decidió hacer una demostración de radiotelefonía trasatlántica en el mejor momento posible, sin embargo el derrumbe del mástil de Machrihanish impidió hacer más experimentos y alguna demostración pública. Por esta razón ha pasado a la historia la transmisión radiotelefónica desde Arlington a la Torre Eiffel en 1915 como la primera transmisión radiotelefónica entre América y Europa. En Septiembre de 1918 Fessenden dio a conocer estos hechos en la revista *Scientific American* solicitando testigos de los hechos, sin embargo se desconoce si recibió alguna contestación.

El 21 de Noviembre convocó diversas personas, periodistas y ejecutivos de la AT&T para dar una demostración pública de radiotelefonía. Fessenden había preparado con todo detalle las pruebas entre Brant Rock y Plymouth. Primero se haría una demostración de transmisión de voz y música fonográfica entre Brant Rock y Plymouth. Segundo, transmisión de la voz entre Plymouth y Brant Rock por teléfono normal, en Brant Rock se conectaría la línea telefónica con el transmisor radiotelefónico por medio de un relé telefónico y se enviaría de nuevo a Plymouth automáticamente por radiotelefonía. Las pruebas fueron un éxito, como indica el reportaje de Enero de 1907 de la revista *American Telephone Journal*. La intención real de estas pruebas era interesar a AT&T para que adquiriera las patentes del sistema radiotelefónico de Fessenden. Los directivos de AT&T se quedaron impresionados por la claridad de la modulación, mucho mejor a la que se obtenía en los cables telefónicos normales. También comprendieron claramente que la radiotelefonía se adaptaba admirablemente para la transmisión de noticias, música, etc. simultáneamente a muchos lugares, (algo que se hizo a mediados de los años 20 en forma de radiodifusión). Tres días más tarde, la noche de Navidad de 1906 Fessenden hizo una de las transmisiones más famosas. La transmisión comenzó exactamente a las 21:00 con la llamada CQ, CQ, CQ en Morse seguido por el indicativo (BO). Después, los asombrados operadores de radio de los barcos escucharon una voz, el propio Fessenden, dando un breve discurso. Siguió inmediatamente una reproducción fonográfica del Largo de Haendel, después siguió Fessenden interpretando "Oh Holy Night" al violín y cantado por su esposa Helen, mientras tanto su secretaria, la Srta. Bent leía nerviosamente unas palabras de la Biblia. Tras esto Fessenden deseó a sus oyentes una "Feliz Navidad" y cerró la transmisión. En Año Nuevo volvió a repetirse la transmisión. Durante unos días

entre los operadores de radio no se habló de otra cosa que de la transmisión de Navidad, parecía que le acompañaba el éxito a Fessenden y a la NESCO. Sin embargo AT&T decidió que el sistema no estaba todavía lo suficiente avanzado para el servicio telefónico comercial. El presidente de AT&T, Theodore Vail, descendiente de Alfred Vail, el colaborador de Samuel Morse, decidió que AT&T no debía abandonar las líneas telefónicas, la radio-telefonía estaba bien, pero no pertenecía a AT&T. Visto con la perspectiva actual fue una decisión acertada en aquel momento, la radio no comenzó a tener una fiabilidad adecuada hasta los años 20 con la tecnología de las válvulas de vacío y con el apoyo de una fuerte industria. Esta decisión dejó una sensación de frustración en la NESCO que años más tarde acabó estallando con total virulencia entre Fessenden por una parte y Given y Walker por la otra.

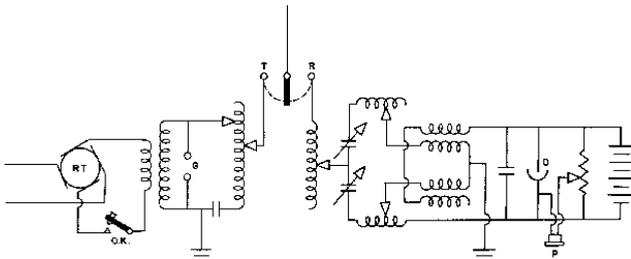
ARLINGTON Y LA MARINA AMERICANA

Fessenden había tenido numerosos problemas con la Marina de los EE.UU. Había inundado la oficina del Secretario de Marina con cartas de reclamación afirmando que los aparatos que habían adquirido a Slaby-Arco y DeForest Wireless infringían sus patentes, reclamaba una cantidad de compensación y amenazaba con entablar un juicio ante los tribunales. En sus cartas afirmaba:

“De hecho, ningún aparato que no infrinja las patentes de Fessenden no ha transmitido nunca mensajes a más de veinte millas”.

Llegó incluso a enviar una carta al Presidente de los EE.UU., que según los archivos de la NESCO nunca recibió contestación. Fessenden tenía un carácter terrible cuando creía tener razón. En general, en la Marina se le tenía por algo extravagante en sus declaraciones sobre las posibilidades de sus invenciones. Finalmente, deseando que la Marina probara los equipos que fabricaba NESCO ofertó dos equipos a la Marina por ¡1 dólar! afirmando que eran capaces de funcionar sin que le afectaran en lo más mínimo las interferencias. En Agosto de 1906 se instalaron los equipos en una estación de la Marina situada a sólo 150 m de una estación DeForest. El “anulador de interferencias” de Fessenden no pudo hacer nada y fracasó. Después de estas pruebas se instalaron tres equipos de Fessenden de 1 kW en tres barcos, el *Alabama*, el *Illinois* y el *Dolphin*. Estaban garantizados para 250 millas (375 Km). En las pruebas que se hicieron en 1905 se encontraron numerosas dificultades para sobrepasar un alcance de 70 millas. Los equipos no eran muy robustos para usarlos a bordo de un barco. El informe oficial de las pruebas decía:

“En mi opinión será imposible conseguir resultados más satisfactorios hasta que esta instalación se haga de mejor forma.”



Esquema del equipo emisor y receptor de Fessenden vendido a la Marina de los EE.UU.

Finalmente la Marina se dirigió a la compañía NESCO indicando que si no se cumplía por completo la garantía de enviar mensajes a una distancia superior a 250 millas náuticas antes de finalizar el año se devolverían los aparatos. Al final la Marina se quedó con los equipos pero nunca funcionaron satisfactoriamente y se dio la orden de no adquirir más equipos a esa compañía.

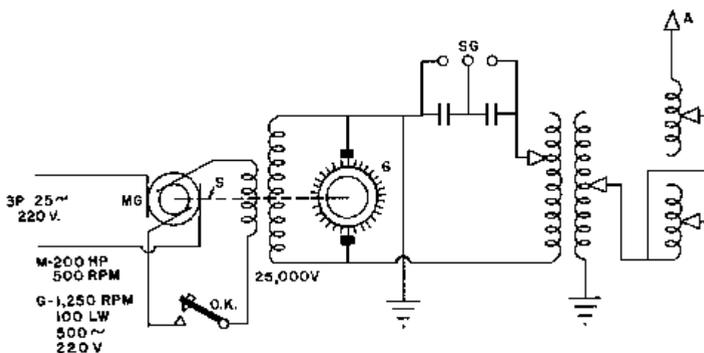
El mástil de la estación de Machrihanish se vino abajo cuando estaba en construcción el nuevo transmisor de 100 kW de chispa síncrona. Se decidió terminarlo y ponerlo a la venta. El cliente más adecuado era la Marina, se sabía que estaban buscando un transmisor para comunicar directamente entre Washington y el Canal de Panamá. El transmisor era idóneo, pero la Marina no quería tratos, según sus propias palabras, con “*el temperamental, testarudo, porfiado e intransigente director científico de la National Electric Signalig Co., Reginald Fessenden.*” NESCO contrató a John Firth, vicepresidente y director de ventas de Wireless Specialty Apparatus Co., con buenas relaciones con el Departamento Naval, para la venta del transmisor síncrono de 100 kW. Firth sabía perfectamente que la Marina no quería tratos con la NESCO y no se apresuró a ir a Washington a vender el transmisor, sino que esperó el momento adecuado y dejó caer en una visita de rutina:

“Estoy preparado para conseguir hoy mismo un transmisor de 100 kW con los últimos avances en radio y con el que podrán conectarse con cualquier barco”

Firth ocultó que se trataba de un transmisor de la NESCO hasta que estuvieron las negociaciones suficiente avanzadas y había pocas posibilidades de volverse atrás. Pero faltaba un requisito, la Marina, como cualquier otro organismo público, no puede adjudicar “a dedo” un contrato de cierta importancia. Debe publicar un concurso oposición y elegir entre las ofertas de diversas empresas. Se preparó con detalle las especificaciones del concurso para que sólo pudiera cumplir con las condiciones el transmisor de la NESCO. El 28 de Enero de 1909 se presentaron ofertas de las compañías de Marconi, Stone, Collins, Telefunken, Massie y NESCO. Como es natural, la única oferta que cumplía las condiciones era de la NESCO.

El 7 de Mayo de 1909 se firmó el contrato con la NESCO para la construcción de la estación de Arlington. Mientras se construían los edificios y torres de la estación el Departamento Naval alquiló la estación de Brant Rock para iniciar las pruebas de los equipos. En esas pruebas, debido a limitaciones en la antena, sólo se pudo probar el transmisor a un 60% de su potencia sin poder llegar a una conclusión definitiva. En dichas pruebas se consiguió mantener comunicaciones satisfactorias por el día a una distancia de 900 Km y de noche a 3.300 Km., mucho menos de lo exigido. (1.600 Km. de día y 5.000 Km. de noche) Se suspendieron las pruebas de aceptación hasta la construcción de la estación de Arlington y su prueba a plena

potencia. La Compañía Marconi se enteró del fracaso de estas pruebas y envió una carta de protesta al Secretario Naval, exigía que se le permitiera probar sus equipos, y si finalmente se aceptaban los equipos de la NESCO significaría que las reglas aceptadas eran completamente diferentes a las publicadas. El Departamento Naval remitió que todavía faltaban las pruebas definitivas a plena potencia. Mientras tanto proseguía la construcción de la estación de Arlington. Un hecho poco conocido es que en los planos originales las tres torres que sujetarían la antena debían tener una altura de 182 m, pero se agotaron los fondos y sólo una torre alcanzó la altura prevista, las otras dos se quedaron en 135 m, que le dio a la antena de la estación de Arlington su forma característica de triángulo inclinado.



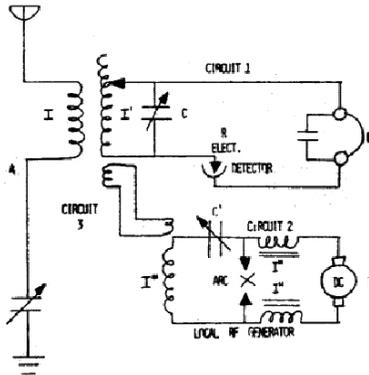
Transmisor de 100 Kw de chispa síncrona.

En 1910 una pequeña empresa, Federal Telegraph Co. con sede en California, había adquirido las patentes de transmisor de arco de Poulsen, y bajo la dirección técnica de Charles Elwell había desarrollado un arco de 30 kW con el que mantenía un circuito entre San Francisco y Honolulu. En 1912 acudió al Departamento Naval de Washington para hacer una demostración de su transmisor de arco de 12 kW con completo éxito. Allí se enteró que se estaba probando el transmisor de chispa síncrono de 100 kW de Fessenden. Elwell convenció al Jefe de la Oficina de Ingeniería y al Jefe de la División de Radio para participar en una prueba comparativa con su transmisor de 30 kW. Otros por el contrario (el Dr. Austin del Laboratorio de Investigación Naval) se opusieron a que compitiera con el transmisor gigante de Fessenden. Finalmente se aceptó hacer pruebas conjuntas pero no competitivas. Se había decidido que el transmisor de Fessenden se quedaría en Arlington y el transmisor de arco se desmontaría para instalarlo en la estación de la Zona del Canal de Panamá. El 15 de Febrero de 1913 estaba terminada la estación de Arlington y el *Salem* preparado para zarpar hacia

Gibraltar. Esta debía ser la prueba final para aceptar los equipos de Fessenden. En el *Salem* viajarían expertos de la NESCO y de la Marina. Arlington transmitiría alternativamente con el transmisor de 100 kW de Fessenden y con el arco de 30 kW de la Federal. La recepción se haría en el *Salem* con el nuevo receptor heterodino de Fessenden y con el “tikker” de la Federal. Ambos receptores estaban preparados para la recepción de ondas continuas. El receptor heterodino de Fessenden consistía en un detector de cristal de Wireless Specialty Apparatus junto con un minúsculo arco para generar la onda de batido. El “tikker” consistía en un hilo fino que rozaba en un disco giratorio, de esta manera las ondas continuas se “troceaban” y se podían escuchar en el auricular en forma de sonido áspero. Las pruebas fueron concluyentes. El transmisor de arco, a pesar de inducir en la antena transmisora sólo la mitad de corriente que el transmisor de chispa se recibía en el *Salem* con la misma intensidad hasta unos 3.000 Km. de distancia, a partir de esa distancia prevalecían las señales del arco. En Gibraltar se llegó a captar varias veces el transmisor de arco por el día. El transmisor de Fessenden no llegó a alcanzar los 5.000 Km. que se especificaban en el contrato. Sin embargo el receptor heterodino de Fessenden era mucho más adecuado para recibir las transmisiones del arco que las del transmisor de chispa, y muy superior al “tikker”. A su regreso se firmó un contrato con la compañía Federal Telegraph para que desarrollara un transmisor de arco de 100 kW, más tarde de 350 kW, de 500 kW y hasta llegar a un mamut de 1.000 kW. El transmisor de arco se convirtió en el favorito de la Marina Americana. Estas pruebas fueron el toque de difuntos del transmisor de chispa. A partir de ese momento se primó la transmisión de ondas continuas con el transmisor de arco, y unos meses más tarde, aparecieron los alternadores de alta frecuencia de Alexanderson, Goldschmidt y Telefunken. Marconi había seguido aferrado a los transmisores de chispa y había perdido la carrera hacia los transmisores de alta eficacia. Intentó luchar forzando la tecnología de la chispa hasta su límite e incluso más allá con el transmisor de chispa temporizada que instaló en su estación de Carnarvon, pero era una tecnología obsoleta sin futuro alguno.

LA RUPTURA

Fessenden ya no estaba para presenciar las pruebas de su transmisor de 100 kW. Sus continuas peleas con sus patrocinadores habían ido ampliando cada vez más la profunda brecha con ellos hasta que el 29 de Diciembre de 1910 estalló con total virulencia. Se convocó a Fessenden en Pittsburg y mientras se estaba reunido con él se intentó trasladar todos los archivos de Brant Rock y cerrar la oficina. Su esposa Helen, incapaz de localizar a su marido Reginald apeló al sheriff de Brant Rock que se hizo cargo del archivo hasta que la justicia decidiera. El 8 de Enero de 1911 Fessenden recibió una notificación de despido. Reginald Fessenden no volvió a trabajar nunca más en la radio. En 1912 entró a trabajar en Submarine Signal Co. y a partir de ese momento su interés se centró en las señales submarinas y el sonar.



Receptor heterodino de Fessenden.

Tras diversas conferencias entre la Marina Americana y la NESCO finalmente se aceptó su transmisor a efectos de compromiso, de hecho se usó únicamente como transmisor de emergencia. El heterodino de Fessenden, cuya patente era propiedad de la NESCO se convirtió en una patente primordial para recibir las señales continuas que generaba el transmisor de arco, y la NESCO se convirtió en una empresa dedicada sólo a los receptores y algunos modelos de transmisor de pequeña potencia para uso marítimo. Se abandonó Brant Rock y se desmanteló su antena; sobre ese detalle hay algunas fechas contradictorias, Helen Fessenden da la fecha de 1913 en su obra "*Builder of Tomorrow*", sin embargo en otros sitios se cita 1917 como la fecha del desmontaje de la antena. Hay una fotografía fechada en 1916 en

la que se puede ver la estación de Brant Rock, esto nos sugiere 1917 como fecha más probable de su desmontaje. Lo cierto es que una vez que terminaron las pruebas con el transmisor de 100 kW la NESCO no volvió a trabajar más con los transmisores de alta potencia. (Fig. 199).



Fig. 199. - La estación de Brant Rock en 1916, poco antes de su demolición.

En 1917 Hay Walker perdió su interés por la radio y vendió su parte a Thomas Given, que cambió el nombre de la empresa por el de International Radio Telegraph Co. El director de esta compañía sería Samuel M. Kinter, que junto con otros dos directivos adquirió un número de acciones. Durante la I Guerra Mundial hizo algunos negocios en el campo de receptores y transmisores para los barcos, pero al acabar la guerra se encontró en problemas financieros. Tras la guerra Westinghouse vio con desagrado que su rival en el campo eléctrico, General Electric, entraba con pie fuerte en el campo de las radiocomunicaciones, especialmente tras la formación de la RCA, y decidió entrar también en este campo. Se interesó en la compañía International Radio Telegraph, que estaba pasando por momentos delicados, se puso en contacto con los herederos de Given (había fallecido dejando la compañía en manos de su esposa Martha y su hija) y sus principales accionistas. En Junio de 1920 Westinghouse se convirtió en socio mayoritario de International Radio Telegraph e insufló una gran cantidad de dinero para reflotarla. Samuel Kinter seguiría como director. Poco después de esta operación se descubrió con amargura que la RCA se había hecho virtualmente con el monopolio de las comunicaciones trasatlánticas, International Radio Telegraph (Westinghouse) se tendría que dedicar únicamente a las comunicaciones transpacífico en unión con Federal Telegraph y en competencia con el circuito sudamericano de la RCA. Hábilmente la compañía Westinghouse se hizo con algunas patentes importantes en la radio (el heterodino de Fessenden, el arco de la Federal y algunas patentes de Pupin y Armstrong) Esto acabaría forzando la entrada de Westinghouse como socio

de la RCA, junto con General Electric, AT&T, United Fruit y algunas otras compañías minoritarias. Con esta maniobra los accionistas de la compañía International Radio Telegraph recibieron a cambio una cantidad de acciones de la RCA. International Radio Telegraph desapareció definitivamente del mapa. Los analistas financieros anunciaron que había sido un gran negocio para los accionistas de International y aplaudieron a los herederos de Thomas Given. Tras muchos años habían conseguido hacer un negocio con la radio que les enriqueció. Fessenden, cuyas patentes, en especial el circuito heterodino, se habían convertido de importancia capital, reclamó a la RCA una cantidad razonable. Legalmente las patentes pertenecían a la compañía NESCO, y más tarde, habían pasado a ser propiedad de International Radio. Sin embargo en 1928 la RCA, tal vez presionada por las acciones legales antimonopolio que se habían emprendido contra ella, llegó a un acuerdo con Fessenden y le pagó una suma razonable. Finalmente Fessenden había podido conseguir unos beneficios razonables por sus contribuciones a la radio que le permitieron pasar holgadamente sus últimos años de vida en las Bermudas. Falleció en 1932.

RADIO CENTRAL

Radio Central fue el último gran dinosaurio de las estaciones comerciales de onda larga. Pretendía ser el nudo de comunicaciones de los EE.UU. con todo el resto del mundo bajo el control de la RCA. La estación más grande y avanzada del mundo; incorporaría los últimos avances de la técnica. Sin embargo no llegó a terminarse. El descubrimiento del potencial de la onda corta alteró todos los planes y modificó drásticamente el mundo de las comunicaciones. Radio Central tuvo que reestructurarse por completo, y jamás llegó a su pretendido estatus de centro mundial de comunicaciones. El reinado de los alternadores Alexanderson apenas duró ocho años antes de pasar al reino de las máquinas obsoletas y olvidadas.

Desde su nacimiento la radio fue un medio de comunicación auxiliar. Se empleaba en los casos donde no se podían tender hilos. Esto se debía al limitado alcance que permitía la técnica en esos momentos (transmisores de chispa y receptores de galena o electrolíticos, no se conocía ningún sistema de amplificación, excepto los limitados y poco fiables amplificadores electromecánicos). La radio prácticamente se limitaba a las comunicaciones entre los barcos y entre barcos y costa. Las comunicaciones internacionales transoceánicas entre Europa y EE.UU. se hacían por medio de cables submarinos. A pesar de los esfuerzos de Marconi con el enlace trasatlántico por radio, las comunicaciones en radio no eran suficientemente fiables para permitir un enlace comercial satisfactorio.

Las compañías que controlaban la mayor parte de las comunicaciones por cable submarino eran de capital principalmente británico. Al estallar la I Guerra Mundial, Inglaterra cortó los cables alemanes, de esta forma las comunicaciones entre EE.UU. y Alemania tendrían que pasar forzosamente por Inglaterra, un país enemigo. Esto perjudicó enormemente a los negocios internacionales de los EE.UU., entonces nación neutral. Los alemanes tomaron represalias contra Inglaterra y la flota alemana cortó parcialmente el cable submarino inglés. El resultado fue una drástica reducción de las comunicaciones entre los EE.UU. y Europa.

Los EE.UU. se apoyaron en la radio como sustituto del cable para mantener la comunicación con Europa, pero se encontraron con un problema: la compañía de radiocomunicaciones más importante y que poseía los medios tecnológicos para permitir un enlace trasatlántico medianamente aceptable era la Compañía American Marconi, y que a pesar de su nombre, era un 70% de capital británico. Debido a esta mayoría de capital británico los EE.UU. no tenían el control de sus comunicaciones internacionales, eso dio origen a un número de conflictos entre el gobierno de los EE.UU. y la Compañía

Marconi Americana. Basta recordar el caso de la estación Marconi de Siasconsett con el crucero británico HMS *Suffolk*.

La confiscación de las estaciones alemanas de Tuckerton y Sayville no ayudó a aliviar esta carencia. Únicamente la confiscación de todas las estaciones de radio, entre ellas la de Marconi en New Brunswick, la instalación del primer alternador Alexanderson y los grandes avances que experimentó el audión debido a la presión de la guerra dieron un cierto alivio. Hacia el final de la guerra se podían construir estaciones de radio de alta potencia mucho más eficaces y con mayor rendimiento que las viejas estaciones de chispa.

Al acabar la I Guerra Mundial había que devolver las estaciones a sus anteriores propietarios, excepto las de Tuckerton y Sayville, de propiedad alemana y que fueron consideradas como reparaciones de guerra, pero los EE.UU. habían recibido una amarga lección, la dependencia que tenían de países extranjeros para sus comunicaciones internacionales.

NACIMIENTO DE LA R.C.A.

Como dijo el Presidente W. Wilson, en las relaciones internacionales hay tres factores dominantes: el transporte marítimo, el petróleo y las comunicaciones internacionales. En el transporte marítimo la nación dominante era Gran Bretaña; en el petróleo el líder indiscutible era EE.UU.; por su parte en las comunicaciones internacionales Gran Bretaña dominaba las comunicaciones por cables submarinos. Ahora que la radio estaba en condiciones de competir con los cables, EE.UU. tenía una oportunidad para batir a los británicos. Pero había que moverse rápido. La voz de alarma se encendió cuando la Compañía Marconi Americana entabló negociaciones con la compañía General Electric, fabricante y propietaria de los alternadores Alexanderson, para comprar los alternadores y sus derechos en exclusiva. Esto daría el dominio de la radio a larga distancia a una compañía con mayoría de capital británico; EE.UU. no lo podía permitir. En Abril de 1919 se celebró una reunión entre representantes de la Marina de los EE.UU. (Navy), representantes del Gobierno y directivos de la compañía General Electric, la compañía que había fabricado el alternador y poseía los derechos de la patente. Después de un discurso lleno de patriotismo se convenció a General Electric de que no vendieran el alternador a ninguna compañía de capital mayoritario extranjero.

Sin embargo esta decisión dejó a la compañía General Electric en una difícil situación. La única compañía que estaba en condiciones de adquirir los alternadores era American Marconi, no había otra compañía de radio que pudiera invertir las sumas necesarias para adquirir y explotar a los alternadores. General Electric descubrió que había invertido millones de dólares en el diseño y desarrollo de un aparato para el que no había un mercado preparado. Se dirigieron otra vez al Gobierno y a la Marina con una sola pregunta: ¿Qué hacemos con el alternador?

En esta reunión se sugirió que podrían entablarse conversaciones con un cierto número de empresas para que en unión con General Electric crearan una compañía de comunicaciones internacionales de capital americano que explotara al alternador Alexanderson. En esta misma reunión se dejó sobreentender que el Gobierno de los EE.UU. otorgaría el monopolio de las comunicaciones internacionales a esa compañía. Las compañías que se unieron para este propósito fueron General Electric, American Telephone & Telegraph (AT&T) y United Fruit Company. Estas tres compañías decidieron que la mejor política sería adquirir las acciones británicas de la American Marconi. Después de dos meses de largas negociaciones más algunas presiones del Gobierno de los EE.UU. dejando caer la idea de que se iba a prohibir en los EE.UU. la presencia de empresas de capital mayoritario extranjero, los británicos vendieron finalmente sus acciones. American Marconi pasaba a estar controlada al 100% por los americanos y el 7 de Octubre

de 1919 cambió su nombre por el de Radio Corporación Americana (RCA) y se constituía bajo las leyes del estado de Delaware.

Originalmente la RCA era únicamente una compañía operativa. No podía fabricar ningún equipo ni material y era agente exclusivo de ventas de General Electric (propietaria de la patente de los alternadores Alexanderson) y AT&T (propietaria de la patente de las válvulas electrónicas). Eso convertía a la RCA en la principal compañía de comunicaciones y con un control total sobre la radio en los EE.UU. Una de las primeras acciones de la RCA fue la construcción de un gran centro de comunicaciones internacionales. Se estudiaron las diversas opciones, pero la exigencia principal era estar lejos de las ciudades importantes para evitar zonas ruidosas, estar cerca de las líneas telegráficas y cerca del mar. Se eligió una zona en el extremo oeste de Long Island. A principios de 1920 la RCA adquirió la propiedad de Riverhead para la estación receptora y la propiedad de Rocky Point, de una superficie de 5 Km² en el extremo noroeste de la isla, a una distancia de 25 Km. Estas estaciones se conectaban por medio de líneas telegráficas y telefónicas con la oficina principal en Nueva York, a unos 130 Km. de distancia. Esta estación sería “Radio Central”, una impresionante y enorme estación de radio, la estación más grande y avanzada del mundo. Radio Central se inauguró el 5 de Noviembre de 1921. El Presidente Warren G. Harding pulsó un botón desde su despacho en la Casa Blanca, este botón puso en marcha el transmisor automático que emitió un mensaje a todo el mundo a las 3:00 P.M.

Mensaje Inaugural del Presidente Warren G. Harding
5 de Noviembre de 1921.

“Desde la Casa Blanca, Washington D.C., los EE.UU. de América. Para poder transmitir un mensaje por radio con la esperanza de que lo puedan recibir todas las estaciones del mundo, es maravilloso este logro científico y técnico como para justificar un reconocimiento especial. Este mensaje proporciona una gratificación peculiar, que desde el Jefe Ejecutivo de los EE.UU. de América, lo puedan recibir en todas tierras y en todos los cielos, con la paz y amistad de nuestra gente y nuestra nación. Esta feliz situación continuará siempre, y que la paz junto con los mejores deseos de nuestra tierra puedan en el presente ser la fortuna en todas las tierras y todas las gentes, este es el deseo de la nación Americana.”

RADIO CENTRAL

El edificio principal, llamado sencillamente Edificio 1, (**Fig. 200 y 201**) se parecía a una mansión de Hollywood. Se construyó con el aspecto de “Villa Española”, con el tejado de tejas cerámicas. La puerta frontal era de madera tallada y el tirador de latón. La sala de entrada era del aspecto de castillo europeo con el techo adornado de pinturas estilo morisco. Las paredes eran de estuco pintado de rosa pálido y las ventanas de arco con verjas de hierro. La pared frontera a la puerta tenía un gran mapamundi mural, desde allí partía una escalera doble que llevaba a las oficinas y a un balcón sobre la sala de control. Ante el edificio se encontraba una fuente oval cuya agua se empleaba para la refrigeración de los equipos. En la puerta frontal había una placa de mármol con las letras “R.C.A” El edificio era de gran tamaño, la central eléctrica ocupaba un área de 18 x 40 m, ocupando por completo la sala prevista. Aunque estaba previsto instalar seis alternadores Alexanderson y seis antenas, inicialmente se instalaron dos antenas y dos alternadores que funcionaban las veinticuatro horas del día.

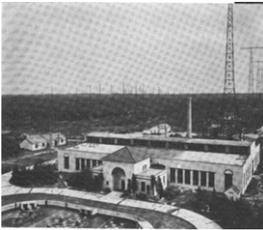
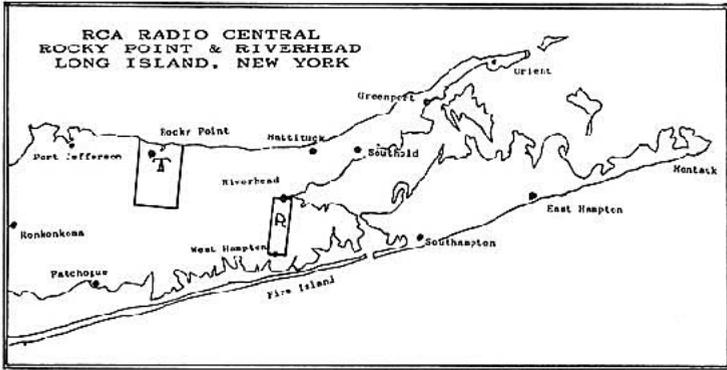


Fig. 200.- Edificio 1 de Radio Central tal como era en 1933.



Fig. 201.- Otra vista del Edificio 1 de Radio Central.

En la parte sudoeste se construyó un complejo de casas a una distancia de 2,5 Km. Este complejo recibió el nombre de “Radio Circle”, aunque presentaba más bien la forma de un óvalo. Constaba de cuatro chalets rodeando a una casa comunitaria. La Casa Comunitaria tenía el aspecto de un club nacional y se empleaba como casa de huéspedes y residencia para los empleados solteros de la RCA. Tenía 40 dormitorios, un comedor grande y una sala de estar común. Los chalets eran para los empleados casados y sus familias. También había un pequeño huerto y una pista de tenis.



Mapa de Long Island mostrando la localización de Rocky Point y Riverhead

El interior del edificio principal de Radio Central está descrito detalladamente en el libro “*The Book of Radio*” de Charles Taussig editado en 1922:

Todas las maravillas que transpira la radio desde los últimos 25 años parece que se han recogido y concentrado en Rocky Point, Long Island (a 75 millas –110 Km.— de Nueva York) y que ahora vamos a visitar.

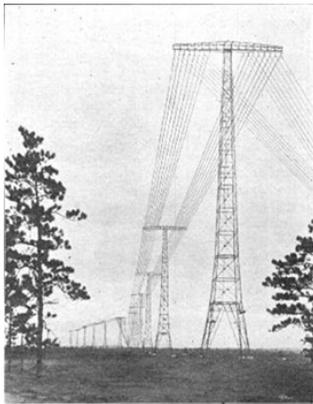


Fig. 202.- La antena de Rocky Point tenía una longitud de 4,5 Km.

Radio Central.- Una fotografía de la Antena de Radio Central (**Fig. 202**) da la impresión de ser una línea de transmisión de alta tensión. Este no es el caso al acercarse. La impresión de las 20 torres gigantes no puede trasladarse a una fotografía, no encontramos palabras que le hagan justicia. Las dos antenas completas consisten en seis torres de 137 m. de

altura sosteniendo 16 hilos en unos soportes de 45 m., dispuestas a lo largo de 4,5 Km. en línea recta. La RCA les llama "Centinelas del Amplio Mundo de la Radio", y ciertamente lo parecen.

Al acercarse al edificio de la estación desde la carretera principal por automóvil sobre la carretera privada de la RCA, llamada "Jonah Road" se pierde algo del entusiasmo que despierta la primera visión de las torres.

Nadando en el barro por encima del cubo de un automóvil, y dando golpes de vez en cuando, se pierde algo de la actitud tímida al considerar las maravillas de la ciencia moderna. Ya dentro de la estación y cordialmente recibido por el Ingeniero Jefe G. L. Usselman y su asistente el Sr. F. A. Blanding, las desagradables maneras de la Jonah Road desaparecen.

El lector que haya escuchado el gran estruendo de un pequeño transmisor de chispa de 1 kw. a bordo de un barco espera ser recibido con un ensordecedor rugido de 200 kw. de energía lanzada a la enorme antena y desde allí a través del mar. Este no es el caso de Radio Central; únicamente se puede escuchar el tranquilo zumbido de un generador y en la planta de energía no se escucha ningún fogaño. La primera impresión que tenemos es de algo común y sin interés. No hay un ruido excesivo, no hay excitación, nada dramático; ¡seguro que esto no es el transmisor de la mayor estación de radio del mundo! Esta quietud similar a una tienda de cosas milagrosas, pronto se convierte en una fuente de maravillas y admiración. Esta es la forma característica que tiene la RCA para hacer las cosas.

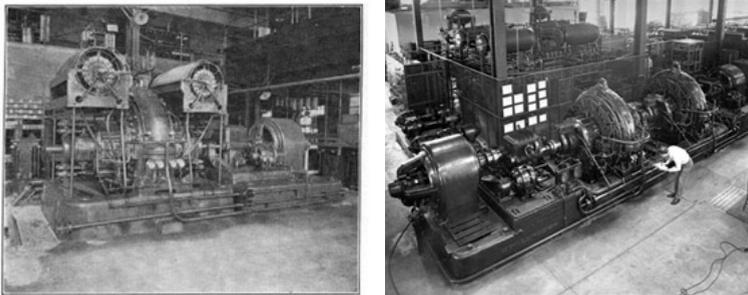


Fig. 203.- Dos vistas de los dos alternadores Alexanderson en Rocky Point.

Los grandes alternadores.- Los primeros objetos que llaman la atención son los alternadores Alexanderson de alta frecuencia de 200 kw (**Fig. 203**) que hacen posible este gran sistema de telegrafía trasatlántica. Uno está en funcionamiento y el otro se mantiene en reserva para la segunda antena, a punto de ser terminada. Estos generadores producen 100

amperios de corriente a 2.000 voltios con una frecuencia de 18.000 ciclos. Del generador pasa la corriente a un transformador de alta frecuencia con núcleo de aire donde el voltaje se eleva a 7.000 voltios. Desde allí la corriente sale de la planta de energía y se envía a una inmensa bobina de sintonía (**Fig. 204**) que está conectada al conductor de la antena. Los cables de la antena salen de esta bobina, pasan a través de la primera, segunda, tercera, cuarta, quinta y sexta torre y va a tierra a través de una bobina similar a la de sintonía. Esta disposición recibe el nombre de antena múltiple sintonizada. Se distribuye la energía a través de todo el sistema de antena con una pérdida mínima. La **Fig. 205** muestra un esquema de como será el sistema de antena cuando esté terminado. La **Fig. 206** es una fotografía aérea de Radio Central.

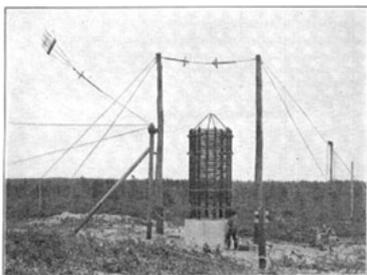


Fig. 204.- La bobina de sintonía de la antena. Obsérvese el hombre de pie a su lado.

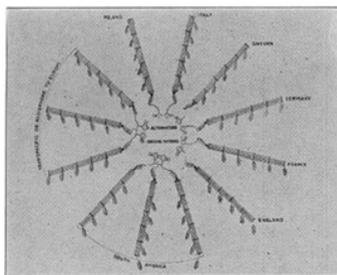


Fig. 205.- Aspecto que debían tener las seis antenas de Radio Central. Sólo se construyeron dos.

Todas las transmisiones de Radio Central se hacen a través del 60 de Broad Street, Nueva York (**Fig. 207**). Allí están los transmisores automáticos de cinta y manipuladores normales. Los mensajes se envían por línea terrestre a la central de radio donde controlan automáticamente a un relé que activa por turno a otros tres relés, dos de ellos controlan la compensación de energía y el tercero controla el modulador magnético que transmite los puntos y rayas. El modulador magnético está acoplado inductivamente con los alternadores de alta frecuencia a través del transformador de núcleo de aire mencionado anteriormente. El modulador consiste en dos bobinas de hilo en un núcleo de hierro. La corriente de alta frecuencia pasa a través de una bobina. A través de la otra pasa una corriente continua. La cantidad de corriente continua que pasa a través de la bobina del modulador está fijada para que la impedancia del circuito no deje pasar la corriente de alta frecuencia hacia la antena. Al reducir esta corriente continua, se reduce la impedancia y consecuentemente se reduce la resistencia que se ofrece a la corriente de alta frecuencia, y pasa hacia la antena una gran cantidad

de energía. Se necesita en comparación una pequeña cantidad de corriente continua para afectar a una gran cantidad de corriente de alta frecuencia, así se puede controlar fácilmente con un relé la corriente que se envía hacia la antena. (Fig. 208)



Fig. 206.- Una vista aérea del complejo de Rocky Point



Fig. 207.- Oficinas de la RCA en el 64 de Broad Street (Nueva York)

Cuando se pulsa el manipulador en Nueva York, se reduce la corriente continua en el modulador, y pasan hacia la antena 100 amperios de corriente de alta frecuencia. Cuando se suelta el manipulador, el relé ocasiona que la corriente continua pase por el modulador, incrementando la impedancia y reduciendo la corriente de alta frecuencia a 3 amperios.

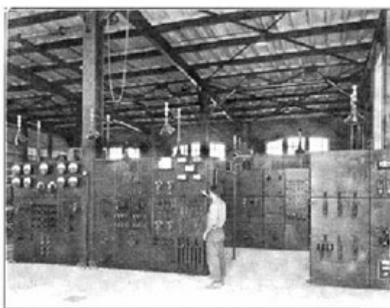


Fig. 208.- Los paneles de control del transmisor de Radio Central.

La súbita carga de energía que se devuelve al alternador cuando se suelta el manipulador se debe de compensar por medio de bobinas de saturación controladas por relés en el momento de pulsar el manipulador en Nueva York. El Sr. Blanding demostró lo fácilmente con que se manejaban estas grandes variaciones controlando el transmisor por medio de relés controlados desde Nueva York por medio de un pequeño manipulador similar al que usan los amateurs, y que provoca varia-

ciones de 100 amperios en el circuito de antena. Debido a la antena múltiple sintonizada se radian 700 amperios.

Eliminar la nieve de la antena.- Uno de los rasgos más interesantes de la estación es el método por el que se elimina la nieve en los 37,5 Km. de hilo en cada antena. Con una antena de tal magnitud la cuestión del peso de la nieve en los hilos es algo serio. Esto se hace pasando una corriente de 250 amperios a 1.500 voltios a través de los hilos de la antena. Se consigue el calor suficiente para fundir en diez minutos el hielo que se forma. Hay unos pequeños condensadores de una capacidad elevada conectados en serie con la antena y las bobinas de sintonía para evitar que la corriente de calentamiento se derive a tierra. Los condensadores presentan la suficiente resistencia a la corriente de 60 hercios, pero dejan pasar fácilmente la corriente de alta frecuencia.

Como se ha mencionado anteriormente, el control de la estación está por entero en las oficinas del 64 de Broad Street, Nueva York, donde no sólo se envían los mensajes de Radio Central, sino de los mensajes de todas las estaciones transmisoras de la RCA en la costa del Atlántico. Los transmisores de alta potencia de Tuckerton (Nueva Jersey); New Brunswick (Nueva Jersey); y Chatham (Massachusetts), se controlan desde la oficina de Nueva York.

Radio Central todavía no está terminada. Sólo se han levantado dos de las veinte antenas previstas. Cuando estén terminadas las veinte antenas directivas, será capaz de trabajar simultáneamente con veinte países diferentes. Si por alguna razón se necesitara más energía que la que puede radiar una antena, pueden conectarse juntas cualquier número de antenas hasta radiar un total de ¡2.400 kw! de potencia. Aunque la RCA no tiene ningún problema para el tráfico de mensajes con Europa con 200 kw, es posible que se necesite más potencia cuando se inaugure el servicio a Sudamérica.

La estación receptora.- La parte receptora de Radio Central se localiza en Riverhead, Long Island, a 25 Km. del transmisor de Rocky Point. En Riverhead no sólo está el receptor del transmisor de Radio Central, sino también todos los demás receptores trasatlánticos de la RCA. Los mensajes recibidos se envían al 64 de Broad Street, la estación de Riverhead únicamente sintoniza todas las estaciones de Europa y envía automáticamente las señales sobre líneas terrestres a Nueva York.

Hay muchas cosas nuevas en la estación receptora. El edificio donde se encuentra la estación receptora es una pequeña cabaña situada en un bosque. El paseante ocasional seguramente nunca sospecharía que un quinto del tráfico de los EE.UU. con Europa se conduce prácticamente en esta cabaña. El no iniciado sería incapaz de encontrar la antena y el experto se quedaría perplejo (**Fig. 209**).

La antena tiene una longitud de 13,5 Km. y sólo está situada a una altura de 9 m, sostenida sobre postes telegráficos, cualquiera puede confundirla con una línea telefónica normal. Recibe el nombre de antena wave. Es altamente direccional y elimina una gran cantidad de ruidos estáticos. Es tan eficaz que durante los nueve meses que ha estado en funcionamiento no se ha tenido que suspender el servicio en un sólo momento. Los receptores también pueden trabajar sin ningún problema durante las tormentas.



Fig. 209.- El edificio de recepción en el bosque de Riverhead.



Fig. 210.- En el edificio de recepción había cuatro receptores.

La antena wave tiene la misma longitud que las ondas emitidas por la estación de Radio en Carnarvon, Gales, 14.000 metros. Las ondas que vienen de la estación europea se reciben en la antena wave que apunta en su dirección. Se genera en la antena una corriente oscilante que se transforma en el extremo lejano de la antena por un transformador especial. Luego la corriente vuelve sobre los 13,5 Km. de la antena al instrumento receptor. De esta manera, la antena actúa como una línea de transmisión. Las potentes oscilaciones que vienen desde la estación transmisora de Rocky Point, a 25 Km. llegan a la antena por la dirección opuesta a las que vienen de las estaciones europeas. Estas oscilaciones se balancean en el transformador del extremo alejado de la antena y no llegan al aparato receptor.

La antena wave, al ser aperiódica, se puede usar para recibir más de una estación a la vez. Todo el tráfico trasatlántico de la RCA se recibe por esta antena. En el momento presente, hay cuatro equipos en funcionamiento, aunque la casa de recepción está construida para nueve receptores completos para nueve estaciones diferentes. Los equipos actuales reciben a Carnarvon, Stavenger, Nauen y Burdeos.

Los cuatro receptores son todos del mismo tipo. (Fig. 210) Las oscilaciones se reciben en circuitos correspondientes a sus respectivas

longitudes de onda, y con un complejo sistema de trampas se purifican de todas las señales inesperadas, incluyendo la mayoría de los estáticos. Pasan a través de un amplificador de radio frecuencia de tres etapas, luego se rectifica por medio de un tubo de vacío especial de dos elementos que es parte de lo que se llama detector síncrono, y finalmente pasa a través de un amplificador de audio frecuencia de dos etapas, desde este punto se transmite sobre líneas terrestres hasta donde se recibe por medio de los teléfonos usuales o, si el mensaje se ha transmitido con una velocidad mayor de 30 palabras por minuto, se recibe con una máquina impresora. Estos mensajes a veces se reciben a la velocidad de 100 palabras por minuto.

El Sr. Tyrell, el Jefe Representante de la estación, que está simplemente para conectar la máquina y para una emergencia, permitió que el autor viera cómo se reciben los mensajes de Carnarvon. La pequeña punta impresora salta arriba y abajo marcando sobre la cinta los puntos y rayas haciéndola mover alguien a unos 4.800 Km. a través del océano, y mientras vemos este pequeño dispositivo controlado desde tan lejos por un humano no podemos dejar de admirarnos por las mentes que han revelado este secreto de la naturaleza para el beneficio de toda la humanidad.

Cuando se conectan los teléfonos a los equipos receptores, las señales llegan tan fuertes que pueden escucharse por toda la habitación y las señales desde Stavenger, Noruega, a 6.000 Km. de distancia son demasiado fuertes para ser capaces de mantener los auriculares confortablemente sobre los oídos. Ninguno de estos experimentos, en modo alguno interfieren con la recepción regular de mensajes en Nueva York. Los operadores que atienden Riverhead comprueban las señales de tanto en tanto para ver si todo está correcto y cuando el ruido de los estáticos se vuelve algo fuerte, hacen los necesarios ajustes de las trampas para minimizarlos. Los estáticos nunca impiden la recepción de mensajes, aunque si son muy fuertes, es necesario solicitar a la estación europea que transmita más lentamente.

Si el operador de Nueva York encuentra que el ruido de los estáticos está dificultando la recepción, avisa por teléfono a Riverhead para ajustar la sintonía, si es posible. Si no se puede hacer, el operador de Nueva York avisa al operador del transmisor en la misma oficina de Nueva York para que avise a la estación europea que transmita algo más lenta. El operador europeo recibe estas instrucciones y las envía por línea terrestre a la estación transmisora que reduce la velocidad. Todo esto ocurre en pocos instantes.

La eficacia y la práctica de todo este sistema es asombrosa. Trabaja un año tras otro, veinticuatro horas al día sin interrupción. Los hombres de negocios dicen que este servicio es igual en todo a los cables y en algunos casos mejor, particularmente porque no hay cables directos.

En la visita a la estación transmisora y receptora de la central de radio, el autor ha encontrado más interesante dar un poco de color local que tal vez sólo la radio.

La diversión de un Ingeniero de Radio.- Cerca de todas las líneas de negocios, cuando las horas de los negocios han terminado, los individuos buscan una forma de relajación totalmente diferente. Mientras vagabundeaba alrededor de la estación de Rocky Point, el autor observó una pequeña antena saliendo de la Casa de la Comunidad, donde habitan los ingenieros, llega hasta un pequeño mástil, a unos 45 m. de distancia. Al preguntar para qué era esto, se me comentó después de verla, que los ingenieros escuchan en sus propios aparatos de radio las estaciones de radiodifusión y otros tipos de tráfico de radio. Uno podría pensar que después de pasar muchas horas a cargo de la estación de radio más potente del mundo, los ingenieros estarían contentos de olvidarse, al menos hasta el siguiente turno, que existe la radio.

En la estación receptora de Riverhead, llegan a un mayor extremo. A unas 200 yardas de la casa de recepción, el Sr. Tyrell y sus socios han instalado una estación amateur completa de onda continua. Los diversos operadores de la estación receptora pasan sus momentos libres con sus propios aparatos amateurs. Se espera, naturalmente, que los ingenieros que están a cargo de los receptores trasatlánticos de la RCA tengan una estación amateur muy eficiente y moderna.

Han intercambiado mensajes entre su estación, cuyas letras de llamada son 2BML y 2EH con puntos tan lejanos como Oklahoma, también esta estación amateur fue una de las primeras cuyas señales se recibió al otro lado del Atlántico durante las pruebas entre los EE.UU. y Ardrossan, Escocia. El Sr. Tyrell no está satisfecho de pasar el tiempo durante el día en esta estación amateur, pero cuando regresa a casa tiene un gran placer en poner en marcha su receptor que ha instalado para la diversión de su familia. En esta estación, sintoniza principalmente las estaciones de radiodifusión que proporcionan a su familia varias formas de entretenimiento.

Como se ha dicho antes, tal vez no hay otra profesión en que se dé este interés. Muchos operadores de barcos tienen sus propias estaciones de radio en casa, y después de su trabajo, inmediatamente después de llegar a casa de un largo viaje, corren a poner en marcha sus propios aparatos y comienzan a enviar y recibir sus propios mensajes para su propia diversión.

El autor ha visto una y otra vez a operadores a bordo de un barco conectar un par extra de auriculares, después de terminar su trabajo, y escuchar junto con el otro operador, durante horas añadidas al tiempo exigido.

El indicativo 2BML que se indica en este fragmento es del conocido ingeniero Harold Beverage, experto en antenas direccionales de onda larga y en receptores. Los receptores del edificio de recepción eran diseño de H. Beverage. Contrariamente a lo que se afirma en este artículo, nunca se llegó a montar el resto de antenas y alternadores. El descubrimiento de la onda corta, como se indica más adelante condicionó el futuro de Radio Central, así como del resto de estaciones de largo alcance del mundo.

Radio Central se convirtió en un lugar de peregrinaje de destacados científicos y personalidades de la época (A. Einstein, G. Marconi, C. P. Steinmetz, E. H. Armstrong, etc.) (Fig. 211) A Armstrong le encantaba la historia de la radio. Un día que estaba de caza alrededor de Babylon se encontró ante un paisaje que concordaba con la descripción que había dado Marconi sobre el lugar donde había hecho las primeras pruebas de radio en los EE.UU. Buscó detenidamente por los alrededores y encontró la choza de madera donde se había montado la primera estación de radio en los EE.UU. Armstrong la desmontó y trasladó la choza a Radio Central para donarla a la RCA (Fig. 212).

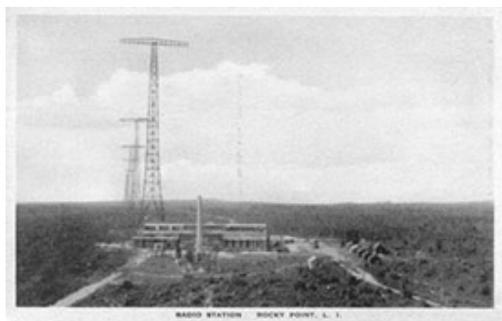


Fig. 211.- En esta fotografía se aprecia la grandiosidad de la estación Radio Central.

El principal problema de la onda larga, en especial en el área tropical y del Golfo de México, eran los parásitos y atmosféricos, en especial en los meses de verano y llegaban a impedir por completo el tráfico radiotelegráfico durante días. La RCA hizo muchas investigaciones sobre sistemas para eliminar la estática. H. Beverage se puso manos a la obra perfeccionando la antena receptora de Riverhead, originalmente un hilo largo de 14,5 Km. y en algo menos de un año la pudo reducir hasta 1,6 Km. sin perder el nivel de señal. Inmediatamente acudió Roy Weagant a tender su antena eliminadora de estática que había puesto a punto durante la I Guerra Mundial para compararla con la antena de Beverage. Weagant trabajó varios meses hasta darse por vencido y declarar que la antena de Beverage trabajaba mejor que la suya, sin embargo siempre comentaba “*Cuando sedís*

tan viejos como yo comprenderéis que los estáticos son una bestia peluda, son una bestia peluda...”



Fig. 212.- La choza de madera donde Marconi montó la primera estación de radio en los EE.UU. E. H. Armstrong la encontró y la donó a la RCA. En la fotografía Armstrong y Marconi.

EL FINAL DE LA ESTACIÓN MÁS GRANDE DEL MUNDO

Dos reveses imprevistos

Como se ha comentado antes, la RCA creía firmemente que el Gobierno de los EE.UU. promulgaría una ley por la cual se convertiría en el monopolio de las comunicaciones internacionales. Los EE.UU. siempre han visto muy mal los monopolios e incluso hay reglamentaciones prohibiéndolos, por tanto era imposible que se promulgara esta ley. Cuando la RCA comprendió que el Gobierno nunca lo haría intentó conseguir el monopolio por medio de los derechos de explotación que le daban las patentes. Entre las patentes que poseía en exclusiva estaban las válvulas electrónicas, por tanto prohibió la venta y empleo de válvulas de vacío en los aparatos que no fueran vendidos o alquilados por la RCA. Esto provocó un escándalo, numerosas pequeñas empresas dedicadas a la instalación y mantenimiento de equipos radiotelegráficos en los barcos, se veían abocadas a la desaparición, y se empezaron a unir para acudir a los tribunales. El único medio legal para obtener una válvula triodo era un vericuetto legal. Al vender Lee DeForest los derechos de su audión a AT&T se había reservado unos pequeños derechos que le permitían fabricar un cierto número de audiones sólo a fines de experimentación y nunca para comercializarlos. Por tanto la única manera legal de conseguir un triodo era acudir a DeForest y entregar a cambio otro triodo fundido. Esto dio origen a un mercado negro de triodos fundidos. La Marina de los EE.UU. veía con preocupación el nuevo cariz que estaban tomando las cosas en la empresa que había ayudado a formar, como atestigua la numerosa correspondencia entre al Almirante Standfor Hooper, responsable de las comunicaciones navales, y Owen D Young, Presidente de la RCA. En 1922 expiró la patente del diodo Fleming, y numerosas empresas comenzaron legalmente la fabricación y venta de válvulas triodo. (Siempre había existido un vacío legal, y había sido objeto de numerosas disputas en los tribunales la cuestión de si la patente del diodo de Fleming cubría también la patente del audión DeForest) RCA demandó a la principal compañía fabricante de válvulas, Independent, pero entonces ocurrieron dos cosas que no podía prever nadie, que cambiaron totalmente la radio y echaron por tierra todos los planes de la RCA.

La primera fue el boom de la radiodifusión. Durante 1920 los amateurs que poseían un transmisor de válvulas (generalmente de poca potencia) solían divertirse conectándolo a un fonógrafo y transmitían música a otros amateurs. Los Laboratorios DeForest, constructor de transmisores y receptores para los amateurs, puso en funcionamiento en su taller de Nueva York su transmisor de válvulas más potente (250 w) y transmitía música y propaganda de sus equipos para los amateurs. En 1921 algunos periódicos comenzaron a instalar alguna pequeña estación de radio para emitir a horas determinadas música, noticias e información meteorológica. En 1922 la

radiodifusión recorrió los EE.UU. de extremo a extremo como una inmensa bola de nieve. En 1922 se vendieron 100.000 receptores, en 1923 ya se habían vendido 550.000. Al año siguiente se contaban más de un millón. La RCA, totalmente desprevenida, no podía atender a la demanda incesante de receptores y no tardaron en surgir pequeñas compañías, la mayoría familiares, que se dedicaban a la fabricación y venta de receptores. Estas pequeñas compañías no sabían nada de leyes y patentes, y la RCA, que no paraba de acudir incesantemente a los tribunales, no conseguía dominar la situación. Apenas aplastaba a una pequeña empresa cuando surgían diez más para ocupar su puesto. La situación era caótica. Finalmente el Gobierno de los EE.UU. decidió solucionarlo. Adquirió todas las patentes de radio y las puso a disposición de todos. Únicamente era necesario pagar una tasa por la fabricación y venta de equipos de radio. De esta manera el control de la radio, que había permanecido desde el principio en manos del Ministerio de la Guerra y del Ejército, pasó a manos del Departamento de Comercio y Transporte. Esto echó por tierra las aspiraciones de la RCA de monopolizar toda la radio por medio del control de las patentes.

La segunda fue el descubrimiento de la onda corta. Todas las teorías de radio de aquel tiempo decían que las pérdidas aumentaban al elevar la frecuencia, por lo tanto todas las comunicaciones a larga distancia se hacían en onda larga. La onda larga exige antenas enormes, de ahí la monstruosidad de Radio Central. Nadie había experimentado más arriba de los 100 metros (3 MHz.) que posee una propagación relativamente buena por la noche a distancias medias, pero prácticamente nula por el día. Marconi había obtenido algunos resultados extraños durante la I Guerra Mundial experimentando enlaces en frecuencias elevadas (15 m), y cuando los científicos aseguraron que las ondas cortas no servían para nada no se lo creyó y se fue a comprobarlo. Modificó su vieja estación de Poldhu, que ya no se empleaba por haber quedado obsoleta y la convirtió en una estación experimental. Comenzó a transmitir en los 100 metros y comunicó con las Islas Cabo Verde con 1 kW de potencia. No tardó en subir a los 80 metros, y siguió subiendo, hasta que en Octubre de 1924 llegó a los 30 metros. El mundo se asombró con la señal que ponía en casi toda la Tierra durante las veinticuatro horas del día. De hecho encontró que la propagación diurna era contraria a todas las teorías. Había encontrado una forma económica de conseguir las comunicaciones internacionales y que estaba al alcance de cualquier compañía, por modesta que fuera. La revolución de la onda corta cambió realmente todo el mundo de las comunicaciones internacionales. Unos meses más tarde un ingeniero de Radio Central (Clarence Hansell) construyó un transmisor de un centenar de vatios en la banda de 15 metros. La antena era simplemente un hilo de 7 metros sostenido por unos palos de escoba y unos platos de poste como aisladores, y la señal que ponía en Sudamérica era mucho más fuerte y estable que las señales de Radio Central. El coste del

transmisor de 15 m. era ridículo en comparación con el monstruo que tenía al lado. Esto fue la sentencia de muerte de la estación más grande del mundo. Alteró todos los planes. Radio Central se convirtió en un lugar de experimentación y desarrollo de la RCA. En 1926 todavía no estaba claro si la onda corta era mejor que la onda larga para la radiotelefonía atlántica, y AT&T inició una serie de experimentos con el transmisor de onda larga de Rocky Point sobre radiotelefonía trasatlántica con Inglaterra. Radio Central ya estaba dando el paso hacia la onda corta y los alternadores estaban libres durante más tiempo. En 1927 se establecieron dos circuitos telefónicos trasatlánticos, uno en onda larga (6.000 metros) y otro en onda corta. Sin embargo AT&T no continuó por este camino y vendió todas sus propiedades extranjeras que estaba preparando para los circuitos telefónicos internacionales.

En 1929 cesaron las transmisiones en onda larga, y los alternadores fueron sustituidos por varios transmisores de onda corta de 10 a 20 kw. A partir de entonces únicamente se transmitía en onda larga cuando había tormentas solares, que afectan mucho más a la onda corta que a la onda larga, pero esto no duró mucho, en 1939 un huracán derribó algunas torres, que ya no se volvieron a reconstruir nunca más. Al estallar la II Guerra Mundial todavía se conservaba un alternador Alexanderson, que se desmontó y trasladó a la estación Marion, una de las pocas antiguas estaciones Marconi que todavía conservaba las antenas de onda larga, para asegurar las comunicaciones con los submarinos.

En 1930 se construyó un nuevo edificio como laboratorio. Allí la RCA desarrolló su televisión en color electrónica (en oposición a la televisión en color mecánica de la NBC). Además la línea telefónica "Hot Line" entre el Kremlin y la Casa Blanca pasaba por Rocky Point. También el Almirante Richard Byrd estuvo en conexión por radio con Radio Central durante sus exploraciones en la base "Little America" en la Antártida. A finales de los años 40 se abandonó Radio Central definitivamente. En 1955 se derribaron los edificios que estaban muy deteriorados por el vandalismo y la última torre que quedaba en pie. Actualmente sólo quedan unos restos oxidados al pie de una pista forestal.

OTRAS ESTACIONES

El grupo de estaciones que hemos visto hasta ahora son las estaciones que de una forma u otra cambiaron el mundo. En unos casos por ser la primera (Poldhu), en otros porque indicaron el camino a seguir (Nauen), o se adelantaron a su tiempo (Brant Rock), y todas ellas por marcar una época. Pero hay otras estaciones que sin ocupar las primeras páginas de los periódicos también poseen méritos suficientes para estar entre las anteriores bien por ser únicas o bien por motivos sentimentales. Todo esto hace que esta lista de estaciones no pueda estar completa sin estas otras estaciones: Lafayette, Torre Eiffel y Radio Malabar

A nuestro juicio los méritos por los cuales merecen estar incluidas son:

Lafayette.- Albergó dos enormes transmisores de arco de 1MW. Sus chispas garantizaban la comunicación EE.UU. - Francia, pero causaba enormes interferencias en Europa. Finalmente se desmontaron y se sustituyeron por dos alternadores Béthenod-Latour de 500 kW.

Torre Eiffel.- La Torre Eiffel siempre ha estado asociada íntimamente con las primeras experiencias de radio en Francia. Durante la Gran Guerra permitió a los franceses comunicar directamente con el frente y con el exterior convirtiéndose en el símbolo de la resistencia ante el ejército invasor. En nuestro caso fue durante años la única estación de radio extranjera que se podía recibir en España con los receptores domésticos y eran famosos sus previsiones meteorológicas y servicio horario.

Radio Malabar.- Albergó el transmisor de arco más potente que ha visto el mundo (2,4 MW) construido sorprendentemente de forma “casera” por los técnicos del Departamento Telegráfico de las Indias Holandesas empleando únicamente los materiales disponibles sobre el terreno (materiales reciclados y chatarra).

ESTACIÓN LAFAYETTE

La estación de Lafayette, en Croix d'Hins (Burdeos, Francia) era una estación gigantesca. Se trataba de un transmisor de arco de nada menos que 1 MW. Nació a finales de la I Guerra Mundial, y quedó obsoleta incluso antes de terminarse. Prácticamente el mismo día de su inauguración ya se comenzaron a diseñar los planes para modernizarla. Pero a pesar de su gigantesco aspecto y enorme potencia nunca tuvo un uso continuado. En la II Guerra Mundial el ejército alemán la destruyó. No se volvió a reconstruir nunca más. Hacía tiempo que había pasado su época.

Agosto de 1914. La I Guerra Mundial acaba de estallar y los ejércitos alemanes avanzan con rapidez en el territorio francés. París se encuentra en peligro, y con París la Torre Eiffel, el transmisor de radio más importante de Francia y un medio indispensable para estar en comunicación con los ejércitos, la Marina, las colonias y demás países aliados. La cercanía del frente de batalla obliga a tomar una rápida decisión, hace falta otro transmisor de alta potencia alejado del frente de batalla. En el puerto de Marsella se encuentra un transmisor de chispa de 50 kW que debía embarcarse para Saigón. El Gobierno Francés requisó el transmisor y ordena al capitán Peri hacerse cargo del transmisor y montarlo, con ayuda del ingeniero Joseph Béthenod, en La Doua, cerca de Lyon. Un mes después los habitantes de La Doua pueden admirar ocho torres de 120 metros de altura entre las cuales se extiende una red de cables. En medio de las torres se encontraba una cabaña hecha con planchas de madera que albergaba el transmisor. Durante la guerra este transmisor ayudará al tráfico de mensajes con la Torre Eiffel. Sus señales se escucharán perfectamente en Rusia, Serbia y Rumania. En Abril de 1917 entran en el conflicto los EE.UU. Las señales del nuevo transmisor de arco de La Doua permitían la comunicación con América excepto los meses de verano debido a las descargas atmosféricas. Los EE.UU. necesitaban una comunicación continua con sus fuerzas expedicionarias en Francia. El General Pershing, al mando del Cuerpo Expedicionario Americano, presionaba incesantemente en este sentido y se creó una comisión del Comité de Radio Interaliado para estudiar el tema. Las soluciones eran dos: modificar la estación de La Doua para aumentar su potencia y prestaciones, o construir una estación completamente nueva. Se eligió esta segunda opción sopesando dos puntos importantes: la saturación de tráfico que tenía la estación de La Doua, que imposibilitaban su desconexión, y buscar una mejor ubicación de la estación hacia los EE.UU.

Siguieron diversas reuniones tanto en los EE.UU. como en Francia para acordar las condiciones de la construcción. Francia se encargaría de buscar el terreno, construir los edificios y los fundamentos para las torres. La

Marina de los EE.UU. se encargaría de construir las torres, la antena y los transmisores. La Marina encargó la construcción del transmisor de arco a Federal Telegraph. Su ingeniero jefe, Leonard F. Fuller, diseñó la antena y el plano de tierra. La separación entre cada torre sería de 400 m, lo que proporcionaría un rectángulo de 400 x 1.200 m, es decir, ¡48 hectáreas! El plano de tierra sería una red similar de hilos de cobre enterrados bajo la antena. Se comenta que cuando los americanos presentaron los planos de la estación los ingenieros franceses exclamaron sorprendidos “Quieren construir ocho torres Eiffel”. Las torres tendrían una altura de 250 m. Esto nos indica que los americanos querían construir la estación más grande y potente del mundo en esos momentos para estar en contacto con sus Fuerzas en Europa. La delegación francesa propuso un lugar situado en Croix d’Hins, (**Fig. 213**) cerca de Burdeos. En su opinión era el lugar más idóneo por varios motivos: se encuentra cerca de la Costa Oeste y en un lugar favorable hacia el Atlántico, se encuentra cerca del puerto de Burdeos, pasa una línea ferroviaria, disponía de varias presas hidroeléctricas cercanas, y se encontraba lejos de la zona de combate (**Fig. 214 y 215**).

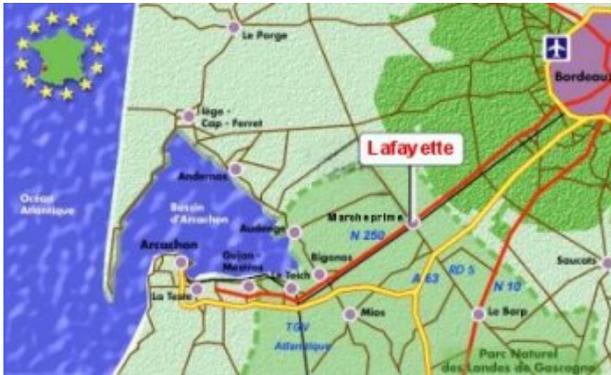


Fig. 213. - Situación de la estación Lafayette.



Fig. 214.- Croix d'Hins en la época de la construcción de la estación.

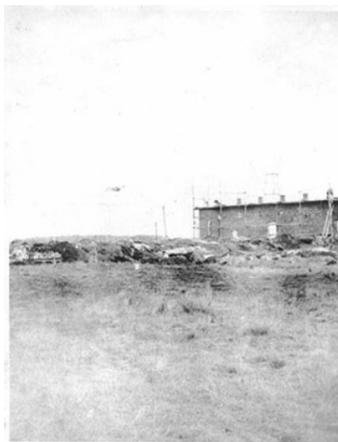


Fig. 215.- Aspecto del campo donde se construiría la estación.

CONSTRUCCIÓN DE LA ESTACIÓN LAFAYETTE

A principios de 1918 el Gobierno Francés adquirió 468 hectáreas de terreno y comenzó la construcción de los edificios. Una estación tan grande exigía construir prácticamente una población: un estanque para la refrigeración del transmisor, los edificios técnicos, talleres, alojamiento para el personal, una tienda, una escuela, vías férreas, etc. El edificio principal, destinado a albergar el transmisor tenía un cierto parecido con la residencia presidencial de los EE.UU. y por tal motivo recibió el apelativo de “Casa Blanca”. El 7 de Marzo se dio la primera palada para la construcción de la estación “Lafayette”, llamada así en recuerdo al general francés que tuvo un papel destacado en la Guerra de Independencia Americana. También se tendió una vía férrea partiendo del pueblo de Croix d’Hins que pasaría por las torres de antena y acabaría en el interior del edificio principal. (**Fig. 216**) La misión de esta vía era transportar el material pesado hasta el punto de montaje. Los EE.UU. enviaron en Mayo a un Cuerpo Expedicionario de 750 Marines para la construcción de las torres al mando del Comodoro George Sweet (**Fig. 217 a 228**).



Fig. 216.- En la construcción de la estación se empleó una locomotora.



Fig. 217.- Instantánea de la construcción.

El material para las torres se encargó a la compañía Pittsburg Des-Moines. El 28 de Mayo se empezaron a construir las torres. A pesar de la guerra y la escasez de transporte marítimo, en Octubre de 1918 todo el material se encontraba en el puerto de Burdeos. El cese de las hostilidades el 11 de Noviembre de 1918 bajó el ritmo de los trabajos. Para entonces se había acabado el edificio principal y seis torres (**Fig. 229**). En Diciembre se vio claramente que la guerra había terminado y no era necesaria la estación. Los trabajadores americanos regresaron a los EE.UU. y sólo se quedó un pequeño retén de vigilancia a la espera de la decisión sobre el proyecto.



Fig. 218.- Instantánea de la construcción.



Fig. 219.- Instantánea de la construcción.

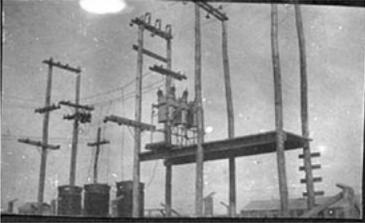


Fig. 220.- Instantánea de la construcción.



Fig. 221.- Instantánea de la construcción.



Fig. 222.- Instantánea de la construcción.

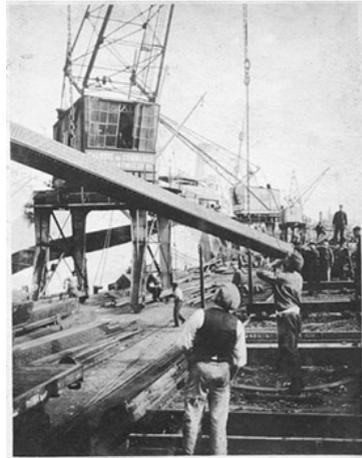


Fig. 223.- Instantánea de la construcción.

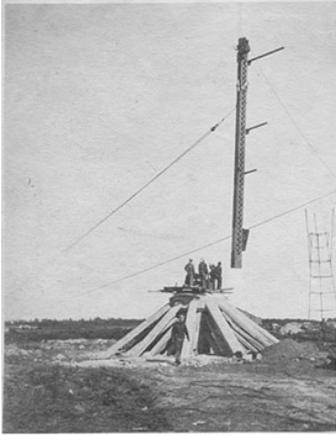


Fig. 224.- Instantánea de la construcción.



Fig. 225.- Instantánea de la construcción.
Las torres comienzan a tomar forma.



Fig. 226.- Instantánea de la construcción.
Las torres comienzan a tomar forma.



Fig. 227.- Instantánea de la construcción.
Las torres comienzan a tomar forma.

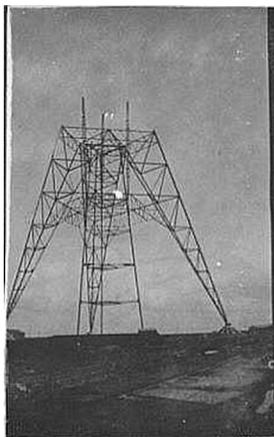


Fig. 228.- Instantánea de la construcción. Las torres comienzan a tomar forma.



Fig. 229.- Las obras se detienen. La guerra ha terminado.

Después de la guerra las cosas ya no eran igual. Se había descubierto la extrema importancia del control de las comunicaciones internacionales, que antes de la guerra se apoyaban en las redes telegráficas de propiedad inglesa. Ahora las diversas naciones no querían depender de nadie. En Francia preocupaba el hecho que el tráfico con los EE.UU. tuviera que pasar antes por Londres. Era imperativo disponer de sus propias redes y la radio-telegrafía brindaba una oportunidad única. Francia necesitaba la estación de Lafayette, cuyas obras se encontraban paralizadas, y al mismo tiempo comenzó a estudiar la construcción de un gran centro de comunicaciones cerca de Paris, en Saint Assise, para sustituir los limitados recursos de la Torre Eiffel. El Gobierno Francés se dirigió al Gobierno de los EE.UU.

solicitando la finalización de la estación. Pero en Europa habían cambiado las condiciones y por tanto debía firmarse un nuevo contrato, esta vez estrictamente comercial. En Febrero de 1919 se firmó este nuevo contrato, en que el Gobierno de Francia encargaba una estación a la Marina de los EE.UU. La compañía Pittsburg Des-Moines se encargaría de la construcción de las dos torres restantes. La construcción y puesta a punto del transmisor estaría a cargo de la Marina de los EE.UU. bajo el mando del Comodoro D. Graham Copeland. Durante la construcción hubo muchas fricciones entre los oficiales franceses y americanos. Los militares franceses exigieron hacer modificaciones en los planos de la antena y tierra. Según la versión francesa, los militares franceses definieron el tipo de antena y plano de tierra; según la versión americana, los franceses copiaron línea a línea los planos excepto las palabras “Federal Telegraph Company” que las cambiaron por “Diseñado por el Capitán Brassier”.

El 20 de Enero de 1920 se terminó el transmisor y comenzaron las pruebas del mismo. George Royden, ingeniero eléctrico que se encontraba en Mare Island en ese tiempo narra una divertida anécdota relacionada con la puesta en marcha y las pruebas del transmisor Lafayette:

Fue un gran placer trabajar en Mare Island. Puedo recordar mis experiencias con el transmisor de dos mil kilovatios que fabricó Federal y se embarcó para Francia. Allí estaban Archie Stevens y Harold Butner. Después de algunos retrasos se terminó este transmisor y se puso en servicio. Se nos avisó que debíamos estar preparados en Mare Island, que las pruebas comenzarían cierto día a cierta hora y en cierta frecuencia. Debido a mis anteriores trabajos con este transmisor estaba muy interesado en observar las pruebas. Preparé un receptor en el laboratorio. Sabía que los receptores de la Marina que recibían estas frecuencias no eran muy buenos. El receptor que me hice estaba encima de la mesa del laboratorio y tenía tres tubos, los dos primeros eran amplificadores y el tercero era el detector. Se empleó un oscilador de heterodinaje independiente para poder sintonizar el detector a la frecuencia de operación. Después de una cantidad considerable de experimentación encontré una combinación que no dejaba oscilar a las etapas amplificadoras. Cada etapa amplificadora estaba sintonizada a la frecuencia de operación. Cuando comenzaron las pruebas estaba preparado a la escucha y escuché el encendido del arco antes de la hora oficial de comienzo. Después de escuchar la prueba y recibir la firma envié un telegrama que había preparado, dirigido al oficial a cargo de la estación en Francia con la firma del oficial de material de radio de Mare Island. El oficial al mando en Francia nos envió un telegrama de felicitación por la ejecución. Más tarde me llamaron a la oficina y O'Hara me pidió ver al oficial de material de radio. Él tenía una copia

del telegrama que había enviado en su nombre. También tenía copias de telegramas enviados por otras estaciones en la costa del Pacífico, indicando todos que no habían escuchado las pruebas. No me sorprendió, conocía los medios que tenían las otras estaciones para recibir esta frecuencia. Arthur Rice estaba allí y sugirió que el oficial de material de radio fuera al laboratorio y escuchara por sí mismo. Eso hizo. Trajo al operador de radio, creo que su nombre era McElby. Llegó, escuchó y se convencieron de que la señal que había reportado procedía realmente del transmisor cerca de Burdeos (Francia). Le llamábamos transmisor Lafayette.

Las pruebas se dieron por finalizadas el 20 de Septiembre de 1920, el 15 de Noviembre empezó el tráfico comercial y el 18 de Diciembre se entregó la estación al Gobierno Francés en una ceremonia que incluía un intercambio de mensajes oficiales entre el Secretario de la Marina, Sr. Josephus Daniels, en Washington, y S. Deschamps, Secretario de Correos y Telégrafos de Francia.

Washington D.C. 18 Diciembre 1.920

*Ministro de Marina, Ministro de Guerra y Ministro de Correos y
Telégrafos,
Agregado Naval de los EE.UU.
Estación de Radio Lafayette.*

Se extienden cordiales felicitaciones a la República de Francia a través del medio de la Estación de Radio Annapolis con ocasión de la inauguración de la Estación de Radio de Super Alta Potencia de Lafayette. En nuestra firme convicción que como resultado de la mutua cooperación y avance de los representantes del pueblo francés y americano a cargo de los trabajos de construcción de la gran Estación de Radio Lafayette han dado un gran paso en el progreso científico del mundo con el resultado de beneficiar a Francia y a toda la humanidad.

*JOSEPHUS DANIELS,
Secretario de la Marina*

*Estación de Radio Lafayette, Francia
18 de Diciembre 1.920*

*Al Secretario de la Marina Americana
Washington D.C.*

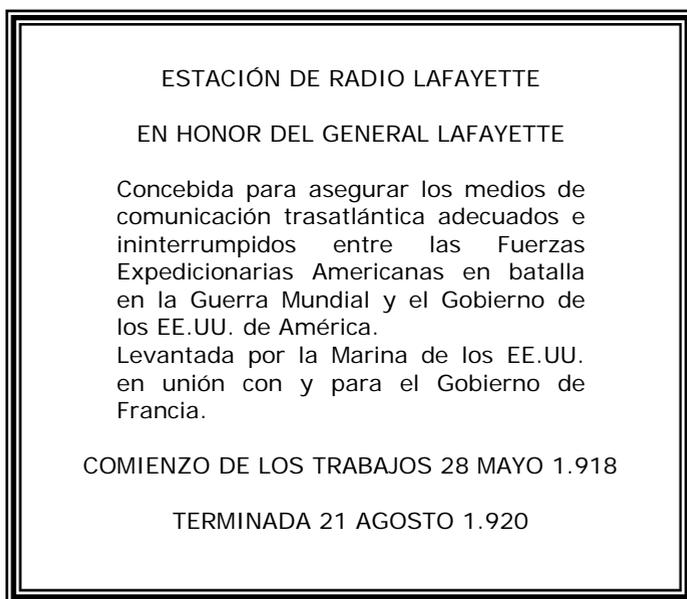
Deseo que el primer mensaje después de la inauguración oficial de la Estación de Radio Lafayette sea un cordial agradecimiento a la

República de los EE.UU. de América. En nombre del Gobierno Francés le doy las gracias a la Marina Americana por el gran papel que han jugado en la construcción de la estación de radio más potente del mundo. El mantenimiento de esta colaboración durante el periodo de paz reforzará aún más la inalterable amistad nacida por la lucha común y la victoria.

DESCHAMPS

Ayudante Secretario de Correos y Telégrafos

En la entrada principal del edificio se descubrió una placa conmemorativa de bronce recordando la colaboración entre Francia y EE.UU.



El representante americano, Almirante McGruder, recordando los difíciles momentos que habían llevado a la construcción de la estación Lafayette, citó:

“Si Francia, un día estuviera de nuevo frente a un enemigo rapaz y cruel, los ciudadanos americanos volveríamos de nuevo a esta casa para defenderla.”

Por su parte la Marina escribió a la Compañía Federal Telegraph la siguiente felicitación por su trabajo:

La Oficina desea felicitar a su compañía por los excelentes resultados obtenidos con el doble arco de 1.000 kw adquirido a Federal Telegraph Company e instalado en la Estación de Radio Lafayette en Croix d'Hins, Francia.

Los resultados de treinta días de pruebas de este equipo son muy satisfactorios para la Oficina, la intensidad de la señal de Lafayette es entre tres y cinco veces superior a las demás estaciones europeas de alta potencia, y puede recibirse constantemente de forma segura durante 22 de las 24 horas, a pesar de que las pruebas se hicieron durante la estación menos favorable.

Los servicios de su Ingeniero Jefe, Sr. R.R. Beal, como representante de la Oficina para dirigir las pruebas, bajo la autoridad del oficial al mando de la Estación de Radio Lafayette, fueron muy loables y satisfactorios, todas las pruebas se han hecho bajo la supervisión del Sr. Beal sin interrupción por averías en el equipo.

La Oficina está convencida que los resultados obtenidos en la Estación de Radio Lafayette proporcionan un gran crédito tanto a Federal Telegraph Company como a la Marina Americana.

DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN LAFAYETTE

La estación era realmente gigantesca, tan sólo la antena ocupaba 48 hectáreas, pero ¿cómo era realmente? (**Fig. 230**) Vamos a describir paso a paso los diversos elementos y sus medidas:

Antena:

La antena eran veinte hilos que colgaban de ocho torres de 250 metros de altura. El edificio principal estaba bajo las dos primeras torres, donde entraban las veinte bajantes, una por cada hilo, y se reunían en la bobina de sintonía, de 6 metros de altura y 6 m de diámetro (**Fig. 231**). El plano de tierra era 200 m² de placas de cobre soldadas y enterradas a 50 cm. En los bordes de esta placa se clavaron 100 tubos de cobre verticalmente de una longitud de 1,4 m, además se tendió bajo la antena una red de 50 hilos, que daban un total de 64 Km.

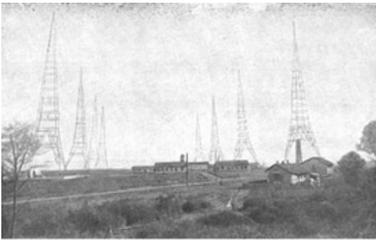


Fig. 230.- Estación terminada.

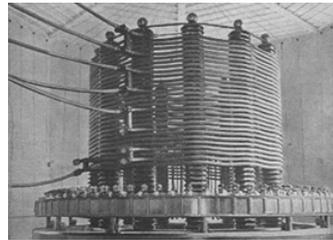
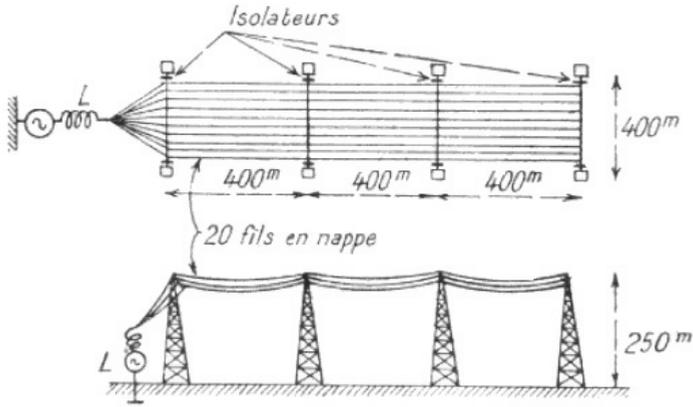


Fig. 231.- Bobina de antena. Tenía un diámetro de 6 m.

Edificio:

El edificio principal tenía 76 m de largo y 16 m de ancho, con una altura de 11 m. (**Fig. 232**) Su interior estaba dividido en cinco salas. Podía albergar la locomotora que se empleó en la construcción y posteriormente en el mantenimiento de la estación. La locomotora pesaba 20 toneladas, y arrastraba una grúa de 60 toneladas. Para la construcción del edificio no se empleó ninguna pieza metálica (entre los que se incluían cerraduras, pomos y tornillos) Todas las piezas metálicas tenían que estar conectadas a tierra, pues de lo contrario quemaban al tocarlas con la mano mientras estaba en funcionamiento el transmisor. Había otros edificios adicionales, cuatro edificios de apartamentos para albergar al personal, un taller, un garaje, la vivienda del jefe de la estación, la caseta del transformador de alimentación, la caseta de las bombas de agua, una escuela, depósitos de agua y gas (**Fig. 233**).



Plano general de la antena.



Fig. 232.- Edificio de la estación y las torres al fondo. La estructura central es la torre del reloj. La antena entra por el "minarete" superior.

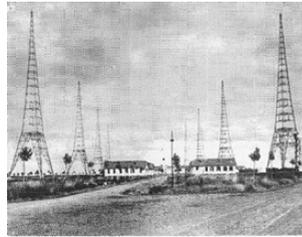


Fig. 233.- Vista de los edificios auxiliares.

Transmisor:

En la sala de transmisores había dos arcos de 1 MW, uno de servicio y otro de reserva (**Fig. 234**). Cada 24 h se paraba uno para trabajos de mantenimiento y entraba en servicio el otro. Cada transmisor pesaba 80 toneladas (70 toneladas el electroimán y 10 toneladas el resto de elementos). El transmisor tenía una altura de 2,8 metros. El arco funcionaba a 1.250 voltios y 800 amperios (**Fig. 235**). Para estabilizar el arco la bobina del electroimán del circuito magnético estaba en serie con el arco, de esta forma pasaban por el electroimán los 800 amperios. La bobina era una cinta de cobre de 7 mm de ancho y 7 mm de grueso. La bobina del electroimán y la cámara del arco estaban sumergidas en aceite refrigerado por el agua del estanque. El estanque se mantenía todo el año a 25°, y con frecuencia se podía ver gente bañándose en él en cualquier estación, aunque oficialmente estaba prohibido

hacerlo. El campo magnético del electroimán alcanzaba 17.000 gauss, un valor tan elevado que las piezas metálicas a una distancia de 1 m salían volando para pegarse a la cubierta del transmisor. Los relojes de los visitantes se averiaban irremisiblemente. El ánodo era un tubo de cobre de un diámetro de 1 cm refrigerado por agua. El cátodo era de carbón con un diámetro de 4 cm y una longitud inicial de 50 cm. Cada 24 h. había que parar el transmisor para limpiar la cámara y sustituir el electrodo de carbón gastado. El arco saltaba en una cámara hermética con una atmósfera de una mezcla de petróleo y alcohol. Esta mezcla se introducía en la cámara gota a gota, el consumo era de 20 litros cada 24 h. Antes de abrir la cámara para el mantenimiento había que dejar enfriar por completo el transmisor, en caso de abrirlo sin estar frío se producía una explosión al entrar en contacto los vapores sobrecalentados con el aire. La puesta en marcha de un transmisor de arco exigía cierto tiempo por lo que se mantenía continuamente encendido. La transmisión de las señales en Morse se hacía variando la frecuencia de transmisión cortocircuitando varias espiras de la bobina de sintonía del arco. En el caso del transmisor de Lafayette se hacía cortocircuitando 78 espiras pequeñas con 78 contactores con contactos de plata. Los 78 contactores se alimentaban con un generador independiente de 20 kW. Este transmisor generaba gran cantidad de armónicos, las autoridades francesas ya habían mostrado su disconformidad ante la instalación en Europa de tal transmisor que podría interferir seriamente con otros sistemas de transmisión.

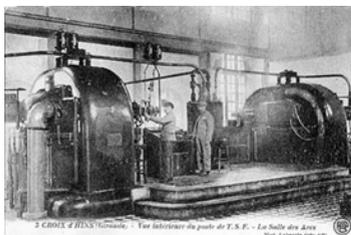


Fig. 234.- Sala de transmisores. Se pueden ver los dos arcos de 1 MW.

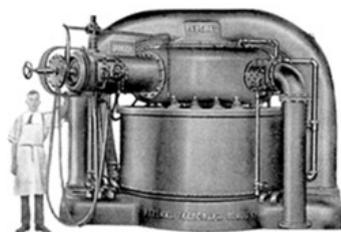


Fig. 235.- Detalle de un transmisor de arco de 1MW.

Energía:

La estación se podía alimentar de diversas centrales hidroeléctricas que había en las cercanías. El principal suministrador era la central hidroeléctrica de la Tuilière. La energía eléctrica llegaba por dos líneas de transmisión diferentes de 50 kV. que pasaban por Cenon, Floriac, Burdeos y finalmente entraban en la subestación de Croix d'Hins. Allí se rebajaba a 2.200 voltios y alimentaban a un convertidor rotativo que proporcionaba una tensión

continua de 1.250 voltios, que pasaban al edificio principal por una línea subterránea apantallada. En caso de necesidad también se podía alimentar el arco con corriente alterna, en este caso daba un rendimiento del 50% proporcionando 500 kW.

El indicativo de la estación era LY, y podía transmitir en cualquier frecuencia entre 19.150 y 23.450 metros (15,6 – 12,7 kHz)

A finales de 1920, mientras se estaba preparando la entrega de la estación a la Administración del PTT (Correos y Telégrafos Franceses), la RCA, recién creada, empezó a dar sus primeros pasos para establecer un contrato con vistas al trabajo radiotelegráfico trasatlántico entre la estación de Lafayette y New Brunswick.

No tardó en confirmarse la gran cantidad de armónicos que generaba el transmisor de arco de la estación Lafayette, y que provocó en 1923 la sustitución del transmisor de arco por un alternador Béthenod-Latour. Un motivo de peso fue la instalación en 1922 en la estación Lafayette de un emisor de poca potencia a válvulas para emisiones experimentales de radiofonía de la PTT (Administración de Correos y Telégrafos). Como se ha dicho antes, las autoridades francesas habían deseado desde el principio que la estación tuviera un transmisor de alternador. El primer alternador Béthenod-Latour de 25 kW, construido por la Société Alsacienne des Constructions Mécaniques de Belfort, se había instalado en 1917 en la estación de la Torre Eiffel. Estos alternadores (ver en el Apéndice la sección Alternadores) se caracterizaban por estar formados por varios alternadores pequeños en serie sobre el mismo eje, de esta forma se podía sumar su salida y obtener grandes potencias. El alternador que se instaló en la estación Lafayette tenía una potencia de 500 kW, y una longitud de onda de 19.150 m (15,5 kHz). El indicativo cambió a FYL. En Marzo de 1926 comenzaron las emisiones regulares de radiodifusión con un transmisor de 400 W y el nombre de “Burdeos-Lafayette” en la frecuencia de 438 m (685 kHz). A pesar de este cambio se conservan numerosas quejas de interferencias del alternador a los radioyentes de la incipiente radiodifusión. Se conserva una carta de un radioyente de Burdeos en la que se queja:

“Con un buen receptor de 4 válvulas de calidad superior encuentro a Radio Lafayette por todas las longitudes de onda, cortas y largas, y estoy condenado, como la mayoría de burdeleses, a la audición poco interesante de esta estación...”

Este emisor de radiodifusión no proporcionó resultados satisfactorios y se trasladó a Hôtel des Postes, y al año siguiente (27 de Abril) se trasladó a Carreire cambiando su frecuencia a 296 m (1.013 kHz.), conservando el nombre de Burdeos-Lafayette. La Administración de la PTT preparó unos estudios y contrató a una orquesta de 35 músicos para amenizar las

emisiones. Eran populares su locutor Fantasio y Mme. Chibose, con sus historias contadas en el dialecto bordelés. Desde este mismo emisor el General Petain difundió su célebre discurso en 1940 narrando al pueblo francés la rendición ante el ejército alemán:

“es el corazón desgarrado el que os dice que hay que cesar los combates...”

A medida que se extendía el uso de la onda corta se reducía el interés en la onda larga. En Francia se comenzaron a instalar las primeras estaciones de onda corta en Lyon la Doua, y la estación de Lafayette perdió su interés, pasando a convertirse en una estación experimental de la Telegrafía Militar que se resistía a abandonar la onda larga. En la estación de Lafayette se hizo una interesante prueba en 1934 con las válvulas llamadas desmontables. A partir de mediados de los años 20 prácticamente todos los transmisores se construían a válvulas, pero las válvulas tenían una limitación: su potencia. Los primeros transmisores usaban un gran número de válvulas de poca potencia en paralelo (el transmisor de válvulas de la Torre Eiffel empleaba 30 válvulas en paralelo para poner 75 kW en antena) Se podían construir válvulas de mayor potencia y de mayores dimensiones, pero la vida de estas válvulas era reducida, tras unos centenares de horas se había agotado su filamento. Su precio las hacía poco económicas y comenzó a pensarse en válvulas desmontables que se pudieran reparar. El problema de fabricar estas válvulas se encontraba en la bomba de vacío, en aquella época eran frágiles y difíciles de manejar. Hacía falta una bomba de vacío robusta, fiable y de fácil utilización. El físico francés Fernand Holweck resolvió este problema inventando la bomba de vacío que lleva su nombre. Los Laboratorios Belin de París pudieron construir una válvula de vacío desmontable con una bomba de vacío incorporada. Estas válvulas tenían una cubierta metálica que protegía la envoltura de vidrio, y en su parte inferior se encontraba la bomba de Holweck funcionando constantemente para compensar las posibles fugas en las juntas de caucho. La primera válvula de este tipo, de una potencia de 30 kW, se probó en el emisor de la Torre Eiffel. Inmediatamente, en 1934, se instaló en la estación Lafayette un transmisor de este tipo de válvulas para su prueba en servicio continuo. Durante los dos años de experimentación que siguieron se hicieron numerosos perfeccionamientos en estas válvulas. Se instaló un circuito de refrigeración por agua, se montaron filamentos múltiples para aumentar la superficie de emisión, se modificó el diseño de los electrodos para ayudar a su centraje, etc. Con todo esto se pudieron fabricar válvulas de 150 kW (tensión de placa de 7.500 V y una intensidad de 50 A)

DESTRUCCIÓN DE LA ESTACIÓN LAFAYETTE.

En Junio de 1940 Francia fue invadida por el Ejército Alemán. Uno de los principales puntos de interés de los alemanes fueron las estaciones de radio, entre ellas la estación de Lafayette, una de las pocas estaciones de onda larga que todavía seguía emitiendo. Los alemanes emplearon la estación para enviar órdenes en la frecuencia de 15,5 kHz a sus submarinos sumergidos a escasa profundidad. Los alemanes al retirarse en 1944 empujados por los Aliados destruyeron todas las estaciones de radio. La estación de Lafayette no se libró. El 22 de Agosto destrozaron el transmisor a golpes de martillo y finalmente acabaron la destrucción con la ayuda de la dinamita. También destrozaron la antena y volaron con dinamita seis de las ocho torres. La estación no se volvió a reconstruir nunca más. El 21 de Noviembre de 1953 se derribó la última torre que quedaba en pie. Hoy apenas queda nada visible. Sobreviven cuatro edificios auxiliares destinados actualmente a cuadras de caballos. El campo donde se encontraba la antena se dedica hoy a la agricultura. Ocasionalmente los tractores sacan de vez en cuando a la superficie algún trozo de hilo de cobre de los miles de metros que deben de quedar enterrados por ahí (**Fig. 236**).



Fig. 236.- Hoy no queda ningún resto visible de la estación Lafayette.

TORRE EIFFEL

La Torre Eiffel, el monumento más emblemático de Francia, el símbolo más conocido de París, y uno de los monumentos del que se han hecho innumerables réplicas de todos los tamaños, se construyó para la Exposición Universal de 1889. En principio debía permanecer en pie durante veinte años y ser desmontada posteriormente, sin embargo su constructor, Gustave Eiffel, consiguió que continuara en pie algunos años más como lugar idóneo para experimentación científica. El indulto definitivo lo recibió durante la I Guerra Mundial gracias a su utilidad como antena radiotelegráfica de largo alcance. Sus contribuciones durante la Gran Guerra fueron tan notables que se ganó el cariño y admiración de todos los franceses. A mediados de los años veinte dejó de ser la principal estación radiotelegráfica de Francia y se empleó como estación de radiodifusión internacional. Hoy día es el principal atractivo turístico de París y contiene varios repetidores de radio y televisión. Para los nostálgicos todavía sigue conservando su indicativo de siempre, FL.

La Torre Eiffel fue idea de dos ingenieros franceses de la Compañía de Gustave Eiffel, Émile Nouguier y Maurice Koechlin. A ellos se les ocurrió construir una alta estructura, de una altura de mil pies (305 m) y convencieron a su jefe, Gustave Eiffel. Este solicitó la ayuda del arquitecto Stephen Sauvestre para su diseño y se dedicó a convencer al Ministro de Comercio e Industria, Edouard Lockroy. Tras un concurso de proyectos, a los que se presentaron 700 proyectos, se eligió el proyecto de G. Eiffel. Se construyó en un tiempo récord de dos años y dos meses, y contrariamente a lo que puede pensarse, con un total de 120 trabajadores en la obra y 100 más en la fundición para construir las piezas (**Fig. 237**). Después de la Exposición Mundial, en la que fue la principal atracción, la Torre era poco más que una estructura sin utilidad, destinada a su desmontaje previsto para 1909. Su constructor, Gustave Eiffel, se dedicó fervientemente a buscarle una utilidad que impidiera su destrucción. Patrocinó la construcción de un observatorio meteorológico, un laboratorio para el estudio de los rayos e incluso permitió a Eugène Ducretet que hiciera sus primeras experiencias radiotelegráficas en 1898 enlazando la Torre Eiffel y el Pantheon, una distancia de 4 Km.

Marconi también se dio cuenta rápidamente de las posibilidades de la Torre Eiffel para la radiotelegrafía. En una entrevista concedida a la revista *Magazine McClure* en Junio de 1899 tras sus experiencias en el Canal de la Mancha comentó:

“Puede ver que si hubiera una Torre Eiffel en Nueva York sería posible enviar mensajes a París a través del éter sin servirse de los cables oceánicos”

Se puede considerar al General Auguste Ferrié como el salvador de la Torre Eiffel. Ferrié había presenciado en 1899 los experimentos de Marconi con su enlace entre Inglaterra y Francia. Esto le impresionó y decidió en ese momento dedicar su vida a la radiotelegrafía en Francia.



Fig. 237.- La Torre Eiffel en Construcción.

PRIMERAS EXPERIENCIAS DE RADIO

En sus primeras experiencias en radio Ferrié utilizó globos para elevar largas antenas de hasta 400 m. en el cuartel militar de Meudon. Esto le permitió conseguir alcances cada vez mayores y llegar a 350 Km. En 1903 el propio Gustave Eiffel le ofreció usar su Torre para sus experiencias radio-telegráficas. Ferrié consiguió rápidamente el permiso para trasladar sus experimentos al Campo de Marte e instaló unos hilos que bajaban desde la cima de la Torre hasta el suelo, paralelos al río Sena. (**Fig. 238**) Allí instaló una pequeña caseta con un transmisor de chispa y comenzó sus experiencias. En pocos años estableció conexiones regulares con los fuertes militares del Norte de Francia (Verdún), le siguieron otras plazas militares (Maubeuge, Toul, Epinal y Belfort). Esta última resultó muy importante en 1905 para estar en contacto con Algeciras durante la rebelión que estalló.

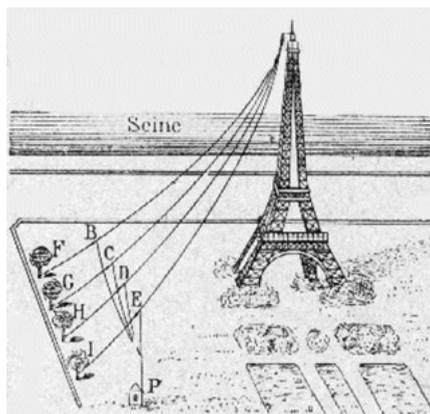


Fig. 238. - Primera antena en la Torre Eiffel (1903 – 1908).

La Comisión de la Marina, impresionada con los alcances que permitía el transmisor de la Torre Eiffel inició en Diciembre de 1907 una serie de experimentos con la ayuda de Ferrié para transmitir señales horarias a un barco en Brest y obtener su posición por medio de ellas. La comparación de la posición obtenida con estas señales y con los métodos tradicionales indicó que tenían una precisión similar. Tras estas experiencias, la Oficina de Longitudes recibió de uno de sus miembros (el comandante Guyon) la proposición de instalar un servicio de señales horarias en la Torre Eiffel, y tomó la iniciativa para interesar a las autoridades y que se tomaran las decisiones necesarias para organizar la estación radiotelegráfica de la Torre para que transmitiera una señal horaria dos veces al día.

Francia se conoció este receptor con el nombre de Ondophone. Se trataba de un sencillo detector de cristal sin ningún tipo de sintonía (**Fig. 242**).

El transmisor de la Torre Eiffel podía elegir entre dos chisperos, uno de chispas “raras” (así las denominaban) y otro de chispas “musicales”. El primer chispero eran dos cilindros de gran diámetro que se hacían girar ambos para que la chispa saltara siempre en diferentes puntos de su superficie. El chispero “musical” era un disco de cobre rugoso (para disipar mejor el calor) y un electrodo de latón en forma de tubo que terminaba en forma cónica y por el que se hacía pasar una fuerte corriente de aire para apagar la chispa y refrigerar el conjunto. El conjunto se alimentaba con un alternador especial de 1.000 Hz. (Béthenod) El transformador elevador estaba ajustado a resonancia para esta frecuencia y obtener así una sobretensión en el secundario (alrededor de 100.000 voltios).

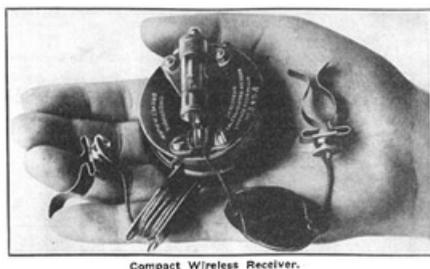


Fig. 242.- Receptor Ondophone.

La toma de tierra eran varios cientos de metros cuadrados de placas de cinc enterradas en el suelo.

El condensador era del tipo Mosciki (fabricados por Wohlleben & Weber de Saarbrücken). Estos condensadores eran tubulares con dieléctrico de vidrio. Las superficies interior y exterior eran una película de plata recubierta con cobre, todo ello obtenido por deposición electroquímica. Estos condensadores tenían un notable engrosamiento en el vidrio del cuello por ser el punto que soportaba una mayor tensión. Cada botella soportaba perfectamente una tensión de 60.000 voltios. Un condensador Mosciki tenía un diámetro de 6 cm. y una longitud de 1,38 m., con una capacidad de 0,005 microfaradios por botella.

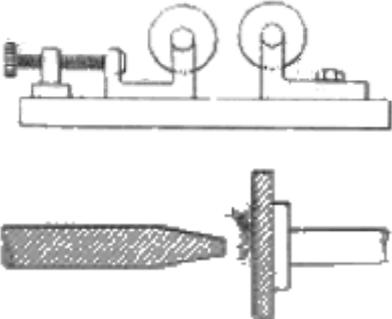
Agrupándolas en serie y paralelo se podía obtener cualquier capacidad y tensión. Estos condensadores se podían llenar con glicerina para favorecer su refrigeración. La Torre Eiffel trabajaba con una capacidad total de 0,7 microfaradios y transmitía en la longitud de onda de 2.080 metros.

El transmisor de la Torre Eiffel comenzaba a prestar un importante servicio muy apreciado por los militares, que solicitaron retrasar el desmontaje de la Torre, previsto para 1909. Era la única estación de largo alcance que

había en Francia, y podía rivalizar con las gigantescas estaciones de Marconi y Nauen usando una potencia muy inferior. A principios de 1914 se pensó enlazar con la colonia francesa de Vietnam y comenzó a fabricarse una estación de chispa de 50 kW que debía instalarse en Saigón. En Agosto estalló la I Guerra Mundial y la Torre Eiffel se convirtió en algo vital para la defensa nacional.



Condensador Mosciki



Chisperos

LA I GUERRA MUNDIAL

La Torre Eiffel permitía estar en comunicación con el frente, con la Marina, escuchar las transmisiones del enemigo e interferirlas. Rápidamente (Octubre de 1914) se aumentó la potencia del transmisor de chispa hasta 150 kW. que permitía un alcance de 4.500 Km. En 1915, en plena Gran Guerra, y con la Torre muy atareada el General Ferrié recibió una sorprendente petición: participar en las pruebas de radiofonía trasatlántica para captar las emisiones de Arlington (**Fig. 243**).



Fig. 243. - Grabado sobre la transmisión radiofónica trasatlántica.

La Torre Eiffel era el punto más adecuado para la recepción. Ferrié era militar, pero ante todo un científico, y permitió usar la torre unas semanas durante unos pocos minutos al día para las pruebas de recepción. Se trasladaron los tenientes Shreeve y Curtiss con un receptor homodino bastante inestable. Lloyd Espenchied narró la recepción de las señales en Hawaii y las comparó con la recepción en París de la siguiente forma:

Sí, muy limitado. Nunca tuvieron una buena recepción allí. De hecho no necesitaban la Torre Eiffel, y se fueron. Cuando llegué a Hawaii me fui a la Estación Naval de allí, que está en el puerto de Honolulu. Lo hice y observé que había muchas interferencias, no era muy bueno. Me fui y levanté mi propia antena en Pearl Harbor, que era entonces un lugar salvaje, con una única estación potente, un edificio de oficiales, y un almacén en el puerto. Tendí mi antena entre un tanque de agua y una chimenea, después descendía y entraba en un viejo taller de carpintería donde tenía el receptor, gracias a la recepción homodina que había inventado entonces B. W. Kendall. En la recepción homodina el detector oscilador estaba oscilando al unísono con la portadora recibida.

que estar exactamente al unísono, y el control era tan exacto que no podía mover el cuerpo después de haberlo ajustado adecuadamente. Tenía que permanecer completamente inmóvil cuando recibía. La recepción era realmente buena –tan buena que cuando se lo mostré al comandante, después de escuchar la voz preguntó “¿De dónde dice que viene?” Le dije “De Washington”. Pude ver que no se lo creía. Al día siguiente vino su asistente, el teniente Lando, y comenzó a investigar todos los hilos en mi pequeña habitación. Me dijo, “El viejo me ha pedido que revise todos los hilos que hay por aquí para asegurar que no venía de la habitación contigua, la Rama de Intercambio Privado”. Pero cuando llegó la prensa de Nueva York con la narración del éxito del experimento, la Marina no sólo se alegró de confirmarlo. Creo que la Marina dio el primer anuncio en Hawaii. Así es –no lo recuerdo. Jugaba a la pelota con nosotros. Era 1915. Más bien pensaban que a partir de ese momento íbamos a tender un servicio a través del océano, todo estaba preparado para ello. La compañía telefónica se asustó de las expectativas públicas. Sabíamos muy bien que no podríamos dar ese servicio en años. Mas tarde o temprano entraríamos en la guerra, toda la actividad de radio cesó hasta 1919. Pero faltaba todavía mucho trabajo experimental, fabricar equipos para los militares. Todavía no estaba involucrado en eso.

En 1917 los EE.UU. entraron en la guerra, y en el contingente de las Fuerzas Expedicionarias se encontraba el Cuerpo de Señales de los EE.UU. que fueron destinados a la Torre Eiffel. Entre los integrantes del Cuerpo de Señales se encontraba un joven oficial llamado Edward Howard Armstrong. Recibió las órdenes de investigar y detectar posibles transmisiones secretas alemanas. Allí se encontró con Lucien Levy, un joven ingeniero con ideas muy interesantes (**Fig. 244**).

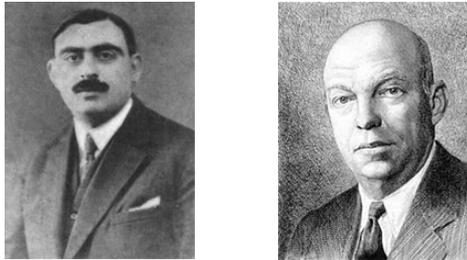


Fig. 244.- Lucien Levy (izda.) y E. H. Armstrong (dcha).

Entre sus ideas estaba la posibilidad de transmitir señales usando la modulación en frecuencias ultrasónicas. En esta idea se encontraba el

germen del receptor superheterodino, pero no se sabía como llevarlo a la práctica. El genio de Armstrong permitió construir el primer receptor superheterodino y descubrir que no había transmisiones secretas.

También el Gobierno Francés solicitó a Cyril Elwell, famoso constructor de transmisores de arco de alta potencia, que instalara un arco de 150 kW en la Torre Eiffel. Transmitía en la longitud de onda de 8.000 m. También se instaló un alternador de alta frecuencia Béthénod-Latour de 20 kW (**Fig. 245**), sin embargo se trataba de un modelo experimental que tuvo poco uso.

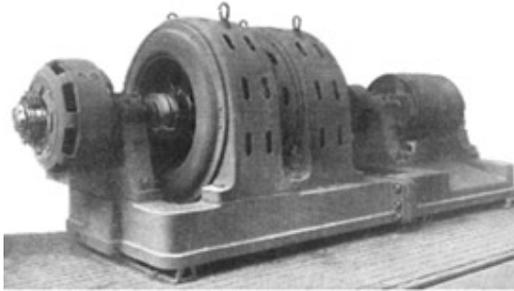


Fig. 245.- Alternador de alta frecuencia experimental de la Torre Eiffel.

Al finalizar la guerra Francia estaba muy agradecida a la Torre Eiffel. Había permitido estar en contacto con las tropas en el frente y con los barcos en alta mar. Se había convertido en un símbolo nacional y era impensable su desmontaje. Por otra parte había aumentado enormemente la importancia de las comunicaciones. Francia contaba con la estación Lafayette y estaba en construcción el enorme complejo de Saint Assise. La Torre Eiffel entró en una segunda época.

EXPERIENCIAS DE RADIODIFUSIÓN

El 16 de Febrero de 1922 entró en funcionamiento un transmisor de válvulas de 1 kW en la longitud de onda de 2.650 m. (113 kHz) (**Fig. 246**) con el que se empezó a hacer transmisiones experimentales de radiodifusión. Las transmisiones comenzaban a las 16:30 horas. Un soldado de ingenieros en uniforme comenzaba con las palabras “*Allô, allô, Aquí estación militar de la Torre Eiffel...*” (**Fig. 247**) después leía un boletín meteorológico para los agricultores y las cotizaciones de Bolsa. Algunos artistas benévolos y otros aficionados se trasladaban a los locales subterráneos para emitir los “Radio Conciertos”. Los personajes más célebres de ese momento eran Sacha Guitry e Yvonne Printemps. En algunos programas participó el propio General Ferrié (**Fig. 248**). En 1923 se aumentó la potencia a 6 kW, y en Mayo de ese mismo año se instaló un nuevo transmisor con una válvula Holweck desmontable. En 1924, y en parte gracias a las retransmisiones experimentales desde la Torre Eiffel, se extiende la radiodifusión por toda Francia. La Torre Eiffel cesó en todas sus actividades comerciales y pasó a dedicarse exclusivamente a la radiodifusión. Sólo mantuvo un enlace con los EE.UU. que se empleaba ocasionalmente. Se convirtió en la estación de radiodifusión pública más potente de Europa. Se podía captar fácilmente en varios países. Con la ocupación alemana en Junio de 1940 cesó toda su actividad de radio (**Fig. 249**). Después de la liberación se convirtió en el principal centro de repetidores para la región de París, función que sigue desempeñando hoy día.

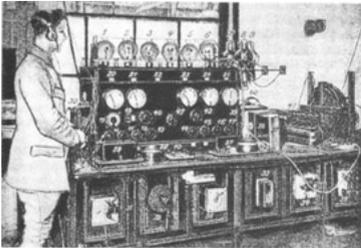


Fig. 246.- Transmisor de válvulas de 1 kW.



Fig. 247.- Un soldado zapador uniformado leía todos los días un boletín de noticias desde la estación de la Torre Eiffel.



Fig. 248.- Una emisión de radiodifusión desde la Torre Eiffel. Se puede ver a Sacha Guitry, la Srta. Printemps y al General Ferrié.



Fig. 249.- Hitler ante la Torre Eiffel durante la ocupación alemana.

RADIO MALABAR

En esta historia de Radio Malabar nos vamos a centrar principalmente en los transmisores de arco del Dr. Cornelius J. deGroot. En Java el Dr. deGroot mostró una fértil inventiva que le llevó a emprender la fabricación de dos transmisores de arco monstruosos de 2,4 MW, con medios caseros y materiales “reciclados”. Estos transmisores de arco tuvieron muy poco uso debido a sus continuos problemas. Los alternadores de Telefunken, y más tarde los transmisores de onda corta a válvulas llevaron todo el tráfico. Esta es la historia de un hombre soñador y obsesionado hasta la enfermedad con los transmisores de arco.



El Dr. Cornelius Johannes de Groot.

Java era una de las principales colonias de Holanda a principios del siglo XX (recibían el nombre de Indias Holandesas). Por supuesto que las comunicaciones entre Holanda y Java eran muy problemáticas debido a la gran distancia (Se encuentran en las Antípodas). Se empleaban los cables telegráficos británicos, pero el depender de naciones extranjeras para las comunicaciones daba origen a algunos problemas. En 1911 comenzaron los primeros experimentos de radio en Java bajo la dirección del Dr. deGroot, ingeniero del Departamento Telegráfico

de las Indias Holandesas. Estos experimentos pretendían estudiar el comportamiento y propagación de la radio en las regiones tropicales así como el establecimiento de una cadena de estaciones para comunicar entre sí las diversas islas de Indochina. El estallido de la I Guerra Mundial afectó enormemente a las comunicaciones entre Holanda y Java, y comenzaron a estudiarse las posibilidades reales de un enlace de radio entre la colonia y la metrópoli. La idea original de partida era establecer una cadena de estaciones entre Holanda y Java. Las estaciones intermedias se tenían que encontrar obligatoriamente en suelo extranjero, bien en suelo británico e italiano (Trípoli, Massaua y Ceilán) si se extendía hacia el Este o bien en suelo norteamericano (EE.UU., Hawaii y Samoa) si se extendía hacia el Oeste.

PRIMEROS EXPERIMENTOS

El Dr. deGroot asistió a estas primeras discusiones en Holanda como experto en radio y llamó mucho la atención su afirmación de que bajo ciertas condiciones sería posible mantener un contacto directo entre Holanda y Java. El Departamento Colonial, altamente interesado en esta posibilidad, envió al Dr. deGroot a Java y le dio carta blanca para que hiciera las investigaciones necesarias. El Dr. deGroot viajó a Alemania donde tuvo contactos con la compañía Telefunken y visitó la estación de Nauen. Después partió hacia Java pasando por los EE.UU. donde visitó los transmisores de arco fabricados por la compañía Federal Telegraph. La sencillez de los transmisores de arco le impresionó profundamente, tanto que a partir de ese momento no tuvo más pensamiento que el transmisor de arco. Adquirió un transmisor de 100 kW que se llevó con él a Java. En Java se fijó dos metas, la primera poner a punto un receptor capaz de captar la estación de Nauen (a una distancia de 12.000 Km). Si podía captar a Nauen se demostraría la posibilidad del enlace directo con Holanda. La otra meta era montar una antena adecuada para la transmisión y ver el alcance que podía obtenerse con el transmisor de 100 kW. En ambas empresas el Dr. deGroot hizo gala de su extraordinaria inventiva y capacidad de aprovechamiento de lo que tenía a mano. La construcción de una antena similar a las que había visto en Europa y EE.UU. exigía la construcción de enormes torres metálicas, algo totalmente fuera de su alcance, sin embargo se fijó en una estrecha garganta en Malabar a unos 20 Km al sur de Bandung, capital de Preanger. (**Fig. 250**).



Fig. 250.- Mapa de la isla de Java con la localización de Bandung.

Si tendían una serie de sirgas entre las cimas de las montañas podría sujetar en ellas los hilos de la antena. Montó una antena provisional y un pequeño edificio para albergar el transmisor. Al mismo tiempo comenzó a trabajar en el diseño de su famosa “antena de montaña”. ¿Cómo se obtendría la energía eléctrica en aquel lugar tan apartado de la civilización? Nuevamente volvió a emplear materiales reciclados, una vieja turbina de deshecho que encontró en Sumatra, una vieja dinamo que le regaló como chatarra la

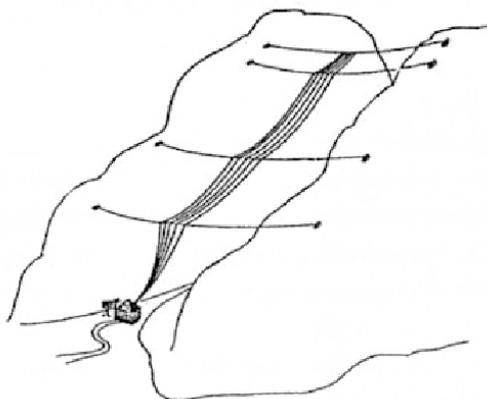
Compañía Eléctrica de Batavia Tramweg y el viejo motor de un avión estrellado. La ilusión y esperanzas con que acometieron estos trabajos nos la resume un antiguo colaborador:

‘...recuerdo ese periodo con momentos de tensión, entusiasmo y vejaciones, donde el Sr. de Groot probó sus máquinas complicadas y primitivas en una atmósfera densa y húmeda, ayudado por un fiel estudiante de técnica de Eindhoven, y nos aplicamos con el mayor celo a hacer funcionar unas máquinas primitivas e incompletas esperando llegar a Holanda como meta final’.

El Dr. deGroot y su equipo se entusiasaban en Java con estos experimentos, sin embargo en Holanda proseguían las negociaciones. El Gobierno Holandés entró en negociaciones con las Compañías Marconi y Telefunken. Las noticias que llegaban de Java sobre la recepción ocasional de la estación de Nauen dieron un giro a estas negociaciones y la comisión permanente se decidió por Telefunken. Se firmó un contrato para que Telefunken construyera en Java una estación similar a la de Nauen, en esos momentos la más potente del mundo. Todas estas negociaciones se habían hecho a espaldas del Dr. deGroot, que cuando se enteró estalló en cólera y solicitó proseguir por su cuenta y con sus propios medios la construcción de un transmisor gigante de arco de 3,6 MW. Resulta extraño que el Gobierno Holandés aprobara la construcción del transmisor de arco en paralelo con la estación Telefunken de alta potencia. Tal vez no se dieran cuenta de la enorme dificultad de la empresa.

ANTENA DE MALABAR

Telefunken no pudo cumplir el contrato hasta finalizar la guerra. Cuando se presentaron en Java los técnicos de Telefunken habían elegido sobre el mapa una ubicación para su futura estación, Tjililin, pero se sorprendieron gratamente de los trabajos que había hecho en Malabar el doctor deGroot. En concreto reconocieron que funcionaba extraordinariamente bien la antena de montaña de Malabar (*Bergantenne*) y pidieron permiso para montar allí su estación y usar su antena. Esto fue un motivo de satisfacción para el Dr. deGroot. La antena de Malabar era una combinación de sencillez, gigantismo y respeto a la naturaleza. La altura de la antena en el punto más bajo era de 480 m, y subía hasta los 800 m. La antena consistía en siete hilos de cobre trenzado, presentaba una capacidad de 32 nF y una frecuencia de resonancia de 35 kHz. La antena estaba suspendida por medio de sirgas de acero de 2,5 cm y aisladores. En el final, donde se encontraba el pico de tensión más elevado, había ocho aisladores en serie con un aislamiento total de 160 kV. Para elevar la antena hasta su emplazamiento definitivo se emplearon motores de gasolina. El plano de tierra era una serie de hilos enterrados por debajo de la antena. El terreno rocoso dificultó enormemente el tendido del plano de tierra. Se añadieron numerosas placas de cobre, pero la eficacia de la antena se debía principalmente a su gran altura. Para ascender a la antena se empleaba una silla elevadora atada a una cuerda. Un motor de gasolina se encargaba de elevar rápidamente al ocupante hasta la antena. (**Fig. 251 a 257**)



Boceto de la "antena de montaña".



Fig. 251.- Vista general de la estación de Radio Malabar.



Fig. 252.- Vista del edificio del transmisor.



Fig. 253.- Vista general de las cabañas y edificios de Radio Malabar.



Fig. 254.- Fotografía de la entrada en la garganta de Malabar.



Fig. 255.- Vista general de la estación transmisora de Malabar.



Fig. 256.- Fachada del edificio y vista parcial de la antena.



Fig. 257.- Plano general de la garganta de Malabar y la antena.

No tardaron en comenzar a buen ritmo los trabajos para convertir a Malabar en una población de radio. Se tendió un ferrocarril con Bandung, se construyeron las casas para los trabajadores, el edificio para los transmisores, los talleres y la central eléctrica. El Servicio Gubernamental de las Indias Holandesas preparó el diseño y la construcción de los edificios con los materiales que se tenían más a mano, además se tuvieron en cuenta los terremotos, muy frecuentes en esa parte del globo. No se podía emplear hormigón armado ni ladrillos. Se decidió por una sólida construcción de muros de piedra para el almacén, taller y edificio de máquinas auxiliares. Se eligió una construcción de madera para albergar los transmisores y transformadores. Como protección a los terremotos se instalaron fajas de hierro y cemento. Se evitaron casi por completo las piezas metálicas en la construcción. Los clavos y tornillos para el armazón eran de latón. Todos estos trabajos fueron coordinados por la Compañía Telegráfica de las Indias Holandesas, Telefunken se dedicaría a la construcción de dos transmisores de alternador de 400 kW similares a los de Nauen y el Dr. deGroot se concentró en la construcción de un gigantesco transmisor de arco que inicialmente debía ser de 3,6 MW, pero se tuvo que dejar en 2,4 MW., una cifra que sigue siendo ciertamente respetable

La nueva estación necesitaba un suministro de energía mucho mayor que el que había exigido el viejo transmisor de arco de 100 kW. Se construyó una central térmica en Dajeuhkolot, a unos 10 Km. al sur de Bandung. Esta central se comenzó en 1919 y se terminó en 1921. Se empleaban cuatro calderas Babcock Wilcox que proporcionaban vapor sobrecalentado a 300° a dos turbinas Laval, cada una de 1.000 CV. Los generadores proporcionaban una tensión de 3.150 V a 50 Hz. Esta tensión se elevaba a 25.000 V y se transportaba por medio de una línea de alta tensión de 15 Km. hasta la estación de Malabar. Allí se reducía nuevamente la tensión a 3.150 V que alimentaba al motor del alternador de alta frecuencia. Un detalle interesante

en la estación era una gran batería de 125 vasos y capaz de entregar hasta 864 amperios. Esta batería estaba prevista para hacer funcionar a las máquinas del taller durante las pausas de la transmisión y evitaba tener que mantener en funcionamiento la central eléctrica para pequeños trabajos de mantenimiento. (Fig. 258 a 261)



Fig. 258.- Central eléctrica de Dajeuhkolot

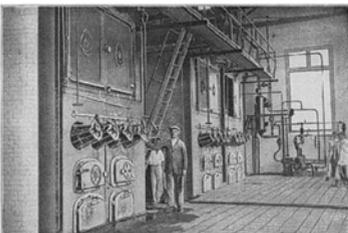


Fig. 259.- Sala de calderas de la central eléctrica.

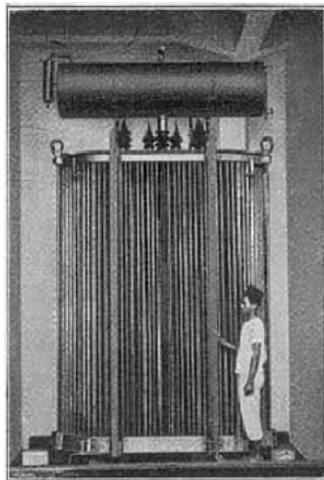


Fig. 260.- Transformador de la central eléctrica de Dajeuhkolot.



Fig. 261.- Sala de turbinas y generadores de la central eléctrica.
Al fondo se puede ver el cuadro de control.

ESTACIÓN RECEPTORA

La estación receptora se montó en Randja Ekek, a 22 Km. de distancia en línea recta del transmisor de Malabar, en una antigua plantación de arroz. La gran humedad y encharcamiento del lugar favorecía la tierra. El receptor estaba dividido en cuatro secciones montadas en armarios de hierro. Circuito de sintonía y trampas, amplificador de alta frecuencia, detección y amplificador de baja frecuencia. Se alimentaba con baterías y la sala de cargadores se encontraba a 80 m para evitar cualquier posible ruido eléctrico. Este receptor podía recibir cualquier frecuencia entre 45.000 y 24.000 m. (6 kHz a 12,5 kHz) Recibía la estación de Kootwijk en Java y las estaciones de Nauen y Burdeos, las estaciones más potentes en Europa. Una línea telefónica conectaba la estación receptora de Randja Ekek con Bandung.



Mapa de la "ruta de la radio" de Java.

EL TRANSMISOR DE ARCO

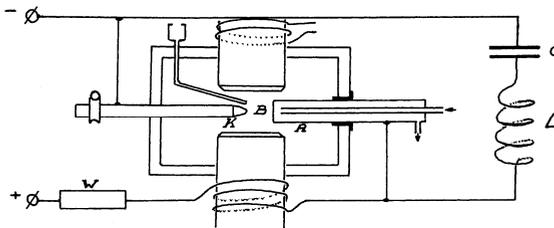
El Dr. deGroot tuvo que echar mano de toda su inventiva para conseguir los materiales y llevar a cabo los trabajos con personal no cualificado. Las enormes bobinas de 3 m de diámetro para la estabilización del arco se construyeron en la propia estación. Cada bobina pesaba 10 toneladas. (**Fig. 262 y 263**) Las bobinas estaban encerradas en un tanque lleno de aceite para su refrigeración. La falta de las grúas adecuadas dificultó enormemente el ensamblaje de las bobinas en la cámara (en Indonesia en esos días no había muchas grúas interiores capaces de manejar grandes pesos), esta tarea consumió varias semanas de gran esfuerzo humano. Debido a las dificultades para conseguir cerámica tuvieron que emplear ebonita, que resultó ser una fuente de problemas. La cámara del arco se fabricó en bronce. Todo esto obligó a usar hidrógeno puro para la atmósfera interior de la cámara en vez de la mezcla de petróleo y alcohol que usaban los demás transmisores de arco. (**Fig. 264 a 268**)



Fig. 262.- Construcción de una bobina del transmisor de arco. La persona de la izquierda es el supervisor, Sr. Lazarus Potognak.



Fig. 263.- El Sr Potognak supervisando la bobina inferior.



Esquema simplificado del transmisor de arco de 2,4 MW.

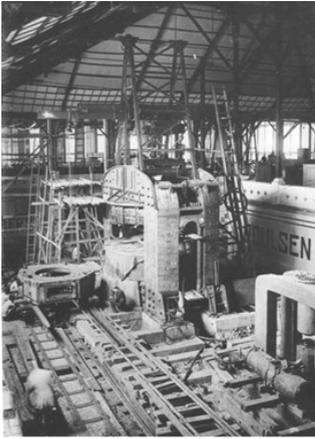


Fig. 264.- Un momento durante la construcción del transmisor de arco.

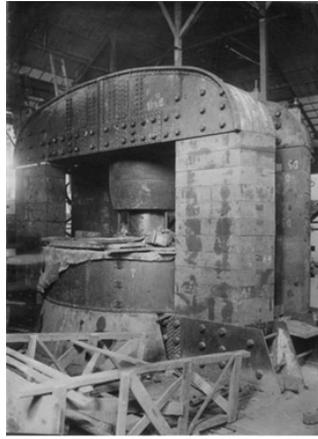


Fig. 265.- El transmisor de arco de 2,4 MW durante su construcción.

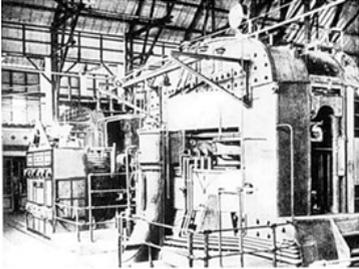


Fig. 266.- El transmisor de arco de 2,4 MW terminado.

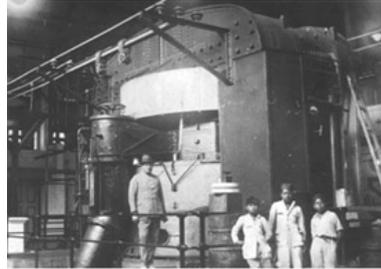


Fig. 267.- Varias personas posan ante el transmisor de arco en Mayo de 1922. La persona de la izquierda es el supervisor Sr. Brandenburg.

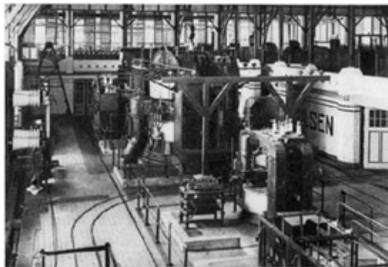


Fig. 268.- Sala de transmisión de Radio Malabar. Se puede ver el antiguo transmisor de arco de 100 kW y el arco de 2,4 MW.

TRANSMISOR TELEFUNKEN

El transmisor de alternador era del sistema Telefunken, con multiplicación de frecuencia. Un motor trifásico de 550 kW y 1.500 rpm hacía girar al alternador de alta frecuencia, que entregaba 5.000 Hz a 600 V. (**Fig. 269**) Esta frecuencia se enviaba a dos dobladores en serie que la elevaban a 20 kHz. También se podía elegir la configuración de doblador/triplicador que entregaba 30 kHz. Eligiendo la configuración entre doblador y triplicador adecuada podía obtenerse una longitud de onda de 20, 15, 10 o 7,5 Km. (**Fig. 270 a 272**) Las bobinas de sintonía y acoplamiento eran las típicas de Telefunken que podemos ver en el capítulo de la estación de Nauen. Se podía controlar su ajuste y acoplamiento por medio de motores que se accionaban desde el panel de control. El ajuste de la antena se hacía por medio de un ingenioso procedimiento. En uno de los circuitos oscilantes se introducía una lámina magnetizada que vibraba. La energía que se almacena en el circuito oscilante es inversamente proporcional a la energía radiada por la antena, a mayor radiación de la antena hay menos energía en el circuito oscilante, de esta forma la amplitud de la vibración es proporcional al ajuste de la antena. Con el ajuste óptimo la lámina apenas vibra. Para disponer del agua necesaria para la refrigeración de los transformadores, multiplicadores, etc. se excavó un estanque que se alimentaba de una pequeña presa que se construyó en un arroyo cercano.

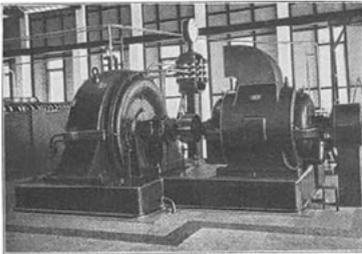


Fig. 269.- Alternador Telefunken.

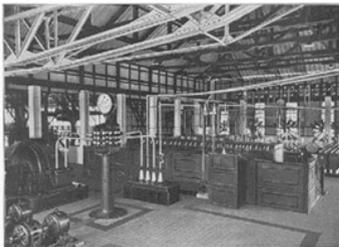


Fig. 270.- Transmisor Telefunken.

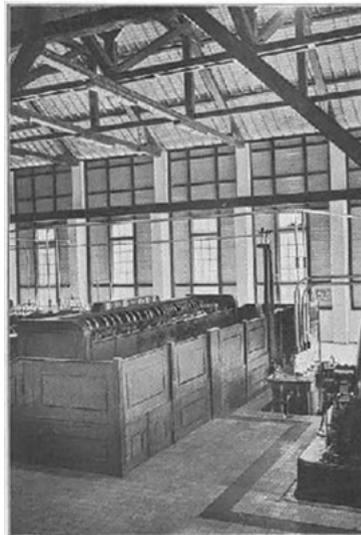


Fig. 271.- Multiplicadores de frecuencia

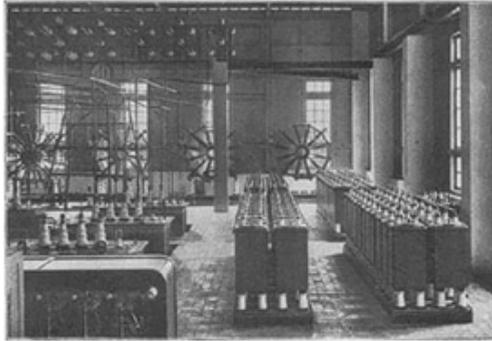


Fig. 272.- Otra vista de la sala del transmisor Telefunken.

INAUGURACIÓN, EL PRIMER FRACASO

En julio de 1922 se terminó el transmisor de alternador y comenzaron las pruebas. El indicativo de la estación sería PKX. Se fijó la apertura oficial para el 5 de Mayo de 1923. El Dr. deGroot odiaba al alternador y lo ignoraba constantemente. Sólo tenía ojos para su transmisor de arco y decidió inaugurar la estación de Malabar con su transmisor de arco a pesar de los numerosos problemas que presentaba. La cámara de bronce no había aguantado las pruebas y se había agrietado con el resultado de que el agua de refrigeración penetraba en la cámara. El transmisor apenas podía funcionar por un periodo superior a una hora antes de quemarse el electrodo de cobre; después había que apagarlo, esperar a que se enfriara, cambiar el electrodo de cobre y limpiar la cámara, un trabajo más bien sucio. Se pidió urgentemente una cámara nueva a Alemania y preparó la inauguración con el transmisor de arco a pesar de todos estos problemas. Como es de suponer, el arco falló en la ceremonia de apertura y no se pudo enviar ningún mensaje a Holanda como estaba previsto. Ni siquiera consideró poner en funcionamiento el alternador de 400 kW. y pospuso la apertura del servicio a la reparación del transmisor de arco. Esta obstinación le causó numerosos problemas con la dirección. Se nombró incluso una comisión de investigación para estudiar el asunto. La conclusión de la comisión fue que se había ido más lejos que las posibilidades reales.

El transmisor de arco quedó listo con su nueva cámara en 1925, dos años más tarde. Java disponía de una estación de alta potencia en Malabar con dos alternadores Telefunken de 400 kW y un transmisor de arco de 2,4 MW capaces de enviar mensajes directamente a Holanda. Pero la radio había progresado, había hecho su aparición la onda corta que permitía enviar men-

sajes al otro lado de la Tierra con unas potencias que parecían ridículas. En Junio de 1925 la estación receptora de Rantja Ekek en Malabar escuchó el transmisor del laboratorio del profesor Koomans en la Haya. Pocos meses después, tras un periodo de pruebas, comenzó el servicio regular en onda larga entre Holanda y Java mientras el resto del mundo se estaba pasando a la onda corta. El imperio de la onda larga estaba dando sus últimos coletazos. Sin embargo esto no parecía importarle al Dr. deGroot, que inició la fabricación de un segundo transmisor de arco que se terminó a principios de 1927. Parece ser que no prestó mucha atención a una serie de transmisiones de prueba en Eindhoven que consistían en la transmisión de música y fonía para Randja Ekek. Sin embargo, y de forma inexplicable, también hizo algunos experimentos en onda corta con un transmisor de válvulas que fue captado en la Haya. En Febrero de 1927 emprendió un viaje a Holanda para asistir a la Conferencia Internacional de Radio Telegrafía en Washington donde se tenía que tratar de la distribución del espectro de radio. Pero deGroot no llegó a Europa. El 16 de Febrero de 1927 falleció durante la travesía en el Mar Rojo. La onda larga, y en especial el transmisor de arco le fascinaron hasta el final, cuando ya no eran más que reliquias del pasado.

En 1928 se estableció un servicio de comunicación en onda corta con estaciones en Anh, Tjililin y Tjimindi. Malabar siguió siendo la gran estación en onda larga pero con servicios mínimos. La ocupación japonesa en 1942 – 1945 destruyó por completo algunas estaciones, entre ellas la estación Malabar. Hoy la selva ocupa el lugar donde se encontraba la estación y no queda ningún resto visible.

APENDICE

EL ALTERNADOR DE ALTA FRECUENCIA.

Hasta 1920 el alternador de alta frecuencia era el único método de conseguir ondas continuas de frecuencias relativamente altas (menores a 150 kHz) a alta potencia y con una pureza inigualable. El transmisor de arco también era capaz de proporcionar ondas continuas con una frecuencia superior y alta potencia, pero presentaba diversos problemas, y conseguir una onda de cierta pureza no era el menor de ellos. Los transmisores de arco eran conocidos por la cantidad de señales espúreas, y el único medio práctico para modularlo en telegrafía exigía emplear dos frecuencias (una para transmitir la señal y la otra de reposo) lo que ensuciaba todavía más el espectro.

El origen del alternador de alta frecuencia hay que buscarlo en los trabajos de Nikola Tesla. A finales de la década de 1880 se empezaban a usar los arcos para el alumbrado público pero presentaban numerosas desventajas (eran cegadores, provocaban humos, consumían las varillas de carbón y se calentaban hasta tal punto que fueron la causa de algún incendio accidental), pero la bombilla incandescente todavía no se había desarrollado hasta el punto de poderse emplear para el alumbrado público. Poco a poco se iban perfeccionando los arcos, pero con la introducción de la corriente alterna surgió otro problema, el ruido que generaban. N. Tesla, el principal impulsor de la corriente alterna, pensó que si se alimentaban con una frecuencia lo bastante alta desaparecería esta molestia (el ruido entraría en la zona de ultrasonidos, inaudibles para nosotros). En la década de 1890 construyó un alternador capaz de proporcionar 10.000 Hz. No está claro si Tesla pensaba usar los alternadores de alta frecuencia como transmisores o si sólo pensaba en ellos para alimentar a los arcos. Se sabe que Tesla trabajó en la alta frecuencia de forma independiente, probó diversos chisperos rotativos y de mercurio, pero su forma de trabajar en solitario y su afición al sensacionalismo con la publicación de noticias absurdas hace que sea difícil separar lo cierto de lo imaginario (En el *Collier's Weekly* de 1901 afirmó que había recibido señales inteligentes de otros planetas). Además no centró sus investigaciones para la transmisión de señales a distancia (la radio) sino en la transmisión de energía sin cables. Veía el efecto corona como una manifestación de la conducción de electricidad sin cables a través del aire y

si se empleaban tensiones extremadamente elevadas este efecto se extendería a gran distancia. Sus experimentos en alta frecuencia con transformadores resonantes tenían por objetivo obtener tensiones de millones de voltios. Pero nos estamos apartando del tema, así que volvamos a los alternadores de alta frecuencia.

¿De dónde surgió la idea de usar el alternador como fuente para un transmisor de ondas continuas? En 1892 Frederick T. Trouton escribió que si se pudiera aumentar la frecuencia se podría radiar la energía electromagnética. En sus artículos sugirió la posibilidad de alimentar las bobinas de campo del alternador con corriente alterna para alcanzar frecuencias más elevadas, un sistema que llevó a la práctica Rudolf Goldschmidt unos años más tarde. Sin embargo entre los expertos en la radio se había extendido la creencia general que para generar las ondas era absolutamente necesario un inicio abrupto que sólo podía proporcionar una chispa (efecto latigazo) Desde muy temprano Fessenden intentó demostrar que un alternador radiaría la energía electromagnética con mayor efectividad que los sistemas de chispa, pero había que solucionar los numerosos problemas que surgían para generar frecuencias superiores a 10.000 Hz. Fessenden se dirigió en 1902 a la compañía General Electric preguntando si podían construir un alternador de alta frecuencia. General Electric encargó el trabajo a Charles Steinmetz que se enfrentó con los mismos problemas que se había encontrado Tesla y sólo pudo construir un alternador de 10.000 Hz y 1 kW que entregó en 1904.

Fessenden no quedó satisfecho y decidió encargarse él en persona del diseño del alternador. Fessenden y su equipo trabajaron de forma conjunta con E. W. Alexanderson de General Electric. Fessenden diseñó la teoría de trabajo y la forma básica del alternador. El bobinado de la armadura debía tener la resistencia más baja posible y la armadura no debía contener hierro para que la histéresis de este material no le afectara. El rotor debía estar construido con una aleación de acero al níquel (material magnético) con hendiduras rellenas de latón en su periferia. Este material era muy resistente al estiramiento ya que debía girar a altas revoluciones para lograr la frecuencia necesaria. Durante la construcción hubo grandes disputas entre Alexanderson y Fessenden sobre el material de la armadura. Alexanderson creía que para reducir la histéresis se debía buscar una aleación de hierro laminado, por el contrario Fessenden decía que debía ser de madera. Finalmente se hizo el alternador tal como quería Fessenden (al fin y al cabo era el que pagaba). Teóricamente podía proporcionar una potencia de 1 kW a 100 kHz. Digo teóricamente, porque no hay pruebas que indiquen que superaron 0,5 kW a 80 kHz. El alternador se accionaba con una turbina de vapor, engranajes y correas que le imprimía una velocidad de 10.000 rpm.

Este alternador se hizo famoso por las transmisiones para demostrar la fonía que hizo durante la Navidad de 1906 ante directivos de AT&T y la famosa transmisión de la noche de Navidad en la cual emitió música y un

pasaje de la Biblia que escucharon los asombrados operadores radiotelegrafistas de los barcos. Pero el alternador de Fessenden sólo sirvió para indicar que el camino era correcto y que todavía faltaba mucho trabajo por hacer. Había que seguir investigando en busca de otras soluciones para obtener potencias más elevadas. Se siguieron cuatro líneas de investigación independientes, tres en Europa y una en los EE.UU.

ALTERNADOR GOLDSCHMIDT

El Dr. Rudolf Goldschmidt partió de un hecho muy conocido por los constructores de alternadores, y también muy indeseable y que ha consumido muchas horas de ingeniería para evitarlo; en algunos momentos se generan en el alternador pulsaciones de una frecuencia doble. Esto ocurre cuando por algún defecto en la carga aparecen pulsaciones en la armadura, la frecuencia de estas pulsaciones se suma a la frecuencia generada por el alternador. El Dr. Goldschmidt se dio cuenta que si construía un alternador preparado para reforzar estas pulsaciones podría conseguir frecuencias más elevadas a partir de alternadores de frecuencias más bajas. La salida de estos alternadores sería un múltiplo de esta frecuencia. Esto le permitió presentar en 1908 un alternador de alta frecuencia, aunque demasiado delicado de mantener en funcionamiento.

En su forma típica (**Fig. 273**), el alternador de Goldschmidt funcionaba a una frecuencia inicial de 15.000 Hz. En la armadura había un circuito de sintonía ajustado con precisión a esta frecuencia, de esta forma se reflejaba esta frecuencia hacia las bobinas del campo estacionario y el alternador generaba una frecuencia de 30.000 Hz. Había otro circuito ajustado a esta frecuencia doble que la volvía a reflejar y en la armadura aparecía una frecuencia de 45.000 Hz. que se volvía a reflejar en un tercer circuito resonante y daba origen a una frecuencia final de 60.000 Hz. que se enviaba hacia la antena. Esto permitía construir un alternador con armadura de hierro laminado, con una velocidad de giro moderadamente alta (≈ 3.500 rpm) y proporcionaba una frecuencia que se situaba en la parte baja de la HF. Sin embargo exigía unas tolerancias eléctricas y mecánicas muy estrechas para su funcionamiento.

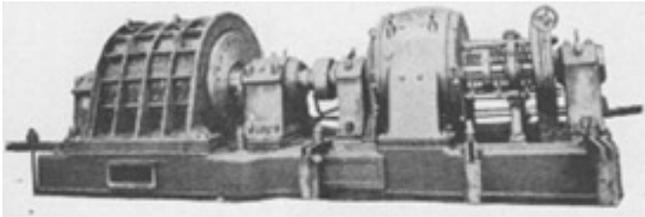


Fig. 273.- Alternador Goldschmidt.

Cualquier pequeño error en los armónicos realimentados originaba un calentamiento de la armadura, ésta se dilataba y rozaba con el rotor lo que ocasionaba graves daños. Para modular los alternadores de Goldschmidt se incluía otro bobinado en la armadura. Se hacía pasar una corriente alterna de baja frecuencia por este bobinado que modulaba la salida. A pesar de estos problemas se podían alcanzar potencias de hasta 200 kW con una eficacia

del 70% y se instaló en algunas estaciones europeas. La única estación americana con un alternador Goldschmidt fue la estación de Tuckerton. Durante la I Guerra Mundial la Marina de los EE.UU. requisó esta estación y se encontraron que era muy difícil mantener al alternador en funcionamiento sin la ayuda de los expertos alemanes; sufrieron dos importantes averías. Para la primera avería tuvieron que venir expertos alemanes de Homag a reparar la estación, en la segunda avería lo retiraron e instalaron en su lugar un transmisor de arco. De todos modos, el alternador Goldschmidt no tuvo un amplio uso, y a partir de la I Guerra Mundial prácticamente desapareció de escena siendo sustituido por el alternador Alexanderson, el Telefunken y el Béthenod-Latour, todos ellos de funcionamiento más fiable y sin tantas exigencias de ajuste.

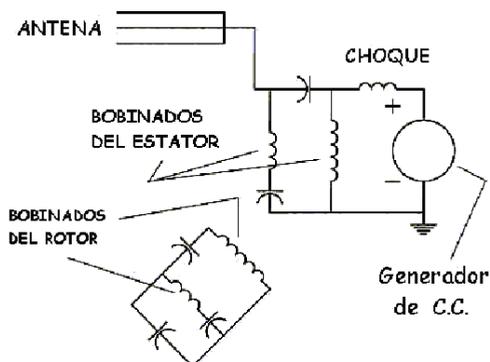


Diagrama básico del alternador Goldschmidt.

ALTERNADOR TELEFUNKEN

Los ingenieros de Telefunken conocían los trabajos del Dr. Rudolf Goldschmidt, pero eran de la opinión que su alternador era difícil de controlar y de un ajuste muy delicado. El resultado fue que estudiaron otra solución diferente. Partieron también de un alternador girando a baja velocidad con una frecuencia de salida relativamente baja, pero para la multiplicación de frecuencia adoptaron un enfoque completamente diferente al del Dr. Goldschmidt: La multiplicación de frecuencia sería por medio de convertidores de frecuencia estáticos y externos al alternador.

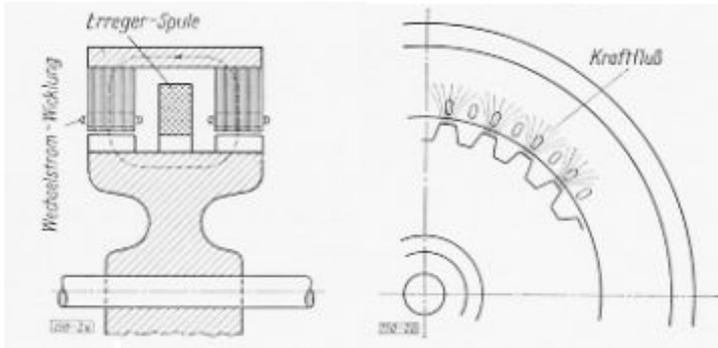
Se conocían dos sistemas muy parecidos, el Joly/Valouri y el Taylor. La idea de Jolly era doblar la frecuencia comercial de 50 Hz. y conseguir 100 Hz. que permitiría obtener un mayor rendimiento en los motores y transformadores. Este sistema se basaba en la variación asimétrica que se produce en un núcleo saturado. La onda senoidal que entrega posee una joroba en el máximo, y al pasar por un circuito sintonizado a la frecuencia doble se obtiene una onda senoidal a esa frecuencia doble. Los dobladores de frecuencia se pueden construir con relativa facilidad y al no poseer piezas móviles son muy robustos, sin embargo se calientan bastante por las pérdidas debidas a la saturación; éste problema se soluciona sencillamente sumergiendo el doblador en aceite para su refrigeración. El rendimiento con dos dobladores en cascada es algo más bajo que el alternador Goldschmidt (un 60%), pero sus ajustes no exigen una gran precisión. Un pequeño desajuste significa una pérdida de potencia pero no causa ninguna avería.

Inicialmente el Dr. Alexander Meissner de Telefunken comenzó a investigar en 1907 alrededor de los 500 Hz. para comprobar las ideas de Jolly sobre el aumento de rendimiento al elevar la frecuencia. Sin embargo el Emperador Guillermo II, aconsejado en secreto por el Director General de AEG, Rathenau, ordenó acelerar los trabajos. En poco tiempo los mejores ingenieros se dedicaron a esta tarea: W. Thornily, L. Kühn y H. Neumann liderados por el Conde von Arco. Partieron de la base de un alternador AEG de una frecuencia relativamente baja (6.000 a 10.000 Hz.) que generaba una corriente alterna parcialmente distorsionada y se aplicaba a un transformador saturado con el secundario sintonizado a una frecuencia triple o quintuple. Después de diversas pruebas se encontró que daba mejor resultado usar dos dobladores en cascada para obtener una frecuencia cuádruple.

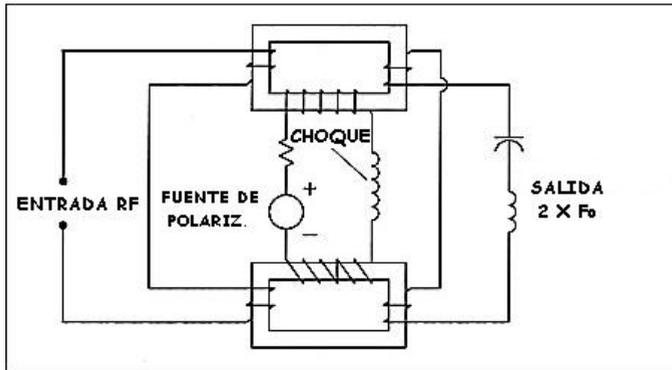
En la Conferencia Internacional de Radiotelegrafía de Londres en 1912 Telefunken presentó un alternador de 2 kW que generaba una frecuencia de 30 kHz. seguido por dos dobladores que entregaban una frecuencia final de 120 kHz. En 1913 se instaló en la estación de Nauen el primer alternador comercial de alta potencia de este tipo. Se trataba de un alternador que

entregaba 100 kW a 8.000 Hz. seguido por dos etapas dobladoras. El único alternador Telefunken que se instaló fuera de Alemania antes de la I Guerra Mundial estaba en la estación de Sayville en los EE.UU. El alternador de Sayville entregaba 100 kW. a 9.613 Hz. Pasaba por dos etapas dobladoras que la elevaban respectivamente a 19.266 Hz y 38.452 Hz. Durante la I Guerra Mundial Telefunken estudió otra modificación de esta circuitería, la multiplicación de Schmidt. En este caso se usaba un gran alternador de 400 kW que proporcionaba una frecuencia de 6.000 Hz. Después seguía un transformador saturado que recortaba la onda, y la salida de este se conectaba a un gran circuito resonante a una frecuencia triple que la convertía directamente a 24 kHz. La eficacia de conversión era más baja, de un 66%, pero el gran alternador de 400 kW la convertía en la estación de radio más potente del mundo en aquel momento. (270 kW en antena)

Después de 1919 se continuó trabajando en el perfeccionamiento del alternador, especialmente en los circuitos multiplicadores, se eliminaron las pérdidas y se empleó aleaciones de hierro más eficaces que permitían reducir su peso y tamaño. Un defecto de este alternador, que también presentaba el alternador de Goldschmidt y prácticamente no existía en el de Alexanderson, era que debido a la multiplicación de frecuencia la señal de salida era abundante en armónicos, y con el inicio de la radiodifusión se convirtió en un problema que se combatía usando filtros en escalera. Otro problema era que la señal multiplicada no era perfectamente continua, sino que presentaba una cierta modulación de la frecuencia inicial el alternador. Esto se debía a que la frecuencia inicial actuaba como una especie de martillo que golpea el circuito resonante para que resuene a una frecuencia más elevada. En el receptor se escuchaba esta frecuencia en forma de tono agudo, pero un filtrado eficaz en el mismo eliminaba este molesto tono. El alternador Telefunken también exigía un ajuste exacto de la velocidad de giro. La menor variación de la velocidad daba por resultado una fluctuación en la frecuencia, la multiplicación se encargaba de aumentar también esta fluctuación hasta hacerla excesiva. Se probaron numerosas soluciones mecánicas (la mayoría con mecanismos centrífugos) que eran insuficientes. La solución satisfactoria llegó en 1921 con el controlador de Riegger. El alternador tenía un bobinado especial que entregaba una frecuencia. Esta frecuencia se hacía pasar por un discriminador con una válvula electrónica, y su salida controlaba a un banco de relés (de 12 a 24) que conectaban un mayor o menor número resistencias de compensación en el excitador del generador de CC que alimentaba a los motores de CC encargados de mover al alternador de alta frecuencia. (Los primeros alternadores se hacían girar con motores trifásicos que se sustituyeron más tarde por motores de CC). La manipulación se obtenía interrumpiendo la tensión de saturación de los transformadores multiplicadores con lo que se reducía en gran medida, o desaparecía, la frecuencia multiplicada.



Principio de funcionamiento del alternador



Doblador de frecuencia

ALTERNADOR ALEXANDERSON

Fue el último alternador de alta frecuencia en aparecer al mercado (**Fig. 274**). Se trataba de una versión perfeccionada del diseño de Fessenden. Después de la exhibición de Fessenden en 1906 General Electric vio un mercado con posibilidades y encargó a Alexanderson que prosiguiera con el desarrollo del alternador de alta frecuencia para obtener mayor potencia y que permitiera su uso comercial. Alexanderson tuvo que vencer numerosos obstáculos, conseguir una aleación magnética con baja histéresis para la armadura, una solución mecánica que permitiera hacer funcionar de forma continua y estable al rotor a velocidades de 20.000 rpm, un sistema de modulación adecuado, un control de velocidad de gran precisión, etc. Alexanderson no consiguió resolver estos problemas de forma satisfactoria hasta 1915, en que presentó a Marconi un alternador que entregaba 50 kW a una frecuencia de 37,5 kHz. Este alternador se instaló en pruebas en la estación de New Brunswick en medio de la I Guerra Mundial. Las pruebas se hicieron en presencia de los ingenieros de la Marina de los EE.UU. y compararon las transmisiones del alternador con el transmisor original de chispa de 300 kW. El resultado no dejó lugar a dudas. El alternador de Alexanderson era muy superior a todo lo que se había visto hasta entonces. La Marina Americana, que había requisado la estación de New Brunswick por motivos de guerra, encargó inmediatamente un alternador de 200 kW que se terminó justo a tiempo para intervenir en las negociaciones para la firma del Armisticio.

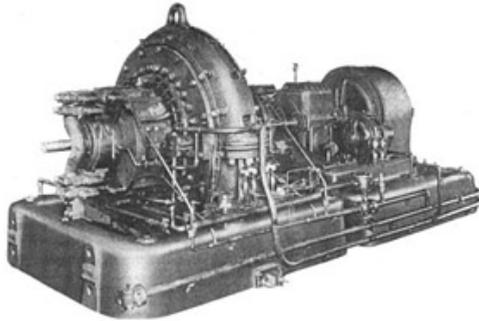


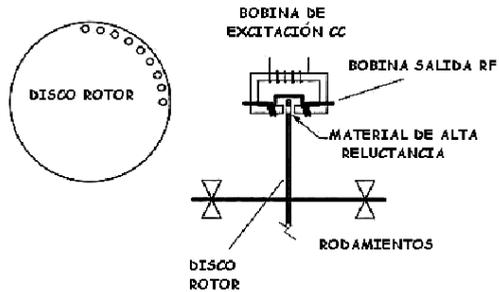
Fig. 274.- Alternador Alexanderson de 200 kW.

El alternador de Alexanderson constaba de un disco con un número de proyecciones en el borde (en el caso del alternador de 200 kW eran 96). El espacio entre las proyecciones estaba relleno de material no magnético para evitar que las rugosidades afectaran a la fricción del aire debido a la alta velocidad del disco. El disco pasaba entre dos armaduras refrigeradas por

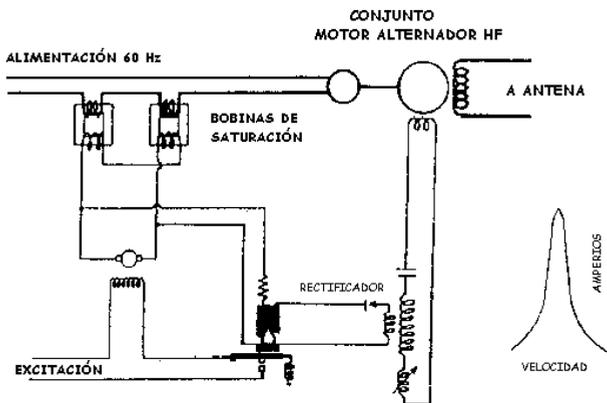
agua, en esta armadura había 64 bobinas primarias que formaban 128 polos. Estas bobinas se alimentan con corriente continua y generaban el campo de excitación. Al lado de estas bobinas se encontraban otras 64 bobinas secundarias, cada una de unas pocas espiras de hilo grueso y en serie entre sí dando una resistencia interna total de 20 ohmios. La armadura sobre las que se bobinaban las bobinas primarias y secundarias era de una aleación laminada especial con baja histéresis. El alternador de 200 kW entregaba una corriente de 100 amperios a una tensión de 2.000 voltios. La separación entre la armadura y el disco rotor era de tan sólo 0,059 mm. Cualquier pequeño desvío de la tolerancia era mortal para el alternador. Este alternador se hacía girar con un motor equipado con un control exacto de la velocidad. Debido al elevado número de piezas polares estos alternadores podían alcanzar las frecuencias normales de las estaciones de onda larga con una velocidad de giro relativamente pequeña (Solían girar de 2500 a 3000 rpm para entregar frecuencias entre 20 kHz a 30 kHz)

El regulador de velocidad era singular. El alternador tenía un bobinado especial que proporcionaba una corriente alterna cuya frecuencia era proporcional a la velocidad. Esta frecuencia pasaba por un circuito resonante y después se rectificaba. La cantidad de corriente que pasaba por el circuito resonante dependía de la frecuencia del circuito resonante y de la frecuencia que entregaba el alternador. Con esta tensión se alimentaba a un vibrador que controlaba la permeabilidad de una bobina de choque por saturación. Esta bobina de choque con núcleo de hierro estaba en serie con el motor que hacía girar el alternador. Según la velocidad del alternador el vibrador enviaba más o menos corriente a las bobinas de saturación de la bobina de choque y estas dejaba pasar más o menos corriente al motor. Este regulador era capaz de absorber las rápidas variaciones causadas por la manipulación del transmisor y mantenía una frecuencia de salida constante.

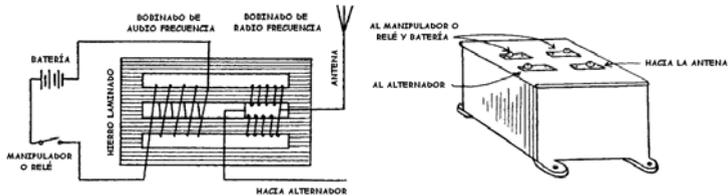
Para modular el alternador se desarrolló un “modulador magnético”. El modulador magnético era un transformador de núcleo de hierro laminado y cuya permeabilidad podía variarse por saturación por medio de un bobinado secundario, y por tanto variaba la reactancia del bobinado primario. El amplificador estaba construido de forma especial para que con una corriente de unos pocos amperios en el secundario se pudiera controlar el paso de una corriente de varios cientos de amperios. Para eliminar el calor generado en el modulador se mantenía refrigerado por aceite. Se podía usar el modulador magnético para que el transmisor emitiera señales telegráficas o fonía.



Dibujo esquemático alternador Alexanderson



Esquema del regulador de velocidad



El modulador magnético, su esquema y su aspecto

ALTERNADOR BETHENOD-LATOURE

Se trata de una versión del alternador de alta frecuencia que presentó en 1917 el ingeniero francés Maurice LaTour mientras trabajaba en la compañía estatal PTT (**Fig. 275**). Se trataba básicamente de un alternador capaz de trabajar directamente a frecuencias altas, como hacía Alexanderson, pero LaTour enfocó de forma diferente la obtención de altas potencias. Se basaba en la variación de la reluctancia del circuito magnético del alternador (la resistencia magnética del medio por donde pasan las líneas del campo magnético). El alternador Béthenod-Latour consistía de bobinados fijos; el que recibía el nombre de inductor fijo creaba el campo magnético. El rotor era un disco de acero, llamado hierro rotativo, con la periferia llena de dientes. La armadura estaba labrada también con dientes, en un número dos veces superior a los dientes del rotor. En los dientes de la armadura se encontraba el mismo número de bobinas dispuestas en serie entre sí y con las espiras bobinadas en sentido inverso para sumar las fases de las corrientes que se generan en ellas. Cada vez que pasaba un diente del rotor ante un diente de la armadura se generaba una alternancia en la bobina de ese diente. Una máquina típica de este tipo tenía en el rotor unos 400 dientes y la armadura unos 800. Con esta máquina se podían generar fácilmente frecuencias por encima de 20 kHz. Para evitar las pérdidas por la histéresis en el entrehierro todas las partes magnéticas estaban formadas por láminas de hierro.

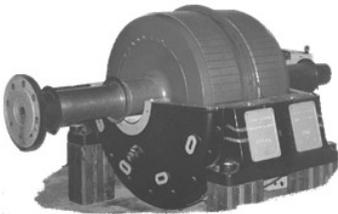


Fig. 275.- Alternador Béthenod-Latour abierto expuesto en el Museo Ampère de Poleymieux.

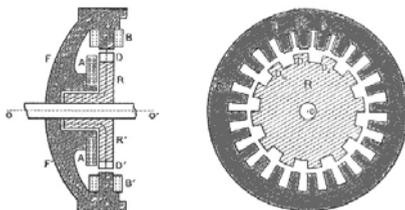


Fig. 276.- Alternador Béthenod-Latour de 500 kW en Sainte Assise (París).

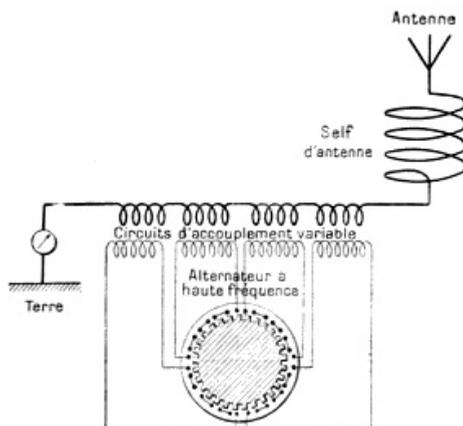
Para evitar la resistencia del aire estos alternadores estaban herméticamente cerrados y el rotor giraba a baja presión atmosférica. Estos alternadores generaban una potencia inferior a los otros alternadores de HF, pero se podían conectar varios alternadores sobre el mismo eje. Su salida se sumaba y podían obtenerse potencias elevadas. Se construyeron unidades que entregaban hasta 500 kW simplemente conectando en serie y sobre el mismo eje hasta cuatro alternadores (**Fig. 276**). El primer alternador de este tipo se instaló en la estación de Sainte Assise en París, en 1921, tenía 25 kW

y giraba a 3.000 rpm. Para hacer girar estos alternadores se empleaba un motor de CC de 500 V alimentado por una conmutatriz (un motor de corriente alterna alimentado de la red del alumbrado con un bobinado especial que genera a la vez que gira una corriente continua). La frecuencia del alternador se controlaba con un mecanismo automático que regulaba la tensión de salida de la conmutatriz, de esta forma se ajustaba la velocidad de giro del motor de CC que movía al alternador de alta frecuencia. En 1923 se instaló una máquina de este tipo en la estación Lafayette en Croix d'Hins con una potencia de 500 kW para sustituir al arco de 1 Mw que ocasionaba grandes interferencias en Europa.

Durante la II Guerra Mundial los alemanes capturaron la estación de Doua (Lyon) para enviar instrucciones a los submarinos en la frecuencia de 20 kHz. Estos alternadores los construía la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques (SACM) en Belfort.



Dibujo esquemático del alternador Béthenod-Latour
AA' Bobina inductora fija; RR' Rotor; BB Bobinas de salida.



Esquema de conexionado del alternador Béthenod-Latour con la antena. En este ejemplo se pueden ver cuatro alternadores trabajando en el mismo eje.

UN CURIOSO ALTERNADOR

Fessenden abandonó la compañía NESCO el 8 de Enero de 1911 (según su esposa Helen se marchó, según otras fuentes le despidieron, en cualquier caso los socios inversores, Thomas Given y Hay Walker, deseaban que se marchara y no pararon de ponerle trabas en los últimos meses de 1910) Una vez que se marchó Fessenden la compañía NESCO continuó los negocios como una pequeña compañía fabricante de receptores para los barcos. Poseían la patente del receptor heterodino que se adaptaba admirablemente bien a la recepción de la telegrafía de onda continua de los transmisores de arco y alternador. NESCO también preparó un curioso transmisor portátil de fonía basado en el alternador de Fessenden que se anunció en algunos periódicos (**Fig. 277**), pero su precio elevado era una importante objeción. Se ignora si se llegó a vender alguna unidad. Este alternador se basaba en el diseño de Fessenden pero de un tamaño más pequeño. Entregaba 200 vatios. Un motor eléctrico de 3 CV alimentado por 150 baterías hacía girar el rotor a 40.000 rpm. La antena se conectaba directamente a una bobina de ajuste y al alternador. La modulación se obtenía con un transformador de tres bobinados, un bobinado estaba conectado a un circuito resonante serie, otro al alternador y el tercero al micrófono de carbón. El micrófono de carbón se refrigeraba por agua para disipar la gran cantidad de calor que se generaba y evitar que se quemara. Al descolgar los auriculares del receptor se ponía en marcha el motor eléctrico, el micrófono tenía un interruptor para cambiar de transmisión a recepción.

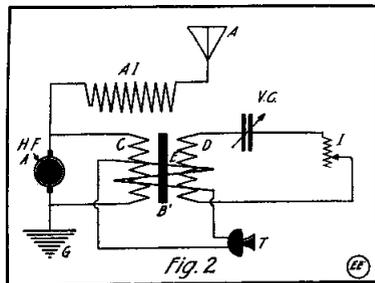
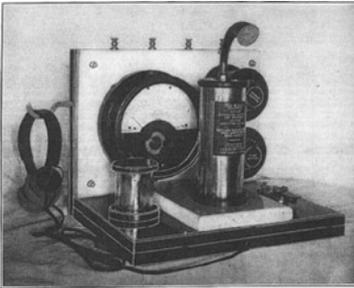
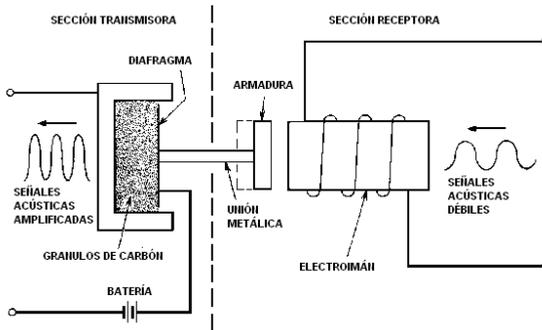


Fig. 277.- Un curioso transmisor portátil con alternador de alta frecuencia fabricado por NESCO. Al lado está el esquema del transmisor.

AMPLIFICADOR ELECTROMECAÁNICO

Puede considerarse que los primeros amplificadores fueron los relés. La telegrafía por hilos no apareció hasta que se encontró un medio que permitiera enviar señales por un hilo a cientos de Km. La solución vino de mano del relé. Una armadura accionada por un sensible electroimán abría y cerraba el circuito de una nueva batería local que “revigorizaba” la débil señal permitiendo que siguiera recorriendo más y más kilómetros de hilo. Con la introducción del teléfono se echaba en falta el equivalente a un relé que revigorizara las señales débiles. Sin este relé no existiría la telefonía a larga distancia. Se hicieron numerosos perfeccionamientos (sustitución del alambre de hierro por hilo de cobre, eliminación del retorno por tierra con la introducción del hilo de retorno, aisladores más perfeccionados, bobinas de Pupin para elevar la impedancia, etc.) pero sin un verdadero amplificador no se podía pasar de ciertos límites.

Amplificadores electromecánicos.



El funcionamiento básico de un amplificador electromecánico es muy simple. El electroimán atrae la armadura como respuesta a las señales que entran. Esto varía la presión de los gránulos de carbón del transmisor, que varían su resistencia eléctrica y el flujo de corriente del circuito de salida.

La aparición del micrófono de carbón proporcionó un medio para atacar un problema que hasta entonces había sido imposible de solucionar. Un micrófono bien construido permitía amplificar un sonido. Si se encontraba el modo de unir un auricular sensible con un micrófono de carbón bien construido se podría obtener una cierta ganancia. Pero esto no es tan sencillo como parece, como atestiguan los numerosos inventores que trabajaron en

este problema (Bell, Edison, Houston, Lodge, Hughes, Shreeve, Fessenden, etc.) Se conocen unas 27 patentes concedidas antes de 1896 para diversos amplificadores electromecánicos llamados “repetidores telefónicos”.

El principal problema proviene de la escasa fidelidad del micrófono de carbón y el efecto “microfónico” del propio amplificador (le afectaban los ruidos y sonidos ambiente) Uno de los principales problemas del micrófono de carbón es que su ganancia varía con el tiempo debido a la compactación de los granulos. Esto se solucionaba dando un golpe al micrófono para que se soltaran, pero este método no se puede aplicar a un amplificador práctico. En 1903 H.E. Shreeve descubrió que este efecto se debía a la expansión térmica por el calor que se liberaba en la cámara de los granulos de carbón. Solucionó este problema añadiendo aletas de refrigeración y diseñando la cámara para que no le afectara la expansión térmica. En 1904 presentó un modelo que funcionaba razonablemente bien y fue empleado con cierto éxito en algunas líneas telefónicas, sin embargo la distorsión en frecuencia que presentaba impedía usar más de dos amplificadores en serie. La señal se degradaba hasta a punto que la hacía irreconocible. (**Fig. 278 a 280**)

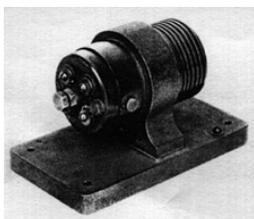


Fig. 278.- Primer amplificador mecánico de Shreeve. Fecha aprox. 1904. Este modelo vio su uso comercial en el circuito Nueva York – Chicago en Agosto de 1904 y Febrero de 1905. Obsérvese las aletas de refrigeración de la sección del micrófono.

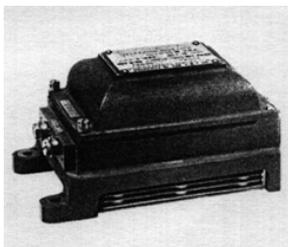


Fig. 279.- Amplificador Shreeve 1A. Funcionaba razonablemente bien, y tuvo cierto empleo. No era posible usar más de dos en serie sin degradar excesivamente el audio y el circuito transcontinental exigía tres. Normalmente se decía degradación en vez de distorsión, pero esto indica más bien una pobre respuesta en frecuencia en vez de no linealidad.

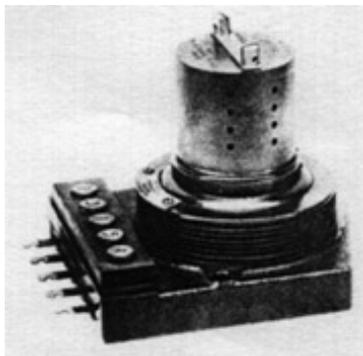
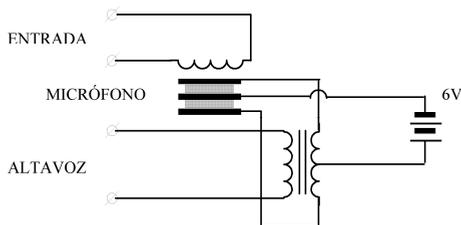


Fig. 280.- Cartucho amplificador modelo 3A. Este tipo se convirtió en amplificador estándar hasta que aparecieron las válvulas.

Se desarrolló en 1912 y se estandarizó en 1914. Los recambios estaban en forma de cartucho para su fácil sustitución. Seguía estando limitado por su mala respuesta en frecuencia y una baja ganancia ante señales débiles; el límite eran tres amplificadores en serie. Tiene una aleta de refrigeración anular rodeando el cartucho. Se desconoce el uso de las tres cosas redondas de la parte superior.

Amplificador Brown

S.G. Brown de Londres era un constructor de auriculares conocido por su calidad. Aplicaron sus conocimientos sobre acústica para fabricar varios amplificadores electromecánicos que siguen estando considerados como los mejores. Se siguieron construyendo hasta 1924 cuando las válvulas ya estaban muy extendidas. La principal característica de estos amplificadores es que el micrófono era del tipo balanceado (que reducía el microfonismo), con diversos mecanismos resonantes para eliminar las distintas frecuencias de resonancia, la salida se hacía por medio de un transformador. Presenta una impedancia de entrada y salida de 2.000 ohmios. El amplificador se montaba en el interior de una caja de madera con patillas de goma para aislarlo de toda influencia del ruido externo. **(Fig. 281 a 283)**



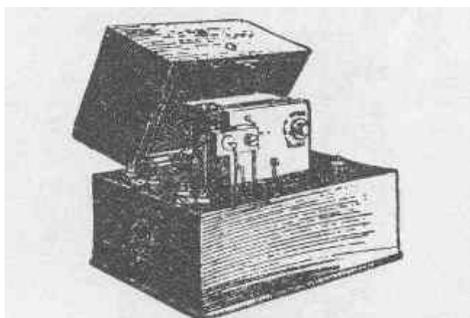
Esquema del amplificador Brown.



Fig. 281. - Amplificador microfónico Brown Tipo V de 1924. Había cuatro tipos y este tipo era para equipos de válvula con una impedancia de entrada y salida de 2000 ohmios. En la tapa se puede ver el esquema. El micrófono de carbón es del tipo balanceado para reducir la distorsión de segundo armónico, y alimenta a un transformador elevador.



Fig. 282. - Dos instantáneas del amplificador Brown.



The "Brown" Microphone Amplifier.

Magnifies telephonic music without distortion, and gives an amplification equal to that obtained from the use of two valves. The current consumption at 6 volts is about 50 milli-amps, and the resonant frequency of the reed is about 1,000 periods per second. This instrument can be used for all classes of telephonic communication provided it is not pressed beyond its power of reproduction.

No.	
RR53/1	Brown's Microphone Amplifier, Type V (for valve sets), 120 ohms input, 120 output. £5 5 0
RR53/2	Brown's Microphone Amplifier, Type V (for valve sets), 2000 ohms input, 120 ohms output. £5 8 6
RR53/3	Brown's Microphone Amplifier, Type V (for valve sets), 2000 ohms input, 2000 ohms output. £5 13 6
RR53/4	Brown's Microphone Amplifier, Type C (for crystal sets), 4000 ohms input, 2000 ohms output. £6 0 0

Fig. 283.- Anuncio de los amplificadores Brown, se pueden ver los cuatro modelos disponibles. Arriba se puede ver el modelo R53/3. Los precios eran una gran suma de dinero en ese tiempo. Aunque parece raro, se dice que el instrumento es adecuado para todo tipo de comunicaciones, a pesar de tener una frecuencia de resonancia en 1 Khz, elegida claramente para la CW.

EL TRANSMISOR DE ARCO

La aparición de las válvulas de vacío de potencia enviaron al transmisor de arco y al alternador de alta frecuencia al baúl de los recuerdos, pero hasta su aparición eran los únicos medios que permitían obtener ondas no amortiguadas de cierta potencia. El origen del transmisor de arco hay que buscarlo en los experimentos de Elihu Thomson y sobre todo de William du Bois Duddell, un constructor de instrumentos eléctricos que inventó en 1899 lo que él llamó “arco cantante”. (Fig. 284)



Fig. 284. William duBois Duddell.

Los arcos eléctricos se usaron durante muchos años como fuente de iluminación de alta intensidad, pero el ruido que producían al alimentarlos con corriente alterna resultaba muy molesto. Hubo diversos experimentadores que intentaron resolver este problema. (Nikola Tesla construyó un alternador de 10 kHz para llevar este ruido a la región de los ultrasonidos)

Duddell buscó otra solución diferente y se basó en unos experimentos del profesor Elihu Thomson en 1892. Al igual que había hecho Thomson, conectó un circuito resonante LC a un arco alimentado con corriente continua y cambió los electrodos metálicos de Thomson por electrodos de carbón. Observó con sorpresa que bajo ciertas condiciones el arco generaba un fuerte sonido cuyo tono dependía de la relación del circuito LC. Estudió la descarga del arco con un oscilógrafo de su invención y comprobó que se generaba una onda senoidal de amplitud constante. Aunque dio una explicación básicamente correcta del fenómeno, vio su invento como un juguete científico, una máquina capaz de producir sonidos. Construyó un órgano eléctrico basado en este descubrimiento y recorrió el país haciendo demostraciones sin levantar ningún interés. Ni siquiera solicitó una patente de su invento.

Sin embargo esta capacidad del arco de generar oscilaciones continuas llamó la atención de unos pocos hombres de radio que intentaron aplicarlo sin éxito para la generación de ondas de radio no amortiguadas. El arco oscilaba fácilmente hasta unos pocos kHz, pero no había forma de hacerlo oscilar a las frecuencias elevadas que requiere el radio. Esto llevó a afirmar que sería imposible obtener oscilaciones a una frecuencia superior a 100 kHz. Sin embargo Wertheim-Salomonson hizo tambalear esta afirmación al obtener una frecuencia de 400 kHz, pero la energía que se obtenía era tan pequeña que no tenía utilidad práctica para la transmisión.

Reginald Fessenden encontró una solución parcial haciendo saltar el arco en una cámara llena de gas nitrógeno a alta presión. Telefunken también encontró una solución que resultó ser poco satisfactoria. Se basaba en que un arco podía oscilar a frecuencias más altas si se alimentaba con una tensión baja, pero la potencia que entregaba era muy pequeña. Para poder aplicar una tensión más elevada y obtener más potencia conectó doce arcos en serie. El problema era que todos los arcos tenían que encenderse a la vez y trabajar sincronizadamente, lo que se conseguía durante muy poco tiempo y tras un largo y laborioso ajuste. No pasó de la fase experimental.



Fig. 285.- Valdemar Poulsen.

En la Feria Internacional de San Louis el ingeniero danés Valdemar Poulsen dio a conocer los resultados que había obtenido en una serie de experimentos que hizo entre 1902 y 1903. Entre los asistentes a su charla se encontraba un joven Lee DeForest muy impresionable. En su exposición narró como había partido del arco cantante de Duddel al que había insertado un amperímetro en serie con el circuito oscilante y otro con la alimentación para poder comparar la energía en ambos circuitos y medir el rendimiento bajo diversas condiciones. El experimento

clave que le indicó el camino a seguir fue cuando colocó debajo del arco un mechero de alcohol. El arco saltaba en la llama del vapor de alcohol. Bajo estas condiciones observó una reducción de la luminosidad del arco, del ruido del mismo y un aumento de la intensidad en el circuito oscilante a la vez que se producía una reducción en el consumo de corriente. Prosiguió modificando los valores del circuito oscilante e hizo saltar el arco en diversas atmósferas (metano, gas del alumbrado, amoniaco, nitrógeno, vapor de agua, éter, etc.) Se convenció que el efecto estaba provocado por el hidrógeno. Comprobó esta hipótesis cuando hizo oscilar el arco a una frecuencia de varios cientos de kHz, y observó que el mejor resultado se obtenía en atmósfera de hidrógeno puro. También usó electrodos de diversa composición obteniendo los mejores resultados con el ánodo de cobre y el cátodo de carbón. Se generaban fácilmente frecuencias de varios cientos de kHz, pero el arco era inestable y se apagaba fácilmente. Probó a hacer saltar el arco en un campo magnético generado por un imán y obtuvo una cierta mejoría, pero llegó al resultado definitivo cuando sustituyó el imán permanente por un electroimán en serie con el arco. El campo magnético generado por el electroimán era proporcional a la corriente que circulaba por el arco y de esta forma se estabilizaba automáticamente. El transmisor de arco estaba listo; sólo hacía falta llevarlo a la práctica y resolver algunos pequeños problemas de construcción. (**Fig. 286**)

Finalmente Poulsen llegó a las siguientes conclusiones para construir un transmisor de arco práctico y funcional:

1. *El chispero (o arco) se ha de situar en hidrógeno o un gas que contenga hidrógeno.*
2. *El electrodo positivo del chispero (o arco) ha de ser de cobre, preferiblemente refrigerado por circulación de agua, manteniendo el carbón sólo para el electrodo negativo.*
3. *Se hace actuar un campo magnético sobre el arco (soplador magnético).*

Además, para mejorar la regularidad de las oscilaciones, lo que es de gran importancia práctica, se debe añadir otra necesidad, a saber:

4. *Uno de los electrodos (el carbón) ha de girar lentamente sobre su eje.*

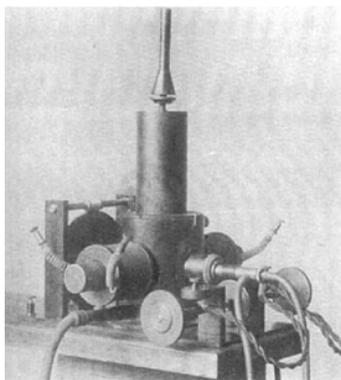
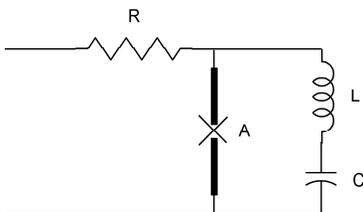


Fig. 286.- Uno de los primeros transmisores de arco de Poulsen.

¿Cuál es el principio de funcionamiento del arco para generar ondas continuas? Durante algún tiempo permaneció oscuro y fue objeto de intensos debates hasta que se demostró fuera de toda duda que la descarga eléctrica en forma de arco a través de algunos gases presentaba, bajo ciertas condiciones, una resistencia negativa, es decir, al aumentar la diferencia de potencial o tensión entre los electrodos de un arco se observa una reducción de la intensidad de la corriente que pasa, y al revés, una disminución de la tensión ocasiona un aumento de la intensidad.

Al conectar la alimentación el arco está apagado, la caída de tensión en la resistencia R es cero y la tensión que aparece entre los extremos del arco es máxima (tensión de la fuente de alimentación), el arco se enciende y deja pasar una cierta intensidad. Esta intensidad hace aparecer una caída de tensión en la resistencia R y se reduce la tensión que se aplica al arco. Debido a la resistencia negativa del arco este deja pasar una intensidad mayor, con lo

que aumenta la caída de tensión en la resistencia R y se reduce más la tensión del arco. Esta disminución de la tensión provoca un nuevo aumento de la corriente, que a su vez hace caer más la tensión en la resistencia R. Este proceso continua hasta que la tensión es insuficiente para mantener encendido el arco y se apaga. Al apagarse el arco la corriente se anula y desaparece la caída de tensión en la resistencia R, la tensión en el arco vuelve a su valor máximo y el arco se vuelve a encender repitiéndose el ciclo anterior otra vez. La frecuencia de encendido del arco depende de los valores de L y C. El efecto del hidrógeno es favorecer la evacuación del calor (el hidrógeno es el gas mejor conductor del calor) y aumentar la rapidez del apagado. El efecto del campo magnético es favorecer el encendido del arco (tal vez por la expulsión de las partículas ionizadas). Sin este campo magnético el arco tiene dificultades para encenderse cuando se trabaja a frecuencias superiores a unos kHz y hay que volver a cebarlo, esto se hace aproximando los electrodos hasta que se enciende el arco y después se separan a la distancia más idónea. En la práctica se sustituía la resistencia R por las bobinas del electroimán que generaba el campo magnético que estabilizaba el arco.



Poulsen anunció en su charla en la Feria de San Luis que:

Estos son básicamente los experimentos que he hecho con el “arco oscilante”. Espero que en el futuro pueda usarse como generador eléctrico para telegrafía y telefonía sin hilos sintonizada. Sin mencionar otros usos técnicos, que espero que sean apropiados, y sean valorados por los físicos y electricistas como la bobina de Rühmkorff en el pasado.

Y es que tardó en comprenderse la importancia de las ondas continuas, y por tanto del transmisor de arco. El principal problema era que los detectores usados en aquel tiempo no eran adecuados para detectar las ondas continuas, sólo se escuchaba en el auricular un débil clic a cada llegada de un tren de ondas, mientras que los transmisores de ondas amortiguadas permitían escuchar un sonido aunque fueran mucho más ineficaces como generadores. Otro problema era la manipulación del arco con señales telegráficas. Los arcos debían permanecer constantemente encendidos, esto impedía su manipulación abriendo y cerrando la tensión de alimentación. Los primeros

transmisores de arco se emplearon en experimentos de radiotelefonía. En estos experimentos se conectaba un micrófono de carbón en serie con la antena, esto limitaba la potencia radiada a la máxima intensidad que podía pasar por el micrófono. Hubo numerosos experimentadores, uno de los investigadores que hizo más experimentos a lo largo de varios años con arcos de poca potencia en transmisiones de fonía fue Lee DeForest, incluso transmitió música y una ópera. Predijo acertadamente que la radio serviría como un medio de entretenimiento. (Fig. 287)

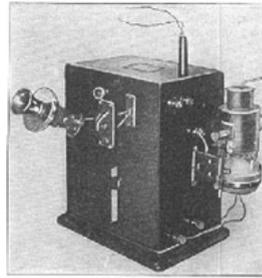


Fig. 287.- Transmisor radiotelefónico de arco DeForest.

Para no pagar los derechos de patente del arco intentó buscar otros circuitos de arco diferentes con un rendimiento muy inferior. Su arco consistía básicamente en dos electrodos situados al aire libre sobre la llama de una lamparilla de alcohol y sin ningún campo magnético para estabilizarlo. Sorprende que DeForest usara un audión como receptor sin percatarse que tenía en sus manos la solución definitiva para los transmisores de fonía; años más tarde narró que de haber sabido que la solución se encontraba en hacer oscilar al audión hubiera arrojado a la basura sin ninguna ceremonia todos los transmisores de arco. Los resultados más importantes sobre transmisión de fonía con el arco los obtuvo el propio Poulsen con su estación en Lyngby, cerca de Copenhague. Esta estación ponía en antena unos 300W de potencia en la longitud de onda de 1.200 m (250 kHz) y para modularla usaba seis micrófonos para poder aguantar la intensidad de RF sin un sobrecalentamiento excesivo. (Fig. 288 y 289)



Fig. 288.- Poulsen en la estación de Lyngby.

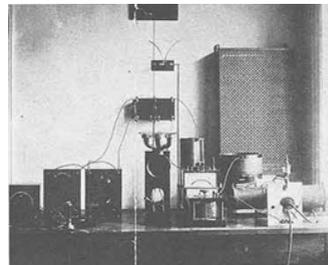
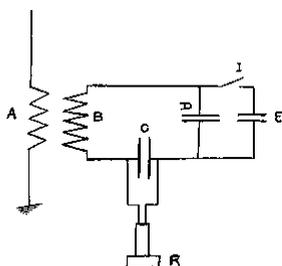


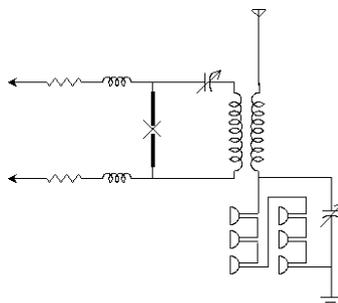
Fig. 289.- El transmisor de fonía de Lyngby. En el centro de la foto se pueden apreciar los seis micrófonos.

Poulsen emprendió la construcción de un detector capaz de detectar las ondas continuas. Este detector (que llamó “ticker”) consistía a grandes rasgos en un interruptor (troceador) que dividía los trenes de ondas continuas que llegaban a la antena en trozos de corta duración (de 100 a 200 por segundo), de esta forma conseguía un sonido en los auriculares. Su funcionamiento era el siguiente:

La bobina B junto con los condensadores O y D constituyen un circuito resonante sintonizado a la frecuencia que se desea recibir. I es el “ticker”, que consiste en dos hilos de oro que vibran por medios electromagnéticos o mecánicos (lo más usual era usar un disco rotativo con el borde ligeramente dentado sobre el que se apoyaba ligeramente un hilo de oro). Cuando el interruptor I está abierto se almacena la máxima energía el circuito resonante BDO. Cuando se cierra el interruptor I esta energía se descarga bruscamente y se escucha un pequeño clic en el receptor. Abriendo y cerrando el interruptor de 100 a 200 veces por segundo se escucha un zumbido en el auricular cuando se recibe una onda continua procedente de un transmisor de arco.



El detector “ticker” de Poulsen consistía básicamente de un troceador.



Esquema simplificado del transmisor de fonía de Lyngby.

La modulación de un arco con señales telegráficas se hacía cortocircuitando algunas espiras de la bobina de sintonía del transmisor. Esto ocasionaba una variación en la frecuencia transmitida, con el manipulador abierto el transmisor emitía en una frecuencia y al cerrar el manipulador el transmisor pasaba a emitir en otra frecuencia. Si estas frecuencias se encuentran suficientemente desplazadas y el detector tiene la selectividad adecuada sólo se escucha una de ellas. Este tipo de modulación se conoce actualmente como modulación FSK.

Sin embargo los transmisores de arco se veían en sus inicios como meros experimentos de laboratorio. Esto lo demuestra el hecho de que en 1907 la Marina de los EE.UU. adquirió un par de transmisores de arco de 3 kW a

Poulsen para experimentar. El dictamen oficial del Laboratorio Naval de Radio fue que los transmisores de arco eran de un manejo y mantenimiento demasiado complicado para los resultados que se obtenían. (Fig. 290)

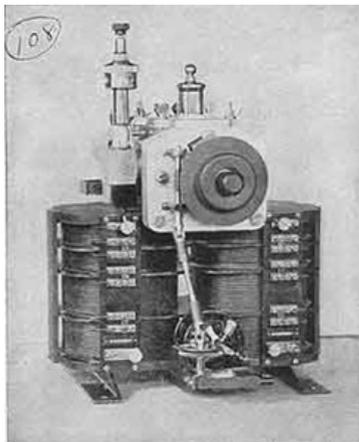


Fig. 290. - Arco de Poulsen de 3 kW fabricado por Telephone Manufacturing Corporation en Viena.

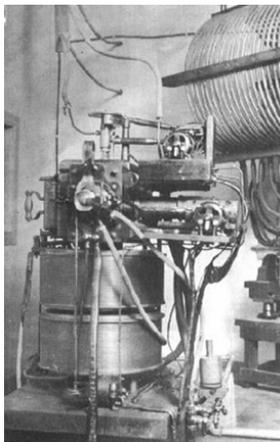


Fig. 291. - Transmisor de arco Federal Telegraph de 30 kW.

Esto comenzó a cambiar en 1910. Un año antes un grupo de inversores de San Francisco había decidido embarcarse en una aventura comercial en la radio y crearon una compañía para explotar la radiotelefonía. Contrataron los servicios de un ingeniero, Cyril F. Elwell, que viajó a Dinamarca para entrevistarse con Valdemar Poulsen. Volvió con los derechos de las patentes de Poulsen para los EE.UU. y las ideas muy claras. En vez de experimentar en la radiotelefonía, cuyas numerosas dificultades le auguraban en aquellos momentos un dudoso futuro, se dedicaría al establecimiento de una cadena de estaciones radiotelegráficas basadas en el transmisor de arco y el “ticker”. De esta forma se creaba la Compañía Federal Telegraph que jugaría un papel muy importante en el futuro. Federal Telegraph no tardó en desarrollar arcos de 5, 12 y 30 kW con los que estableció un circuito entre San Francisco y Honolulu. Este circuito funcionaba satisfactoriamente por la noche y era muy usado por la prensa. El espaldarazo definitivo del transmisor de arco vino a finales de 1912. Cyril Elwell se trasladó a Washington para hacer una demostración ante las autoridades navales de los transmisores de 5 y 12 kW. El transmisor de 5 kW fue un fracaso, pero el de 12 kW funcionaba admirablemente bien. Mientras estaba en Washington se enteró de las pruebas que iba a hacer la Marina Americana para aceptar el transmisor de 100 kW de chispa sincrónica de Fessenden. Elwell dijo que quería comparar su transmisor

de arco de 30 kW con el transmisor de 100 kW de Fessenden. Hubo una enorme sorpresa y oposición del Laboratorio Naval de Radio ante lo que se consideraba una prueba descabellada, sin embargo ante la insistencia de Elwell acabaron aceptando una prueba comparativa a fines de experimentación con el arco de 30 kW. **(Fig. 291)**

En Febrero de 1913 comenzaron las pruebas comparativas entre el transmisor de 100 kW de Fessenden con su receptor heterodino y el transmisor de arco de 30 kW de la Federal Telegraph con su receptor ticker. El resultado fue una gran sorpresa. Los resultados fueron similares hasta una distancia de 3.000 Km., a partir de esta distancia las mejores señales se obtenían con el transmisor de arco y el receptor heterodino. Lo más sorprendente es que la corriente que inducía en la antena (y también el consumo de corriente) del transmisor de arco era tres veces inferior al transmisor de 100 kW de chispa. Estos experimentos marcaron la defunción de los sistemas de chispa y ondas amortiguadas en las estaciones de alta potencia.

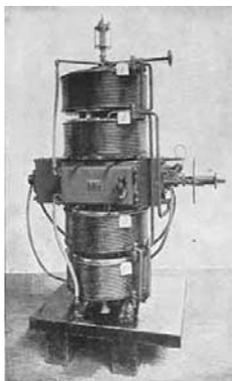


Fig. 292.- Transmisor de arco Federal Telegraph de 60 kW. Este arco se empleó para el circuito trasatlántico entre Tuckerton y Eilvisse, una distancia de 6.500 Km.

El transmisor de arco se convirtió en el favorito de la Marina Americana, que a partir de esos instantes trabajó prácticamente en exclusiva con la compañía Federal Telegraph. La Marina no tardó en encargarse de un arco de mayor potencia (60 kW) para su cadena de alta potencia. **(Fig. 292)** Los arcos que se habían fabricado hasta entonces seguían la misma forma constructiva, los arcos de 5, 12 y 30 kW eran exactamente iguales, sólo que cada uno de un tamaño mayor. Como explicó años más

tarde Leonar Fuller, que trabajó en el diseño de arcos en Federal Telegraph, la construcción de un arco de mayor potencia era mirar simplemente un arco menor con una lente de aumento. Pero este procedimiento no podía aplicarse por encima de 30 kW, ya que surgían enormes complicaciones. Finalmente, y tras un detallado estudio y diseño del campo magnético del arco se consiguió construir el arco de 60 kW. Inmediatamente la Marina solicitó un arco de 100 kW, que la compañía Federal Telegraph se negó a garantizar y lo construyó a riesgo de la Marina. **(Fig. 293)** Tras la entrega de este arco se volvieron a horrorizar al llegarles el siguiente pedido para un arco de ¡350 kW! Tras fabricar arcos de 200, 350 y 500 kW **(Fig. 294)** para la Marina les llegó un pedido de un arco de 1 MW destinado a la estación Lafayette en Francia. Para entonces los ingenieros de la Federal estaban convencidos que

se podía fabricar sin ningún problema arcos de potencia superior a 2 MW. Sólo hubo una persona que se atrevió a construir un transmisor de arco de esta potencia, el ingeniero holandés Cornelius J. deGrootte (Ver el capítulo dedicado a la estación de Malabar)

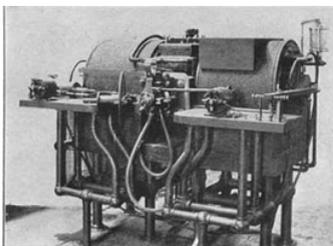


Fig. 293.- Transmisor Federal Telegraph de 100 kW. Se usó en la estación de Darien para comunicar con Washington, una distancia de 3.000 Km.

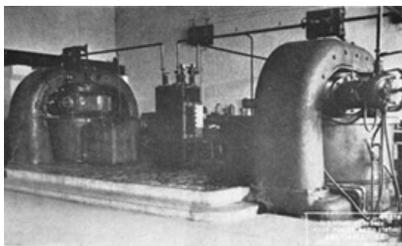


Fig. 294.- Dos arcos Federal Telegraph de 500 kW en la estación de Anápolis.

El arco tenía sus desventajas, al tener que mantener el arco constantemente encendido su modulación en telegrafía se obtenía desplazando la frecuencia lo suficiente para que quedara fuera de la selectividad del receptor, es decir, exigía emplear lo que se llamaba frecuencia “de compensación”, un inconveniente en las bandas saturadas de la onda larga, otro problema es que la frecuencia que emitía no era completamente limpia, estaba llena de “barbas” y armónicos que le daban un sonido característico e interfería con otros transmisores, también había que desconectar el arco cada veinticuatro horas para limpiar la cámara y cambiar los electrodos, esto obligaba a instalar dos arcos en las estaciones, uno permanecía encendido mientras el otro estaba en mantenimiento. La apertura de la cámara debía hacerse con precauciones y después de asegurarse que se encontraba totalmente fría, de lo contrario los gases inflamables recalentados ocasionaban una pequeña explosión que llenaban la habitación (y al infortunado operario de mantenimiento) de carbonilla. Tenían a su favor el ser un transmisor muy sencillo para altas potencias. Durante los años que estuvo en auge se investigó arduamente la solución a estos problemas, en especial el problema de la frecuencia de compensación. En los arcos de poca potencia se empleaba una carga artificial para disipar la onda de compensación, pero en los arcos de alta potencia era imposible usar este procedimiento. Federal Telegraph consiguió desarrollar un método que reducía la potencia del arco en los periodos de reposo, esto permitía enviar esta energía a una resistencia de absorción, pero era un circuito muy crítico y en la práctica nunca se empleó. También se estudiaron filtros para que el arco radiara una frecuen-

cia pura, pero todos estos esfuerzos fueron inútiles, el transmisor de arco se estaba convirtiendo en un dispositivo obsoleto a marchas forzadas. Lo único que les mantuvo en funcionamiento fue la gran inversión que había exigido la puesta a punto de las estaciones de alta potencia. A medida que se perfeccionaban las válvulas de vacío y podían manejar potencias cada vez mayores el transmisor de arco iba retrocediendo. A mediados de los años 20 no quedaba prácticamente ningún transmisor de arco en funcionamiento. El alternador de alta frecuencia se siguió empleando para algunos casos especiales hasta finales de la II Guerra Mundial, pero no se construyó ninguno más. El descubrimiento de la onda corta cambió de forma drástica el mundo de las comunicaciones, creó un nuevo mundo donde no tenía cabida el arco ni el alternador de alta frecuencia. Se extinguieron al igual que los antiguos dinosaurios. (Fig. 295)



Fig. 295.- Transmisor radiotelefónico de arco experimental Marconi.

EL CHISPERO ROTATIVO Y EL CHISPERO APAGADO

El profesor de física J. Zenneck de la Escuela Técnica de Munich explicó perfectamente el problema de las estaciones de alta potencia en su obra “Electromagnetische Schwingungen und Drahtlose Telegraphie” (Oscilaciones electromagnéticas y telegrafía sin hilos), publicado en 1906. Para comprender el problema hay que recapitular un poco; tomemos el primer transmisor de Marconi. En él tenemos una antena, un chispero, una conexión a tierra y una fuente de alta tensión. La fuente de alta tensión carga eléctricamente la antena hasta que la tensión entre ella y la tierra es superior a la tensión de ruptura del chispero; en ese momento salta la chispa y se produce una descarga oscilante entre antena y tierra. La energía que se pone en juego es la energía eléctrica almacenada en la antena, que suele ser pequeña. Para aumentar la potencia emitida por el transmisor podemos tomar dos caminos:

(1) Aumentar la capacidad de la antena para que almacene más cantidad de electricidad. Esto se hace añadiendo hilos, pero doblar el número de hilos no significa doblar la capacidad de la antena. En números redondos, para doblar la capacidad de la antena hay que multiplicar por cuatro el número de hilos; de esta forma se llega rápidamente a un punto que deja de ser económico.

(2) Elevar la tensión a la que se carga la antena, ya que la potencia almacenada en un condensador (en este caso la antena) es proporcional a la capacidad del mismo y a la tensión que está cargado. Pero esto implica que la chispa debe saltar a una tensión más alta y no antes, por tanto se debe aumentar la separación de los electrodos del chispero para que la chispa salte a una tensión más elevada. Esta mayor separación de los electrodos alarga el camino que debe recorrer la chispa y por tanto se aumenta la resistencia eléctrica que presenta el aire y los gases ionizados. Resultado: aumentan las pérdidas y la ganancia en potencia es muy inferior a la energía empleada. Además se llega rápidamente a un punto donde la resistencia del chispero es demasiado elevada y la descarga deja de ser oscilante; a partir de ese momento no se genera ninguna onda electromagnética y la estación no radia nada.

La solución es almacenar la energía en un condensador que tenga mayor capacidad que la antena y descargar esa energía en ella. Eso es lo que hicieron Braun y Marconi en sus transmisores de circuitos acoplados. Para aumentar la potencia se cambia el condensador por otro con mayor

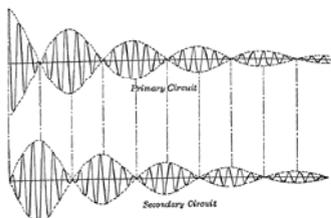
capacidad para poder almacenar más energía, y para mantener una frecuencia suficiente elevada hay que reducir en proporción el número de espiras de la bobina (En los transmisores de 100 kW esta bobina era de tan sólo una espira de tubo de cobre).

Pero al superar una cierta potencia aparece otro problema, como descubrieron Fleming y Marconi en su estación de Poldhu. K. R. Johnson lo explicó de la siguiente forma: *“La conclusión a la que he llegado es que se necesita una mayor diferencia de potencial para la primera descarga que para las siguientes, y las oscilaciones son más intensas con la primera chispa que con las que le siguen.”* Este problema tiene que ver con el calentamiento de los electrodos. Un metal caliente ioniza el aire a su alrededor y facilita que salte la chispa a una tensión más baja, y si la temperatura es lo suficiente elevada se convierte en un arco continuo y la descarga deja de ser oscilante. Además el factor de acoplamiento entre la bobina del primario y el circuito de antena influye en la frecuencia y pureza de la onda emitida. Un acoplamiento fuerte deja pasar más energía a la antena, pero al mismo tiempo la energía se dispersa en una banda mucho más ancha. El transmisor acaba emitiendo en dos frecuencias más separadas cuanto más fuerte es el acoplamiento entre las bobinas. La explicación de este efecto es muy simple: La energía del primario pasa por completo a la antena, pero al mismo tiempo esta energía que ha llegado a la antena retorna otra vez al primario. En resumen, la energía va y viene constantemente de un circuito a otro hasta que desaparece, en parte radiada por la antena y en parte en forma de calor en el chispero. El resultado es que la antena emite la energía en forma de rápidas pulsaciones. Un análisis matemático demuestra que el resultado final es que todo el sistema oscila a dos frecuencias diferentes, más separadas cuanto mayor es el acoplamiento. Un acoplamiento débil garantiza la pureza de la onda pero la energía radiada por la antena es menor. Un acoplamiento fuerte radia más energía, pero esta se dispersa en una banda más ancha con dos frecuencias predominantes, y el chispero se calienta en exceso provocando mayores pérdidas y su rápido deterioro.

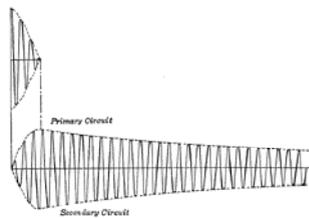
La solución a este problema es muy simple de explicar: una vez que la energía del primario ha pasado a la antena se ha de desactivar el chispero para que no vuelva a saltar ninguna otra chispa mientras se está disipando la energía en la antena. Con esta acción el circuito primario se abre, deja de intervenir y la energía almacenada en el circuito de antena no puede regresar a él, no tiene más camino que salir por la antena en forma de ondas. Además la estación emite en una única frecuencia garantizando la pureza de la señal.

El chispero apagado de Wien y el chispero rotativo hacen exactamente esta función, desactivar el chispero, pero cada uno lo hace de diferente forma. El chispero apagado de Wien basa su funcionamiento en la rápida desionización de los gases. El chispero rotativo lo hace acercando y separando mecánicamente los electrodos; los electrodos se encuentran frente a una rueda metálica dentada y aislada que gira rápidamente. Cuando los

dientes de la rueda están cerca de los electrodos puede saltar la chispa, después el giro de la rueda aleja los dientes de los electrodos e impide que vuelvan a saltar más chispas. A medida que gira la rueda dentada se van generando trenes de ondas sucesivos. Además el giro crea una corriente de aire que enfría los electrodos y disipa los gases ionizados.



Oscilaciones en los circuitos primario y secundario con acoplamiento fuerte.



Oscilaciones en los circuitos primario y secundario con un chispero apagado o rotativo bien ajustados.

El chispero rotativo era más fácil de fabricar y ajustar que el chispero apagado, y se empleó mucho en las pequeñas estaciones tanto profesionales como amateur. Marconi también lo adoptó para sus estaciones de alta potencia.

Los transmisores de chispero rotativo se dividían principalmente en dos tipos, los asíncronos y los sincronizados. Los del primer tipo tenían el chispero accionado por un motor. La alta tensión se obtenía con un transformador elevador alimentado con la corriente del sector a 50 o 60 Hz. Al girar el disco se acercaban los dientes a los electrodos en cualquier punto del ciclo de la corriente de alimentación, y la tensión a la que se había cargado el condensador no era siempre igual. El resultado era que cada descarga era diferente, y la nota que se escuchaba en el receptor era “rasposa” y desigual.

En el chispero sincronizado la corriente del sector alimentaba a un motor que hacía girar a un alternador que era el encargado de cargar al condensador, y montado sobre el mismo eje estaba el disco dentado del chispero. De esta forma la chispa saltaba siempre en el mismo punto del ciclo de la corriente de alimentación y todos los trenes de ondas eran iguales. La nota que se escuchaba en el receptor era clara y nítida. Era el tipo preferido entre las estaciones comerciales, mientras que la sencillez del asíncrono lo hacía popular entre los amateurs y las estaciones de poca potencia.

Elmer Bucher, ingeniero de la Compañía Marconi, comparó el rendimiento del chispero rotativo respecto el chispero apagado de Telefunken y lo resumió diciendo que el chispero apagado de Telefunken necesita un ajuste más crítico, pero cuando está bien ajustado tiene un rendimiento superior al chispero rotativo hasta potencias de unos 15 kW y empleando tensiones más

bajas; además permite un acoplamiento de antena más fuerte. A altas potencias el chispero rotativo es más satisfactorio.

Invención del chispero rotativo

Hemos encontrado opiniones que el chispero rotativo fue inventado por R. A. Fessenden, y otros opinan que lo inventó G. Marconi. Lo cierto es que Fessenden construyó en 1905 un chispero rotativo de alta potencia, pero en su amplia lista de patentes no hemos encontrado ninguna alusión al mismo. En cuanto a Marconi, aunque empezó a experimentar en 1902 – 1903 con chisperos de esferas y discos giratorios que le llevaron al chispero rotativo de alta potencia, sus patentes sólo se refieren a perfeccionamientos del mismo, entre sus patentes no hemos encontrado la patente básica, es decir la primera patente por un chispero rotativo.

Esta primera patente básica por un chispero rotativo pertenece a Nikola Tesla (**Fig. 296**), que la solicitó en Agosto de 1893, y le fue concedida en febrero de 1894. Esta patente no era para un transmisor de radio, como puede parecer, sino para un eficiente generador de alta tensión y alta frecuencia para producir y estudiar fenómenos como la iluminación con tubos de vacío, producción de ozono, accionar tubos de Rayos X y otros usos. Este primer chispero rotativo tenía una rueda con proyecciones que giraba entre dos electrodos, y todo el conjunto estaba sumergido en aceite. El aceite se hacía recircular con una bomba, y el mismo aceite al recircular hacía girar la rueda. Mas tarde patentó chisperos rotativos en los que el contacto se hacía por un chorro de mercurio que salía despedido de una rueda que giraba a alta velocidad, y definió claramente en sus patentes los dos tipos básicos de chisperos rotativos: el asíncrono y el sincronizado.

En las patentes de Tesla no aparece ninguna referencia a la transmisión de señales por radio hasta 1901, y sólo se nombra indirectamente como transmisión de energía eléctrica; incluso a los chisperos rotativos les daba el nombre de “controladores del circuito eléctrico.” Un examen cuidadoso de las patentes de Tesla no muestra que tuviera un gran interés en las comunicaciones por radio, sin embargo muchos de sus inventos están relacionados con ese campo. Esto parece una contradicción y merece la pena dedicar unos párrafos a esta importante figura, notable como inventor y desconcertante como persona, e intentar aclarar su contribución a la radio y a los chisperos rotativos, que es el tema principal de este trabajo.

Tesla y su asociación con la radio

Decir que Nikola Tesla tenía una personalidad desconcertante es quedarse corto. Hoy en día es difícil explicarlo. Su capacidad para visualizar un problema y encontrar una solución imaginativa y eficaz era extraordinaria, digno de un verdadero genio. Una vez que se interesaba en un

problema trabajaba de forma obsesiva en él; todo lo demás carecía de importancia. Cuando había encontrado la solución, agotado por el esfuerzo, caía en una postración de la que no salía hasta que encontraba otro problema que le interesara. Si hablamos en conjunto de su forma de trabajar; sus ideas visionarias; sus manías obsesivas con la limpieza y la higiene, que le hacían emplear numerosos cubiertos en sus comidas y su rechazo a todo contacto físico, incluyendo los apretones de mano; su manía de masticar cada bocado un número de veces que fuera múltiplo de tres; y su amor casi enfermizo por las palomas, es significativo. Hoy en día tal vez fuera diagnosticado de padecer síndrome de Asperger, una enfermedad asociada al autismo, entonces desconocida y que no se estudió en profundidad hasta la década de 1990.

Tesla llegó a los EE.UU. en el momento que se iniciaba la Revolución de la Electricidad. Era el momento oportuno para alguien que tenía la solución al problema de la transmisión de grandes cantidades de electricidad por líneas eléctricas a gran distancia. La solución era la corriente alterna polifásica a alta tensión, y además traía de premio el motor de inducción de corriente alterna, de capital importancia para la industria. Tesla no tardó en encontrar un fuerte apoyo financiero en George Westinghouse, que puso a su disposición los mejores medios disponibles. Pero Tesla no podía trabajar en equipo, era incapaz de trabajar con otros, no podía formar a sus discípulos. Sin embargo ambos se necesitaban para su gran obra magna, la primera central eléctrica de alta potencia del Niágara que suministraría electricidad a varias poblaciones, entre ellas Nueva York. Tesla poseía las ideas y las patentes, Westinghouse el capital y los medios.

Cuando se inauguró la central eléctrica Tesla se encontraba postrado por la enfermedad y el agotamiento. Para reponerse hizo un viaje. En ese viaje se enteró de los experimentos de Hertz, intrigado los repitió en su laboratorio y observó con sorpresa que cuando ponía el transmisor en funcionamiento se iluminaban unos tubos de Geissler que estaban sobre una estantería de la habitación. Lo interpretó como un transporte de energía por el espacio e inmediatamente visionó un mundo donde no serían necesarias las líneas de alta tensión con sus torres; la electricidad podría enviarse a donde fuera necesaria sin necesidad de ningún cable. Esta visión marcó el destino de su vida.

Una vez que volvió repuesto de su enfermedad visitó la central, donde le habían preparado un merecido homenaje. En su discurso habló, para sorpresa de todos, que la central se había quedado obsoleta, no eran necesarias las líneas de transmisión, ni las subestaciones con los transformadores, ni siquiera las instalaciones domésticas. Visionó un nuevo mundo donde una central suministraría energía eléctrica a quien lo necesitara y sin ningún tendido eléctrico. Los capitalistas como Westinghouse querían, y siguen queriendo, ideas prácticas, no ensueños visionarios. De todas formas debían tanto a Tesla que le permitían trabajar libremente en sus laboratorios, pero el distanciamiento fue aumentando lentamente y cada vez se hizo mayor.

Tesla perfeccionó los tubos de Geissler para la iluminación e inventó una lámpara de alumbrado por descarga eléctrica (**Fig. 297 y 298**). Esta lámpara tenía en su interior un gas a baja presión y un electrodo. Al acercar la lámpara a un generador de alta frecuencia y alta tensión se iluminaba el gas y la lámpara brillaba sin necesidad de ningún cable. Según él bastaría con colocar las lámparas en el interior de las casas y se iluminarían sin necesidad de ningún cable.

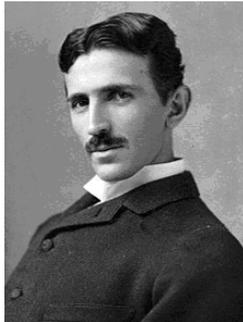


Fig. 296. Nikola Tesla

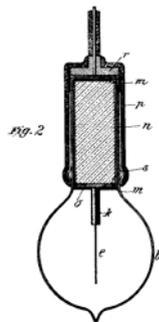


Fig. 297.- Lámpara de descarga de Tesla para el alumbrado

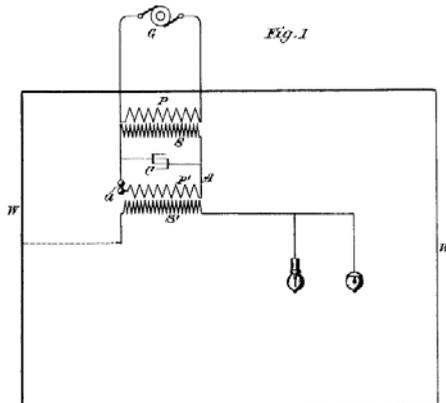


Fig. 298. - Patente de Tesla para su sistema de alumbrado por lámpara de descarga.
Las lámparas sólo necesitan un hilo de alimentación.

En su búsqueda de un generador eficiente Tesla se convirtió en el mayor especialista del mundo en corrientes de alta frecuencia, circuitos resonantes y generadores de muy alta tensión. Para demostrar sus ideas no dudaba en dar espectaculares demostraciones públicas sobre las capacidades de las

corrientes de alta frecuencia y muy alta tensión. Encendía sus lámparas sosteniéndolas en la mano, y mientras tocaba un polo del generador de alta tensión encendía los mecheros de gas acercándoles un dedo de la otra mano. Convertía sus demostraciones en un espectáculo de magia e ilusionismo. Es en esos momentos cuando comienza el Tesla de las visiones y las profecías, su máquina para provocar terremotos, su rayo de la muerte, su máquina para controlar el clima, sus mensajes de Marte, etc. No es de extrañar que los científicos e ingenieros no se tomaran muy en serio a Tesla y acabó por desaparecer toda cita a él en los libros y manuales técnicos, sin embargo los periodistas lo adoraban y publicaban sus alucinantes ideas, aunque muchas veces lo consideraron un *freak* (un bicho raro).

Sus relaciones con Westinghouse se habían enfriado tanto que ya tenía dificultades para acceder al laboratorio y los instrumentos. Hacia el final le cobraban un alquiler por los instrumentos hasta que llegó a un punto que no pudo pagar. Encontró apoyo en el millonario J. J. Astor para perfeccionar sus lámparas y osciladores como sistema de iluminación, y en el magnate J. P. Morgan, a quien aseguró que podía establecer un sistema inalámbrico de comunicación trasatlántica. Pero Tesla estaba obsesionado con la transmisión de la energía y dedicó todos sus esfuerzos y recursos a ello. Nunca le preocupó lo más mínimo que el dinero que le entregaban los financieros se gastara en otras cosas. Se conservan varias cartas de Astor preguntándole por los progresos que hacía en las lámparas sin que le diera respuesta. Su mente estaba en la transmisión de energía a distancia.

Sus ideas de la transmisión de energía sin hilos descansaban en dos puntos:

Convertir la atmósfera en un conductor. Tesla opinaba que el efecto corona era la transición del aire de un estado aislante a otro conductor. Aplicando una tensión lo suficiente elevada en un punto elevado podría transmitir la energía a distancia dentro un radio determinado por conducción a través de la atmósfera. Basándose en su experiencia y conocimientos de la resonancia eléctrica inventó el transformador resonante conocido hoy como Bobina de Tesla con la que llegaba a obtener tensiones de varios millones de voltios.

Encontrar la frecuencia de resonancia de la Tierra. Tesla creía que la Tierra era un enorme condensador eléctrico. El plan de Tesla era situar una gran masa metálica a una altura determinada y aislada de la tierra. Aplicando una gran fuerza eléctrica entre la masa metálica y tierra se haría vibrar eléctricamente a la propia Tierra. Si se aplicaba esa fuerza eléctrica en sincronía con la frecuencia de resonancia eléctrica de la Tierra la energía se transmitiría sin pérdidas por toda ella. Esta energía se dejaría sentir en cualquier otro punto de la Tierra entre ella y otra gran masa metálica aislada elevada. En sus experimentos en Colorado Springs creyó que había encontrado la frecuencia de resonancia de la Tierra. Este fue el inicio de la famosa Torre

Wanderclyffe y sus extraños experimentos que desanimaron a sus apoyos financieros y acabó siendo el final de Tesla.

Para entender claramente las ideas de Tesla sobre la transmisión de la energía y la radio se incluye una entrevista que dio en 1908 en la que explica sus ideas. Esta entrevista se incluyó íntegramente en el libro “Telegrafía y Telefonía Inalámbricas” de Walter Messie y Charles Underhill, publicado en 1909.

EL FUTURO DEL ARTE DE LA RADIO

El Sr. Nikola Tesla, en una reciente entrevista de los autores, sobre el futuro del Arte de la Radio, hizo voluntariamente las siguientes declaraciones que se reproducen aquí con sus propias palabras.

“Una masa en movimiento se resiste al cambio de dirección. De la misma manera el mundo se opone a una nueva idea. Tarda tiempo que las mentes se den cuenta de su valor e importancia. La ignorancia, los prejuicios y la inercia de los viejos retrasan el progreso. Es desacreditada por exponentes poco sinceros y explotadores. Es atacada y condenada por sus enemigos. Finalmente, todas las barreras desaparecen, y se extiende como un incendio. Esto también será cierto en el arte de la radio.

“Sólo han comenzado las aplicaciones prácticas de este revolucionario principio. Hasta ahora se han confinado al uso de oscilaciones que se amortiguan rápidamente a su paso por el medio. Sin embargo ha llamado la atención universal. Lo que se ha conseguido con las ondas que no disminuyen con la distancia, confunde la comprensión.

“Para los profanos es difícil entender cómo una corriente eléctrica puede propagarse a distancias de miles de millas sin disminuir su intensidad. Pero después de todo es simple. La distancia sólo es una concepción relativa, una reflexión en la mente físicamente limitada. La visión del fenómeno eléctrico debe liberarse de esta impresión engañosa. Aunque es sorprendente, es un hecho que una esfera del tamaño de una canica ofrece un impedimento mucho mayor al paso de la corriente que toda la Tierra. Todo experimento que podamos hacer con esta pequeña esfera puede hacerse igual, y con más perfección, con el inmenso globo en que vivimos. Esta no es únicamente una teoría, sino una verdad establecida en numerosos experimentos delicados. Cuando se golpea mecánicamente a la Tierra, como en el caso de una fuerte agitación terrestre, vibra como una campana, su periodo se mide en horas. Cuando se golpea eléctricamente, la carga oscila, aproximadamente, doce veces por segundo. Aplicándole ondas de corrientes de ciertas longitudes, relacionadas definitivamente con su diámetro, el globo entra en vibración como un hilo, formándose ondas estacionarias, cuyas regiones nodales y ventrales se pueden localizar con

precisión matemática. Debido a este hecho y a la forma esferoidal de la Tierra, pueden obtenerse numerosos datos geodésicos y otros, muy exactos y de gran valor práctico. Gracias a la observación de este sorprendente fenómeno podemos determinar el diámetro exacto del planeta, su configuración y volumen, la extensión de sus elevaciones y depresiones, y medir, con gran precisión y sin nada más que un dispositivo eléctrico, todas las distancias terrestres. En la niebla más densa o en la oscuridad de la noche, sin ninguna brújula ni ningún otro instrumento de orientación, ni siquiera un reloj, será posible guiar a un barco a lo largo del camino más corto u ortodrómico, y leer instantáneamente la latitud y la longitud, la hora, la distancia a cualquier punto, y la velocidad real y dirección del movimiento. Con el uso adecuado de estas perturbaciones se puede hacer que una onda viaje por toda la superficie de la Tierra a cualquier velocidad deseada, y producir un efecto eléctrico en cualquier punto que elijamos y se podrá averiguar la posición geográfica exacta con las simples reglas de la trigonometría.

“Este modo de enviar energía eléctrica a distancia no es ‘radio’ en el sentido popular, sino una transmisión a través de un conductor, y uno que es incomparablemente más perfecto que cualquiera artificial. Todos los impedimentos de la conducción surgen del confinamiento de los flujos eléctricos y magnéticos a canales estrechos. El globo está libre de límites y obstáculos. Es un conductor ideal debido a su inmensidad, aislamiento en el espacio, y forma geométrica. Su singularidad es sólo una limitación aparente, ya que al aplicarle numerosas vibraciones no interferentes, puede dirigirse el flujo de energía a través de cualquier número de caminos que, aunque están conectados, están perfectamente delimitados y separados como si fueran muchos cables. Por tanto, cualquier aparato, que pueda operarse por medio de uno o más hilos, a distancias obviamente limitadas, puede operarse igualmente sin conductores artificiales, y con la misma facilidad y precisión, a distancias sin ningún otro límite que el impuesto por las dimensiones físicas del globo.

“Pretendemos dar demostraciones prácticas de estos principios con la planta ilustrada. Tan pronto se complete, será posible que un hombre de negocios en Nueva York dicte instrucciones, y aparezcan instantáneamente impresas en su oficina en Londres o en cualquier otro lado. Podrá llamar, desde su mesa, y hablar por teléfono con cualquier suscriptor en el globo, sin ningún cambio en los equipos existentes. Un instrumento económico, no mayor que un reloj, que nos permitirá que cualquiera, en mar o tierra, pueda escuchar música o sonidos, el discurso de un líder político, de un eminente científico, o el sermón de un elocuente clérigo, pronunciado en cualquier otra parte, aunque esté distante. De la misma forma cualquier imagen, carácter, dibujo o

impresión se podrá transferir de uno a otro lado. Millones de estos instrumentos podrán operarse desde una planta de este tipo. Pero lo más importante de todo esto, será la transmisión de energía, sin hilos, que se demostrará a una escala lo suficiente grande como para convencer. Estas pocas indicaciones serán suficientes para demostrar que el arte de la radio ofrece unas mayores posibilidades que cualquier otra invención o descubrimiento hecho hasta ahora, y si las condiciones son favorables, podemos esperar con seguridad que en los próximos años usaremos esta aplicación.”



La torre Wanderclyffe, planta eléctrica inalámbrica de Tesla.

Si hacemos una lista de los trabajos e inventos de Tesla que tuvieron, y tienen aplicación directa en la radio nos sorprenderemos. Los circuitos eléctricos resonantes son absolutamente necesarios en la radio; sentó las bases para el alternador de alta frecuencia construyendo el primero en 1894; e inventó el chispero rotativo, que tuvo una importancia capital en la época de los transmisores de chispa (**Fig. 299 y 300**). Estos inventos fueron indispensables para la radio y fueron muchos los inventores e ingenieros que se aprovecharon de ellos sin nada a cambio.

El profesor Adolf Slaby, pionero de la radio en Alemania, se refería a Tesla como “el padre de la telegrafía inalámbrica” y decía a todos que Tesla fue el primero en explicar la teoría y dar los detalles en su libro “Invenciones e Investigaciones”, publicado en 1894, y Marconi había llevado a la práctica esas teorías. Lo cierto es que el libro al que se refiere Slaby, publicado en 1894, es una republicación del discurso que dió Tesla entre el 28 de Febrero y el 2 de Marzo de 1891 para la convención de la National Electric Light Association en Sant Louis, y la parte relacionada con este tema no son más que algunas especulaciones de Tesla.

(*ABC de la Telegrafía Inalámbrica* de Edward Trever, 1911)

No es de extrañar que en 1943 el Tribunal Supremo de los EE.UU. zanjara la controversia sobre la invención de la radio sentenciando que Marconi y otros habían pirateado las patentes de Tesla. Para entonces Tesla ya había muerto, pero en vida nunca se había preocupado lo más mínimo de ello. Como hemos visto, para él la transmisión de señales y mensajes sólo era algo marginal, un simple desperdicio de energía, se tenían que malgastar cientos de kilovatios en el transmisor para recibir únicamente unos pocos milivoltios en la estación receptora. Con su sistema podría enviar grandes cantidades de energía a donde hicieran falta; los aviones y dirigibles en el aire no necesitarían llevar combustible, los barcos en el mar no necesitarían carbón ni calderas, los hogares se iluminarían y las fábricas dispondrían de la energía necesaria, sin emplear ninguna línea eléctrica.

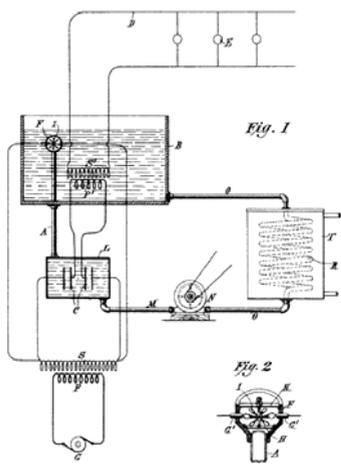


Fig. 299.- Primer chispero rotativo de Tesla en 1894. Extraído de su patente U.S. 514.168. El chispero estaba sumergido en un recipiente con aceite.

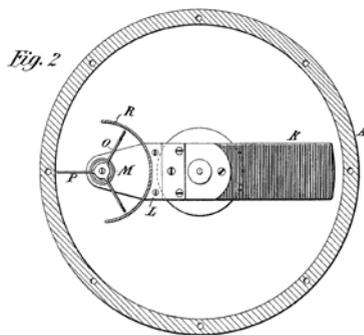


Fig. 300.- Ejemplo de chispero rotativo de chorro de mercurio. Dibujo extraído de su Patente U.S. 609.247 presentada en Marzo de 1898.

Marconi y el chispero rotativo

Se puede afirmar que Marconi fue el primero en emplear los chisperos rotativos en la radio. El camino que siguió para llegar al chispero rotativo fue diferente al de Tesla. La potente chispa de 20 kW que necesitaba para la estación de alta potencia de Poldhu planteó numerosos problemas a Marconi y Fleming. Cuando se superaba una cierta potencia se calentaban excesivamente los electrodos del chispero y la chispa se convertía en un arco continuo, en ese momento cesaban las oscilaciones de alta frecuencia y la estación bajaba notablemente su potencia o dejaba de emitir. Hacia finales de 1900 habían encontrado lo que parecía una solución prometedora, enviar una fuerte corriente de aire al chispero para apagar el arco y enfriar los electrodos; esto les permitió aumentar algo más la potencia, pero seguía estando lejos de lo que necesitaban, además los electrodos se deterioraban rápidamente, lo que hacía que la chispa fuera irregular y el calentamiento excesivo. Finalmente, y acuciado por las prisas, Marconi decidió hacer el experimento trasatlántico, a pesar de los problemas que seguía teniendo su estación de Poldhu. Cuando transmitía a plena potencia sólo podía hacer puntos a poca velocidad, cuando intentaban transmitir una raya los electrodos se calentaban excesivamente, la chispa oscilante se convertía en un arco y la estación dejaba de transmitir.

Tras el éxito del experimento trasatlántico, Marconi, menos presionado por los resultados, comenzó a buscar una solución definitiva. Sabemos que en Julio de 1902 Fleming probó en Poldhu un chispero rotativo de su invención. Este chispero consistía en dos esferas que giraban lentamente. La chispa nunca saltaba entre los mismos puntos, esto reducía la erosión y ayudaba al enfriamiento. Pero los resultados no fueron satisfactorios. Las diferentes ideas que tenían Fleming y Marconi sobre la forma del chispero rotativo aumentaron sus diferencias, y acabó en una agria disputa con la no renovación del contrato entre Fleming y la Compañía Marconi.

La idea de Marconi era emplear discos girando a gran velocidad. (**Fig. 301**), sabía que es muy difícil formar un arco continuo entre dos superficies que se mueven rápidamente entre sí. Primero empleó dos discos y después añadió un tercer disco en el medio. Este chispero de tres discos resultó muy satisfactorio (**Fig. 302**), pero las chispas se sucedían una tras otra con tanta rapidez que la señal se parecía mucho a una onda continua sin modular; en el teléfono sólo se escuchaba un débil siseo en vez de una señal clara. Marconi lo solucionó primero alimentando el chispero con corriente alterna, y en 1907 encontró la solución definitiva al añadir dientes a la periferia del disco para modular la señal. (**Fig. 303**)

Además patentó algunas modificaciones a su chispero rotativo que no suponen realmente una mejora destacable, sino pequeños detalles para adaptarlo mejor a aplicaciones concretas.

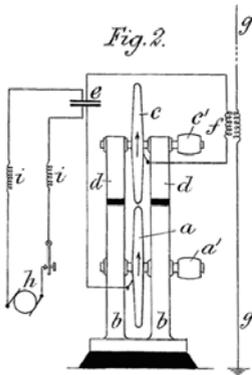


Fig. 301.- Chispero rotativo de Marconi de dos discos.

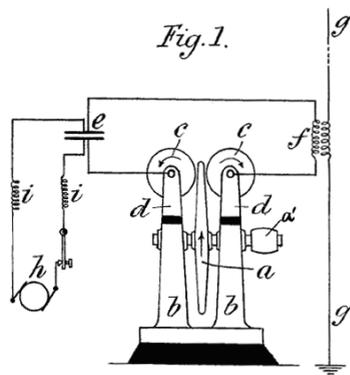


Fig. 302.- Chispero rotativo de Marconi de tres discos.

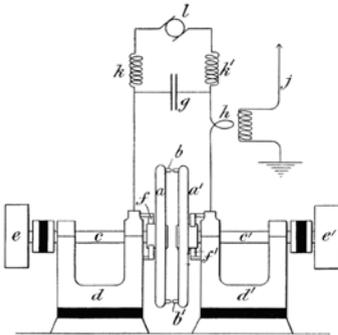
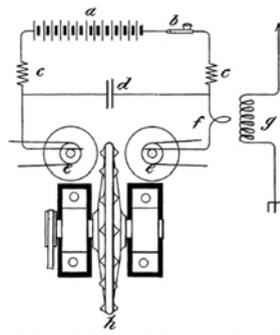


Fig. 303.- Chisperos rotativos de Marconi de discos dentados con dos y tres discos.



Hacia 1912 – 1913 se perfecciona el receptor heterodino hasta hacerlo de uso práctico y las estaciones que transmitían con ondas continuas cobran una gran ventaja sobre los transmisores amortiguados. Marconi perfeccionó su chispero para que produjera ondas continuas. Este chispero constaba de varios discos dentados que giraban sobre el mismo eje y dispuestos de tal forma que se solapaban los trenes de ondas de cada disco dentado para entregar una onda prácticamente continua (Fig. 304 y 305). En Abril de 1914 patentó un perfeccionamiento del mismo, que llamó chispero temporizado, en el cual controlaba el momento exacto en que saltaba la chispa por medio de un disco auxiliar y un electrodo de cebado. El resultado era un solapamiento perfecto de los trenes de ondas obteniendo una onda continua en frecuencias inferiores a 40 kHz. Sólo se fabricó un chispero de este tipo que se instaló en pruebas en la estación de Carnarvon en Gales, que estaba

en comunicación con la estación de Marion en Massachusetts. El nuevo chispero entregaba una potencia de 150 kW. Estando todavía en pruebas estalló la I Guerra Mundial y la estación fue requisada por el Gobierno Británico mientras durase la guerra. Durante ese tiempo funcionó sin ningún problema y con excelentes resultados (**Fig. 306**). Pero era el canto del cisne de los transmisores de chispa. Tras la I Guerra Mundial el alternador de alta frecuencia, primero, y el transmisor de válvulas después, convirtieron a los transmisores de chispa en viejos dinosaurios obsoletos. El transmisor de arco le sobrevivió unos pocos años más.

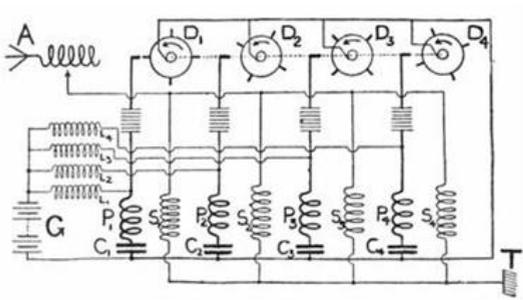


Fig. 304.- Sistema de Marconi con múltiples discos para obtener una onda continua por solapamiento de los grupos de ondas amortiguadas.

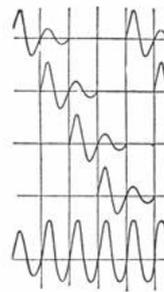


Fig. 305.- Cómo se pueden solapar los grupos de oscilaciones amortiguadas.

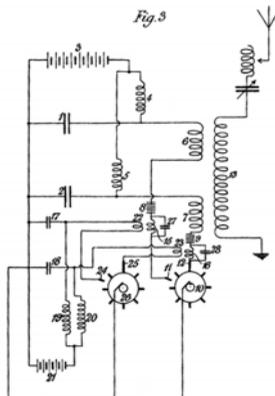


Fig. 306.- Transmisor de chispero rotativo temporizado para ondas continuas. El disco principal está marcado con el n° 10. El disco temporizador de disparo está marcado con el n° 26

La Compañía Marconi fabricó y comercializó estaciones de chispero rotativo síncrono hasta 2 kW. para uso en las estaciones costeras y barcos de gran tonelaje. Para los barcos más pequeños comercializaba un transmisor de ½ kW y en barcos algo más grandes el transmisor era de 1 kW., ambos del tipo no sincronizado, pero el disco rotativo era el mismo en todos ellos. El ajuste era muy sencillo, tan sólo había que ajustar la altura de los electrodos fijos para que su separación con los dientes del disco fuera de 0,12 mm. en su punto más cercano (**Fig. 307 y 308**).

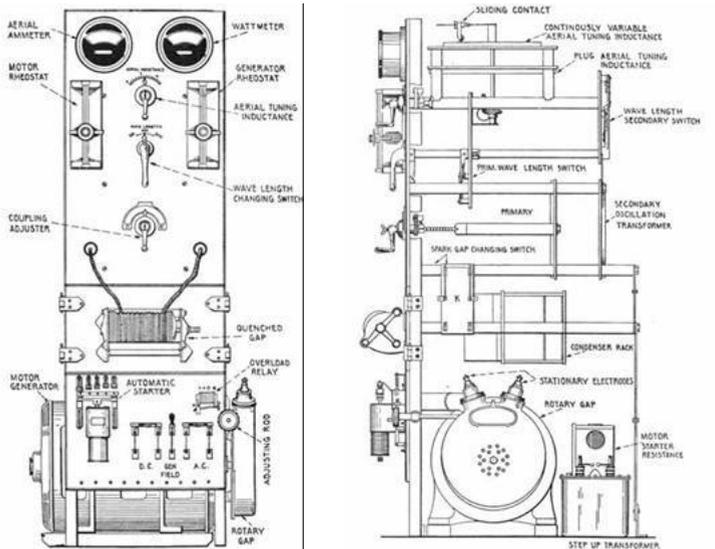


Fig. 307.- Vista frontal y lateral del transmisor Marconi de 2 kW.

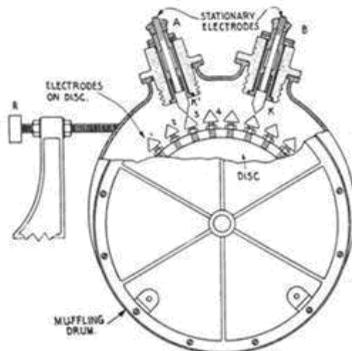


Fig. 308.- Detalle del chispero rotativo para equipos Marconi hasta 2 kW.

El chispero rotativo de Fessenden

Fessenden, que había trabajado principalmente en chisperos de aire comprimido, diseñó y construyó en 1905 un chispero rotativo para su estación de Brant Rock. El chispero de Fessenden era una rueda de 1,8 m de diámetro con electrodos en su periferia y cuatro electrodos estáticos conectados a un transformador trifásico (**Fig. 309**). Entregaba una potencia de 100 kW y se iniciaron pruebas con él con vistas a establecer un servicio radio telegráfico trasatlántico entre Brant Rock y Machrihanish en Escocia y competir con la Compañía Marconi. Pero la aventura llegó a su final en Diciembre de 1906 con el derrumbe de la antena de la estación de Machrihanish. Después no se tienen más noticias del chispero rotativo de 100 kW. de Fessenden hasta 1910 cuando la Marina de los EE.UU. estudió la construcción de la estación naval de alta potencia de Arlington. Las obras comenzaron en 1911 y terminaron en 1913. La idea inicial era instalar el chispero de 100 kW., pero las cosas fueron muy diferentes. En las pruebas se comparó el transmisor de Fessenden de 100 kW con un transmisor de arco de 30 kW, y ante la sorpresa de todos, el vencedor de las pruebas fue el transmisor de arco. El chispero rotativo se aceptó como equipo de reserva y su uso fue ocasional.

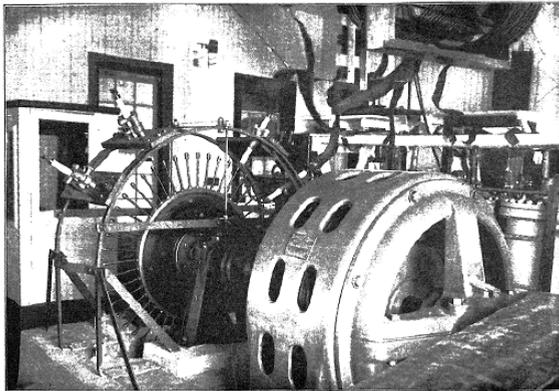


Fig. 309.- Chispero rotativo de 100 kW. de Fessenden.

Otros chisperos rotativos

El chispero rotativo era muy fácil de construir y ajustar. Se empleó mucho en las estaciones costeras y en barcos, y muchos amateurs se hicieron sus propios chisperos rotativos para sus estaciones, generalmente de 1kW. de potencia que movían con el motor de un ventilador doméstico (**Fig. 310**). Por debajo de esa potencia se solían utilizar chisperos estáticos normales.

Muchos fabricantes hacían chisperos rotativos, y algunos diseñaron variantes, como Ducretet en Francia, cuyo chispero era una esfera que giraba a gran velocidad y la chispa saltaba entre un electrodo hueco y la esfera. Por el electrodo hueco se hacía pasar una fuerte corriente de aire que lo enfriaba y apagaba la chispa (**Fig. 311**). El chispero rotativo de Balsillie tenía los electrodos de la periferia del disco en forma de palas de turbina para aumentar la corriente de aire (**Fig. 312**). Pero estas variantes y algunas otras tuvieron poca trascendencia ya que añadían complicaciones a un mecanismo ya de por sí muy simple y que funcionaba muy bien para estaciones de unos pocos kW.

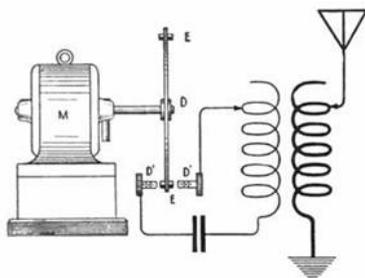


Fig. 310.- Ejemplo de chispero rotativo de uso amateur.

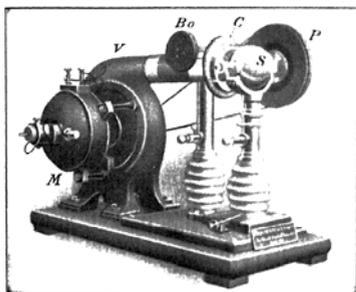


Fig. 311.- Chispero rotativo de esfera giratoria Ducretet

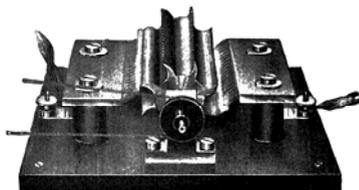


Fig. 312.- Chispero rotativo de Balsillie.

El chispero apagado

Max Wien fue de los primeros en indicar que para obtener un transmisor eficiente había que apagar la chispa tan pronto saltara. El barón von Lepel presentó en Alemania en 1907 la solicitud de una patente para lo que llamó arco persistente y que fue el origen de los chisperos de chispa apagada. Este chispero era dos discos de cobre o cobre plateado de un diámetro entre 7,5 y 12 cm. separados por una fina hoja de papel entre ellos. La separación era de 0,25 mm. Esta hoja tenía una perforación en el centro que era el sitio adecuado para la descarga. Estas descargas van quemando lentamente el papel, y al tener lugar esta combustión en una atmósfera pobre en oxígeno necesita varias horas en quemar toda la hoja (**Fig. 313**). El arco funcionaba con corriente continua o alterna de 300 a 500 voltios. Sorprendió que incluso con estos voltajes tan bajos se obtuvieran distancias interesantes. Un estudio de Telefunken demostró que se debía al apagado prácticamente instantáneo de la chispa, que permitía un rendimiento elevado y perfeccionó el chispero de von Lepel haciendo una acanaladura en los discos y sustituyendo el disco de papel por un anillo de mica. (**Fig. 314**)

Pero este chispero seguía dando poca potencia, inferior a $\frac{1}{2}$ kW. Max Wien estudió el problema y decidió que la solución era emplear varios chisperos unidos en serie dando origen al chispero apagado de Wien. El chispero original empleaba 10 elementos alimentados a 2.000 voltios. Con esto se alcanzaban 2 kW (**Fig. 315**). Lo patentó en 1908.

Este chispero apagado permitía elevar el acoplamiento entre los bobinados primario y de antena hasta el 20%, lo que aumentaba el rendimiento del transmisor. En condiciones de laboratorio, con el chispero muy bien ajustado y controlado, se llegaron a medir rendimientos de hasta el 85%, mientras que en las estaciones de uso comercial se alcanzaba normalmente el 60%.

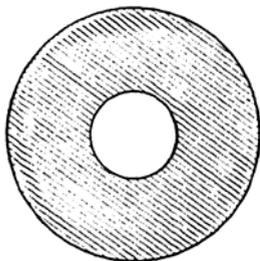


Fig. 313. Chispero de von Lepel. Izda. Hoja de papel.
Dcha. Construcción del chispero.

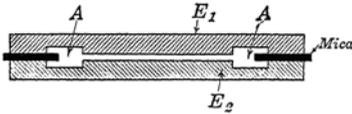


Fig. 314. Perfeccionamiento del chispero de von Lepel.

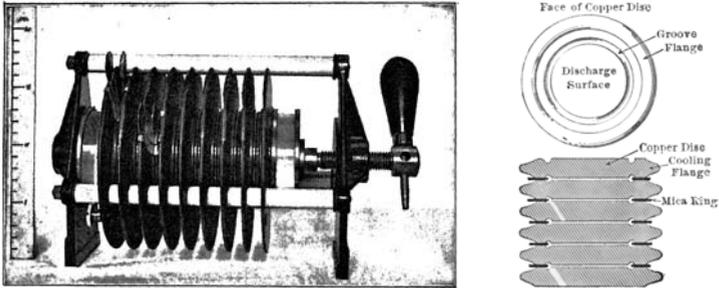


Fig. 315. Chispero de Max Wien.

Tras los pasos dados por von Lepel surgieron otros investigadores que presentaron sus propios chisperos apagados, pero tuvieron corta vida en comparación con el chispero de Wien. De estos nombraremos los tres que tuvieron un cierto uso comercial. El primero fue el chispero de von Koch, que era dos electrodos concéntricos muy próximos y se hacía pasar una fuerte corriente de aire por su interior. Otro era el chispero de Peuckert, que eran dos discos metálicos enfrentados separados por una corta distancia. Un disco se hacía girar a unas 800 r.p.m. y por el eje hueco de soporte del otro, que era fijo, pasaba una fuerte corriente de aire. Para conseguir potencias más altas ambos discos eran huecos, en vez de aire se hacía pasar aceite por los discos y el eje hueco, saliendo por un orificio en el centro. La fuerza centrífuga extendía una película de aceite entre ellos y contribuía a su refrigeración, la chispa saltaba a través de la película de aceite. El tercer chispero estaba fabricado por Lorenz. Eran dos superficies esféricas concéntricas separadas por una corta distancia. (**Fig. 316**)

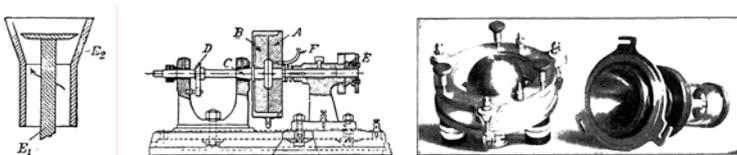


Fig. 316. Chisperos apagados de otros fabricantes.
Izda. de von Koch. Centro de Peuckert. Dcha. de Lorenz

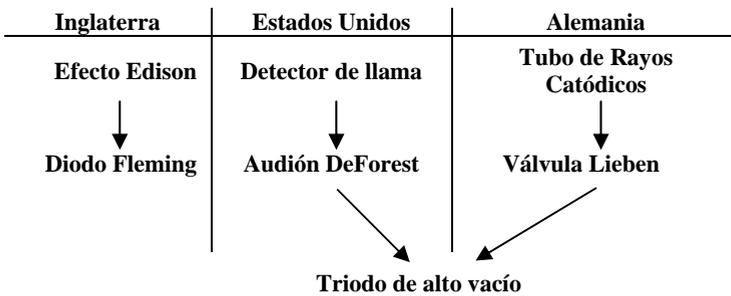
LA VÁLVULA DE VACÍO

Introducción

En todo el mundo está muy extendida la versión académica que afirma que la válvula amplificadora (triódo) fue inventado por Lee DeForest en 1906 a partir del diodo Fleming. Basta con hojear cualquier enciclopedia para encontrarse la siguiente cadena de hechos:

Thomas A. Edison descubre en 1883 el efecto Edison (el paso de una corriente eléctrica por el vacío), John A. Fleming se aprovecha del efecto Edison para inventar en 1904 el diodo rectificador, y Lee DeForest añade en 1906 una rejilla para controlar la corriente que circula a través del diodo Fleming inventando de esta forma el triódo.

Todo esto estaría muy bien... si hubiera sido así de sencillo, pero la historia verdadera es mucho más complicada y diferente. Los litigios por las patentes y la I Guerra Mundial han complicado sobremedida la visión histórica, y la tendencia natural humana de simplificar y resumir la historia han acabado dando por buena esta versión sencilla. Básicamente se llegó al triódo siguiendo simultáneamente dos caminos diferentes y partiendo de orígenes distintos.



Recorrido esquemático muy simplificado de la invención y desarrollo del triódo

En los EE.UU. Lee DeForest partió del detector de llama (no de la válvula Fleming como se indica erróneamente) en la búsqueda de un detector de ondas de radio que no infringiera ninguna patente y acabó inventando el detector Audióon. El otro camino lo marcó en Alemania un hoy olvidado Robert von Lieben que partió del tubo de rayos catódicos de Braun para desarrollar un relé telefónico (amplificador de corrientes ondulantes) sin inercia hasta llegar al dispositivo conocido como válvula Lieben.

Siguieron una evolución por completo independiente hasta 1911, después se entremezclan bastante (sobre todo en Europa, donde se conocían los trabajos de ambos inventores) y acabaron convergiendo en el triodo. El objetivo de este trabajo es aportar algo de luz al proceso real de invención del triodo, lo que implica en cierto modo la desmitificación de la figura de Lee DeForest; recorreremos las diferentes vías de investigación dando una rápida visión del panorama histórico de esta invención.

EL DIODO FLEMING

Thomas A. Edison (**Fig. 317**) había fabricado en 1879 una bombilla eléctrica práctica junto con los elementos necesarios para su uso doméstico (zócalo a rosca, portalámparas, contador eléctrico, etc.) Esta bombilla tenía el filamento de carbón por ser el material con el punto de fusión más elevado que se disponía de forma abundante en aquellos días (todavía no se sabía



Fig. 317.- Thomas Edison
(1847 – 1931)

trabajar de forma industrial con el wolframio). Edison observó que con el tiempo se formaba una película oscura el interior de la bombilla que reducía la luminosidad de la misma. Edison supuso que este ennegrecimiento se debía a la deposición de una capa de partículas de carbón que salían despedidas del filamento, además apreció que el oscurecimiento era más acusado en el lado más próximo al lado del hilo positivo mientras que si se alimentaba la bombilla con corriente alterna este ennegrecimiento era similar en toda la bombilla. Sus notas de laboratorio indican que estudió este problema entre el 13 y el 18 de Febrero de 1880. Pero este trabajo sufrió frecuentes interrupciones debido a la instalación de sus primeras centrales eléctricas y del servicio de alumbrado. En el verano de 1882 volvió a ocuparse del tema. Pensó que esta asimetría del ennegrecimiento se debía a que las partículas estaban cargadas negativamente, y que si insertaba una varilla en el interior de la bombilla conectada al polo positivo atraería a las partículas lo que evitaría su deposición en el vidrio. No pudo experimentar esta hipótesis hasta Marzo de 1883 en que construyó una bombilla con una varilla metálica de platino situada en medio de la horquilla del filamento (**Fig. 318**). Conectó la bombilla e insertó un galvanómetro en serie entre la varilla y el terminal positivo de la bombilla. Su intención era medir la pequeña carga eléctrica que transportaban las partículas de carbón, sin embargo se encontró que la corriente

blema entre el 13 y el 18 de Febrero de 1880. Pero este trabajo sufrió frecuentes interrupciones debido a la instalación de sus primeras centrales eléctricas y del servicio de alumbrado. En el verano de 1882 volvió a ocuparse del tema. Pensó que esta asimetría del ennegrecimiento se debía a que las partículas estaban cargadas negativamente, y que si insertaba una varilla en el interior de la bombilla conectada al polo positivo atraería a las partículas lo que evitaría su deposición en el vidrio. No pudo experimentar esta hipótesis hasta Marzo de 1883 en que construyó una bombilla con una varilla metálica de platino situada en medio de la horquilla del filamento (**Fig. 318**). Conectó la bombilla e insertó un galvanómetro en serie entre la varilla y el terminal positivo de la bombilla. Su intención era medir la pequeña carga eléctrica que transportaban las partículas de carbón, sin embargo se encontró que la corriente

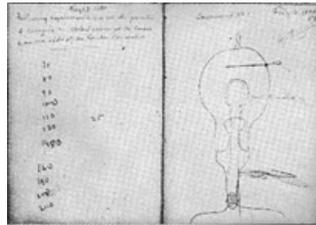


Fig. 318- Página del cuaderno de notas de Edison cuando estaba haciendo experimentos con el llamado “Efecto Edison”. En la parte superior derecha se puede leer la fecha “13 Febrero 1880”

transportaban las partículas de carbón, sin embargo se encontró que la corriente

era mucho más intensa de lo esperado. Además sólo pasaba corriente cuando se conectaba la varilla al polo positivo de la batería, si conectaba la varilla al polo negativo no pasaba ninguna corriente en absoluto. Aquello era desconcertante; una corriente eléctrica pasaba por el vacío y sin necesitar cables. Además esta intensidad dependía de la temperatura del filamento. En Noviembre de 1883 patentó esta bombilla como indicador de voltaje por la que recibió la patente 307.031. En realidad Edison no sabía qué hacer con este invento inesperado, sin embargo llamó la atención entre los científicos, aunque fue un interés pasajero. William Preece viajó a los EE.UU. tan sólo para adquirir varias de estas bombillas y experimentar con ellas, John A. Fleming, que era profesor de electricidad en la Universidad de Londres y asesor científico de la compañía Edison Electric Light de Londres también experimentó con esta bombilla sin acabar de comprender lo que tenía entre manos. Cuando se resolvieron los problemas que planteaba la metalurgia industrial del wolframio y los filamentos pasaron a fabricarse con ese material desapareció el problema de la deposición de carbón.



Fig. 319- John A. Fleming
(1849 – 1945)

En 1899 John A. Fleming (**Fig. 319** se convirtió en asesor científico de la Compañía Marconi y participó en la construcción de la estación de Poldhu. Al mismo tiempo experimentaba para encontrar un eficaz detector de las ondas de radio. En aquellos días había dos teorías sobre el proceso de detección. Una teoría indicaba que el paso de una onda de radio a través de algunos cuerpos alteraba sus propiedades eléctricas, y esta alteración era la que se ponía de manifiesto por medio de un instrumento receptor (un impresor Morse o un auricular telefónico). La otra teoría defendía que la detección de una onda de radio se debía únicamente al proceso rectificador que presentan algunos cuerpos.

Fleming creía en esta segunda teoría y recordó los experimentos que había hecho en 1873-74 con la bombilla de efecto Edison. Esta bombilla dejaba pasar la corriente en un sólo sentido, si la teoría de la rectificación era correcta debía detectar las ondas de radio. Recuperó del baúl de los recuerdos una de las viejas lámparas y la conectó en un circuito resonante. Inmediatamente comenzó a leer desviaciones en un galvanómetro. La teoría de la rectificación era la correcta. Después hizo una serie de modificaciones en la forma de la varilla destinadas a aumentar el efecto y observó que los mejores resultados se obtenían con un cilindro metálico rodeando al filamento. Fleming patentó este dispositivo el 16 de Noviembre de 1904 con el nombre de *válvula oscilante*. (**Fig. 320**). En los Archivos de la Compañía

Marconi se conserva la carta fechada el 30 de Noviembre de 1904 que escribió Fleming a Marconi contándole la invención del diodo. En esa carta dice:

...También citaré que he hecho un descubrimiento interesante. Estoy orgulloso de poder rectificar las oscilaciones eléctricas, es decir, hacer que el flujo de electricidad pase siempre en la misma dirección. De esta forma puedo detectarlas con un galvanómetro normal de espejo. He recibido señales sin nada más que una antena, el galvanómetro de espejo y mi dispositivo. Hasta ahora los experimentos han sido a escala de laboratorio. Esto abre un amplio campo de trabajo, ya que ahora puedo medir exactamente los efectos de un transmisor. Todavía no he mencionado esto a nadie ya que podría ser muy útil.¹

La Compañía Marconi adquirió la patente de la válvula de Fleming y la empleó como detector en algunos receptores (**Fig. 321**), pero su mayor aplicación se encontró en los instrumentos destinados a tomar mediciones precisas de la energía radiada por la antena, ya que las desviaciones de la aguja del galvanómetro eran exactas y proporcionales a la intensidad que se recibía. Fleming se daba cuenta que la válvula era de gran importancia para la naciente industria de la radio, sin embargo no llegó a imaginarse el alcance real, puesto que no solicitó ninguna compensación a la Compañía Marconi por su invención. No se comprendió la importancia de la “válvula oscilante” hasta la aparición del triodo, lo que originó uno de los litigios más importantes en la industria electrónica entre Fleming y DeForest.

Visto desde la perspectiva actual sabemos que en el diodo de Fleming se encontraba el germen de la electrónica, y nos sorprende que se dejara dormir durante varios años dejando pasar una oportunidad única en la historia, pero debemos de recordar lo fácil que es opinar después de saber la solución



Fig. 320.- Válvula experimental que usó Fleming en 1904.



Fig. 321.- Receptor con válvula Fleming.

EL AUDIÓN DeFOREST

Lee DeForest (**Fig. 322**) era un ingeniero mediocre con una gran pasión por la radio y que cuando lo veía necesario no dudaba en absoluto aprovecharse de las invenciones de otras personas sin su permiso, lo que le ocasionó más de un problema.² Eligió socios poco recomendables (que en ocasiones acabaron en la cárcel por fraude) y su nombre solía aparecer unido a empresas que se movían en la frontera de los negocios fraudulentos cuando



Fig. 322.- Lee DeForest
(1873 – 1961)

no caían por completo en el fraude (el propio DeForest se libró por el grueso de un cabello de ir a la cárcel en 1911 bajo la acusación de venta fraudulenta de acciones). A pesar de este cuadro que acabo de bosquejar, DeForest siempre trató de trabajar en la medida de sus posibilidades procurando mantenerse al margen de los turbios negocios de sus socios. Tropezó con el audión por casualidad mientras buscaba un detector que no infringiera ninguna patente, pero no supo reconocer sus inmensas aplicaciones hasta que la patente pasó a manos de AT&T. Siempre vio al audión como

un detector y no reconoció sus propiedades amplificadoras hasta que lo supo por otras personas (La patente básica de 1906 es por *un detector, no por un amplificador*). En diversos momentos reconoció que no sabía realmente como trabajaba. Tuvo la gran suerte que en el litigio entre Irving Langmuir (General Electric) y Harold D. Arnold (AT&T) por el triodo de alto vacío, el juez sentenciara que no habían inventado nada, y que la única patente válida para el triodo pertenecía a DeForest, que se convirtió del día a la noche en el poseedor de una de las patentes más importantes en la historia de la electrónica.

Nuestra historia comienza en 1903, en ese año el joven ingeniero Lee DeForest, recién salido de la Universidad de Yale, estaba haciendo algunos experimentos de radio telegrafía con dos socios más (Clarence E. Freeman y Edwin Smythe). Habían formado la pequeña compañía Wireless Telephone Company of America, cuando se les acercó Abraham White, un personaje de dudosa reputación. White vio en esta invención una máquina de hacer dinero y deslumbró al joven DeForest con los castillos en el aire que trazaba el propio White. DeForest olvidó socios y amigos y partió con White hacia Chicago. Crearon la compañía DeForest Wireless Telegraph Co. con sede en Nueva Jersey, Abraham White de presidente y Lee DeForest como director técnico. White orientó la compañía hacia la venta de acciones y no dudó en

emplear cualquier medio, lícito o ilícito, para promocionar la venta.³ El detector que usaba Lee DeForest (le llamaba go-responder) era una mezcla de litargirio, glicerina, alcohol y limaduras en el interior de un tubo de vidrio con dos electrodos (**Fig. 323**). En condiciones normales era un buen

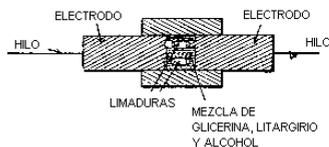


Fig. 323.- El “go-responder” DeForest

conductor, cuando llegaba una onda electromagnética aumentaba la resistencia de esta mezcla. Los impulsos se recibían con un auricular. Este detector dejaba mucho que desear y cuando White decidió que había que participar en la Feria de San Luis de 1904

para promocionar la venta de acciones DeForest no dudó en emplear una copia del detector electrolítico de Fessenden (barreter), muy superior a su go-responder. El detector electrolítico DeForest consistía en un pequeño recipiente de vidrio que contenía una disolución de potasa cáustica como cátodo, y el agua actuaba de ánodo del circuito. En esta solución se sumergía un cátodo en forma de punta y la onda que entraba se rectificaba por la acción electrolítica. Fessenden empleaba un hilo fino bañado con plata que quemar hasta hacer una punta muy fina. DeForest usaba un electrodo diferente que llamaba “electrodo de pala” por la forma del terminal. Según DeForest su detector era más práctico y sensible sin emplear ningún “quemado de puntas”, además afirmaba que se basaba en un principio diferente al detector de Fessenden. El resultado inmediato de la exhibición de San Luis fue un incremento en la venta pública de acciones y un contrato con el gobierno para construir una cadena de cinco estaciones en el Caribe para la Marina Americana. White no dudó en trompetear el contrato con el gobierno hasta niveles que llegaron a molestar a la propia Marina, y todo ello pensado para aumentar la venta de acciones. Fessenden estalló encolerizado al enterarse del plagio que estaba haciendo DeForest, acusó al gobierno de plagio de patentes y presentó una demanda ante los tribunales contra la compañía DeForest. En Octubre de 1905 el tribunal decidió a favor de Fessenden. DeForest tenía que buscar otro detector.

Mientras improvisaba un detector con un mineral cristalino para cumplir con el contrato de la Marina le vino a la mente un experimento que había hecho en su época de estudiante en la Universidad. En sus primeras experiencias con las ondas de radio, mientras estaba preparando su detector go-responder, se dio cuenta que cuando ponía en funcionamiento el transmisor de chispa se alteraba el brillo de la lámpara de gas. Ajustando el flujo de gas y aire en la lámpara podía aumentar estas variaciones de brillo, pero unos días más tarde descubrió decepcionado que los efectos desaparecían cuando encerraba el transmisor en la habitación contigua y cerraba la puerta. DeForest acabó deduciendo que la variación de la intensidad de brillo la causaba el sonido de las chispas. (En realidad la

radiación ultravioleta de las chispas favorece las reacciones químicas de la llama y aumenta su brillo.)⁴

Acuciado por los Tribunales necesitaba encontrar urgentemente un detector completamente nuevo y volvió a experimentar con la llama de gas. Esta vez buscó una respuesta en las propiedades eléctricas de la llama de gas. Introdujo dos electrodos en la llama y observó que podía hacer pasar una débil corriente eléctrica empleando una docena de pilas secas (18 V). Insertando un auricular en el circuito era capaz de obtener una débil respuesta a las ondas. Sorprendido por este comportamiento experimentó con electrodos de diversas formas e incluso cubiertos por sales de metales alcalinos. Finalmente llegó a una forma que le daba una buena respuesta. El electrodo negativo tenía una pequeña copa en la que se ponía una pequeña cantidad de una sal de sodio o potasio, y el electrodo positivo era una simple varilla de platino. El electrodo negativo se ponía en la parte interior o más oscura de la llama y el electrodo positivo en la parte superior o más luminosa. El detector de llama funcionaba bastante bien siempre que la tensión aplicada no fuera suficiente elevada para ionizar los gases calientes, en este caso desaparecía el efecto rectificador (**Fig. 324**). DeForest siempre creyó que el efecto rectificador se debía a la diferencia de velocidad en la recombinación de los iones positivos y negativos. Sin embargo tenía un efecto indeseable y más preocupante: su sensibilidad ante las corrientes de aire más débiles y el ruido de fondo causado por las imperfecciones de la llama. Por esta razón no era práctico su uso comercial.

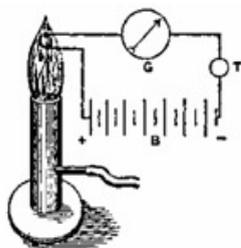


Fig. 324.- El detector de llama DeForest

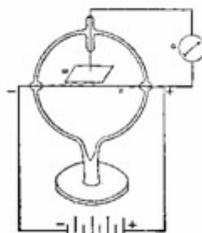


Fig. 325.- "Diodo" DeForest

Estos experimentos le hicieron pensar a DeForest en los gases calientes, y pasó a experimentar con los gases calientes de un arco eléctrico. Insertó un hilo de platino en el centro de un arco eléctrico y lo conectó con un auricular, una batería local y el electrodo negativo del arco. El nivel de ruido que se escuchaba por el auricular era demasiado grande para poder servir como detector. Esto le llevó a probar un tercer sistema; calentar con un filamento el gas encerrado en un globo de vidrio. (**Fig. 325**) Sabía que los gases se ionizaban con mayor facilidad a baja presión y probó con un globo de vidrio

en que había un gas a baja presión (el aire), un filamento y una placa. Al principio usó un filamento de carbón bañado con una solución de sales de potasio, pero no tardó en descubrir que el tantalio proporcionaba mejor resultado y lo adoptó. Este montaje demostró ser un excelente detector, pero tenía un gran problema: se parecía sospechosamente al diodo de Fleming. En aquellos días la compañía DeForest estaba en medio de una batalla legal con la Compañía Marconi por una reclamación de patentes relativas a la antena y no podía arriesgarse a abrir otro frente de batalla. Sin embargo DeForest estaba plenamente convencido de que su detector funcionaba de forma distinta a la válvula de Fleming. Siguió experimentando en busca de una forma diferente de conectarlo a un circuito receptor y que evitara toda reclamación posterior.

La primera variante que probó fue rodear el tubo detector por una bobina, un extremo de la misma conectado a tierra y el otro extremo a la antena, de tal forma que las ondas captadas por la antena pasaban a través de la bobina. Según su explicación, los iones respondían al campo magnético de las ondas que pasaban por la bobina. (Fig. 326) También probó a situarlo entre las placas del condensador de sintonía y obtuvo una cierta respuesta. Esto le sugirió otra variante, encerrar las dos placas del condensador en el interior de tubo con el filamento entre ambas placas. La señal de la antena se aplicaba a una placa y el auricular se conectaba a la otra. (Fig. 327)

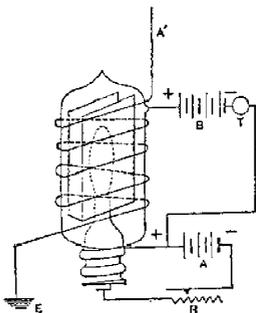


Fig. 326.- Detector con control magnético externo.

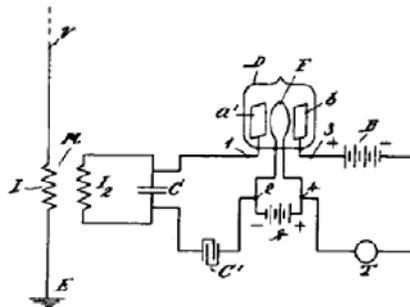


Fig. 327.- El "diodo de doble placa" DeForest.

Por último, en un momento de inspiración, y sin saber exactamente por qué lo hacía, sustituyó la placa que conectaba a la antena por un hilo en zigzag entre el filamento y la placa. (Fig. 328 y 329) Este dispositivo le proporcionó una buena respuesta en el auricular, que era lo que estaba buscando, y el 25 de Octubre de 1906 solicitó la patente por el tubo detector de tres electrodos que llamó Audiión, un dispositivo que según explicaba a todo el mundo, se basaba en unos principios de funcionamiento muy diferentes a

la válvula de Fleming, pero confesaba que todavía no sabía cuáles eran esos principios.⁵

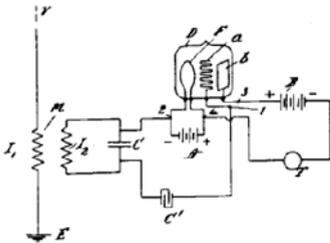


Fig. 328.- El Audi3n DeForest.

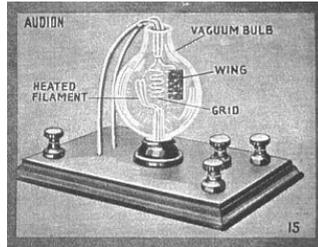


Fig. 329.- El detector audi3n.

A finales de 1906 fue expulsado de United Wireless (antigua Compaa DeForest) ofreci3ndole en total una recompensa de 500 d3lares por todas sus patentes y trabajos, excepto por el audi3n, que se consideraba un dispositivo in3til. DeForest se asoci3 inmediatamente con otros promotores de dudosa reputaci3n (James Dunlap Smith, Elmer Burlingame y W. W. Tomkins), formando la compaa Radio Telephone Co. con el objeto de desarrollar la radiotelefonía, pero la realidad es que tambi3n se dedicaba a la venta de acciones asegurando que la compaa había iniciado una investigaci3n que prometía algo parecido a la telefonía m3vil de hoy día. DeForest intent3 desarrollar un sistema de radiotelefonía basado en el detector audi3n y el transmisor de arco de Poulsen (nunca admiti3 que la invenci3n pertenecía realmente a Poulsen). Uno de sus contratos m3s importantes fue la entrega de 26 radiotel3fonos a la Marina. Estos radiotel3fonos se instalaron en la Flota para su viaje alrededor del mundo, pero las pruebas no fueron satisfactorias y acabaron desmontados. Eran difíciles de mantener, poco fiables, de escaso alcance y una importante fuente de interferencias para los dem3s equipos de comunicaci3n. Sin embargo la compaa Radio Telephone hizo una gran publicidad de ello con vistas a la venta de acciones. Se hicieron demostraciones p3blicas de radiotelefonía y se intent3 establecer un sistema de radiotelefonía entre los barcos de los Grandes Lagos, todo ello con una gran fanfarra de trompetas. Finalmente, en 1911 el FBI hizo una gran redada contra el fraude en general, y detuvo y sentenci3 por estafa a los directivos de Radio Telephone Co. Lee DeForest tambi3n se vio involucrado en la redada y escap3 por los pelos de ir a prisi3n, se libr3 pagando una fuerte multa. En el juicio que sigui3 se acus3 a DeForest y sus socios de:

*“...la venta de acciones de una compaa con un capital de dos millones de d3lares y cuyo 3nico activo es un extraño dispositivo similar a una l3mpara incandescente que él llama Audi3n y que no ha mostrado tener valor alguno”.*⁶

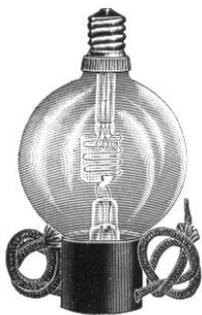
DeForest se trasladó a California y entró a trabajar en la compañía Federal Telegraph Co. que se dedicaba de forma honrada a construir estaciones radiotelegráficas basadas en las patentes de Poulsen para comunicar la costa oeste con Hawai. La primera indicación del audión como amplificador lo dio Fritz Lowenstein, un ingeniero que trabajaba en la compañía Hammond en Massachussets y que se dedicaba al control remoto por radio.⁷ Lowenstein fue el primero en usar en 1911 un audión DeForest como amplificador, pero nunca se preocupó en solicitar patente alguna por ello. Este dato llegó a oídos de Beach Thompson, el presidente de Federal Telegraph, que informó inmediatamente a DeForest y le pidió que prosiguiera la investigación del audión. Le asignaron dos ayudantes, Charles V. Logwood y Herbert van Etten. En Julio de 1912 conectó dos audiones en cascada, es decir, la salida de un audión a la entrada de otro por medio de un transformador, y consiguió una mayor amplificación. En Octubre de 1912 DeForest modificó la patente del audión para añadir el efecto de amplificación y seguidamente viajó a Nueva York para presentar el amplificador de dos etapas a AT&T. El amplificador todavía daba aullidos indeseables y era inestable⁸, sin embargo AT&T adquirió rápidamente los derechos de patente del audión, reservándose DeForest unos pequeños derechos sobre él. Estos derechos permitían que DeForest pudiera fabricar un máximo de 500 audiones al año con fines de experimentación. El dinero que recibió de AT&T lo empleó para independizarse de la Compañía Federal Telegraph y establecer su propia compañía DeForest Radio Tel & Tel en Nueva York para la investigación, fabricación y venta del audión a los amateurs. A partir de ese momento el audión DeForest sigue tres vías diferentes de evolución en tres compañías distintas: DeForest, AT&T y General Electric.

DeForest:

Lee DeForest seguía sin comprender realmente cómo funcionaba el audión, pero veía en él un medio para rehacer su economía y hacerse un nombre. Durante muchos años fue la única fuente de suministro que tuvieron los amateurs ante la negativa de AT&T primero y después de la RCA para la venta al público. (**Fig. 330 y 331**) DeForest seguía manteniendo erróneamente que el audión era un dispositivo de gas y que el alto vacío era perjudicial, se fabricaban a mano siguiendo reglas empíricas y el resultado era que no había dos audiones con las mismas características. El contenido de gas interior hacía que fuera inestable, se precisaba ajustar con gran exactitud la tensión de filamento y de placa para evitar el embalamiento causado por la ionización del gas. (Basta recordar el principio de funcionamiento del tiratrón) Al ignorar la relación entre la geometría de sus electrodos y su respuesta eléctrica no estaba fabricado con la forma más adecuada y su amplificación era escasa, además el filamento de tantalio tenía una vida corta. Para paliar algo este problema los audiones se fabricaban con dos

filamentos, uno de ellos de reserva en caso de que fallara el primero. El manual de instrucciones que entregaba DeForest indicaba los siguientes puntos como de gran importancia:

- 1) Cuidar la tensión de la batería de filamento. Una tensión incorrecta puede quemar el filamento con rapidez.
- 2) Ajustar con cuidado la tensión de la placa. Usar una serie de pilas secas e ir conectando celda a celda hasta encontrar la repuesta más fuerte. Una vez que se ha encontrado el número de pilas, conectar en serie un potenciómetro para hacer un ajuste fino.
- 3) El audión ha de trabajar con una temperatura externa de 60°.
- 4) El condensador en serie con la rejilla ha de ser variable y de gran calidad. Un condensador con fugas hace bajar la sensibilidad del audión.
- 5) Algunas veces se aumenta la sensibilidad situando cerca un imán, pero si el imán es demasiado potente puede doblar el filamento o la placa.
- 6) Reducir la corriente de placa cuando aparece la descarga azul brillante en el interior del tubo. La descarga azul reduce la presión de gas y arruina el audión.⁹



List No. 309.

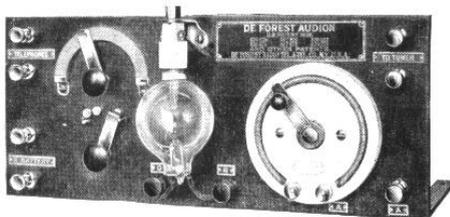


Fig. 330.- Detalle del audión. **Fig. 331.-** Receptor audión RJ9 DeForest con sus potenciómetros de ajuste.

En cuanto al control de calidad y clasificación del audión se hacía de la siguiente forma:

Una vez terminado de fabricar el audión, se comparaba con un detector de galena estándar. Si el audión proporcionaba la misma señal que un detector de galena se clasificaba como grado "S" y se destinaba a detector. Si la señal que entregaba el audión era superior se clasificaba como "X" y se destinaba a ser amplificador. Se podrá tener una idea de la calidad de estos audiones indicando que durante la I Guerra Mundial la Marina firmó un contrato con DeForest para la adquisición de 2.000 audiones, de los cuales rechazaron el 90% por deficientes.¹⁰

AT&T:

AT&T tenía la necesidad de un buen amplificador (relé telefónico) para poder establecer líneas telefónicas de larga distancia. Se conocían los amplificadores electromecánicos de Shreeve y otros, pero no cumplían con las necesidades. En 1911 se recibió un libro inglés que mencionaba un extraño dispositivo alemán que se estaba experimentando como amplificador telefónico: la válvula Lieben. Inmediatamente se solicitó a Inglaterra más información. Mientras tanto se encargó una investigación a Harold D. Arnold sobre dispositivos amplificadores. Hacia esos momentos se tuvieron noticias del audión como amplificador. Arnold examinó el audión y recibió algo de información sobre la válvula Lieben. El audión le pareció un dispositivo débil y de poca potencia, y siguió la recomendación de Peter Cooper-Hewitt que le indicaba que investigara el arco eléctrico en vapor de mercurio. Arnold consiguió desarrollar un tubo amplificador de vapor de mercurio basado en la lámpara de mercurio de Hewitt (**Fig. 332**) pero resultó ser muy ruidoso e inestable¹¹, así que concentró sus esfuerzos hacia el audión. En sus experimentos con la lámpara de Cooper-Hewitt había descubierto que la presión del vapor de mercurio afectaba mucho a la

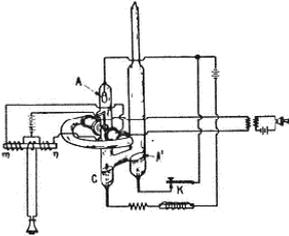


Fig. 332.- Amplificador de vapor de mercurio de H. D. Arnold.

estabilidad de su tubo amplificador y decidió probar a variar la presión de los gases internos del audión hasta llegar a un alto vacío. Este resultó ser el camino correcto. El audión de alto vacío era estable y muy adecuado para la amplificación. Se hizo una prueba comparativa entre el audión de alto vacío y su prototipo de amplificador de vapor de mercurio, el vencedor fue el audión perfeccionado. En 1913 solicitó una patente por el audión de alto vacío,

pero se enteró con sorpresa que se le había adelantado Irving Langmuir que trabajaba para General Electric.¹²

GENERAL ELECTRIC:



Fig. 333.- Irving Langmuir
(1881 – 1957)

Irving Langmuir (**Fig. 333**) era un ingeniero experto en muchas áreas (metalurgia, física y química) pero sobre todo era un científico. Langmuir trabajaba en el Laboratorio de General Electric de forma libre. Era experto en la descarga de gases y aplicó sus conocimientos para perfeccionar diversos dispositivos, como el tubo de rayos X. Tuvo su primer contacto con el audión por medio de John Stone que le entregó uno. Inmediatamente le llamó la atención y decidió desentrañar su principio físico de funcionamiento. Hacia 1913 había resuelto todos los problemas teóricos del audión.

Había demostrado matemáticamente que el audión de alto vacío era perfectamente estable, y lo más importante, se podían relacionar las características constructivas del audión con las características eléctricas que presentaba. Por primera vez se podían fabricar los audiones a medida para cumplir las necesidades. General Electric aplicó los estudios de Langmuir para fabricar el primer tríodo moderno verdadero, el Pliotron. (**Fig. 334 y 335**)

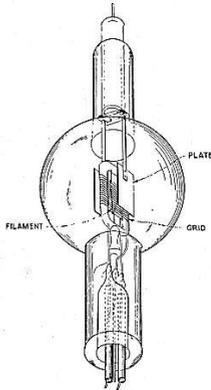


Fig. 334.- El Pliotron.

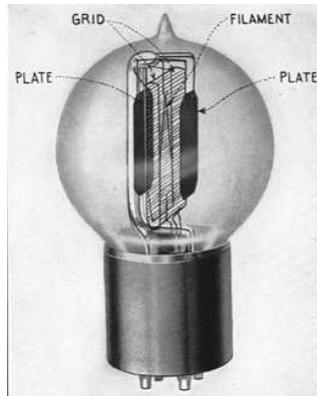


Fig. 335.- Fotografía de un Pliotron.

Este tríodo consistía en un filamento de platino cubierto de óxido metálico, y calentado con una tensión de 4 a 6 voltios. La rejilla eran varias

espiras de hilo de tungsteno sobre un marco de vidrio distribuidas uniformemente a ambos lados del filamento. Las placas eran de níquel de 12 x 25 mm situadas a ambos lados de la rejilla. Funcionaba con una tensión de placa entre 90 y 150 voltios. En la demanda legal que siguió a continuación entre Langmuir (General Electric) y Arnold (AT&T) sobre la patente del audión de alto vacío el Tribunal Supremo llegó a la conclusión que la aplicación de un alto vacío al audión era algo natural, y por tanto no patentable. La patente básica del audión era propiedad de AT&T, y posteriormente perteneció a la RCA. Durante varios años la fabricación de las válvulas amplificadoras (triodos) estuvo controlada por estas compañías y su uso vetado para todos los demás (exceptuando la pequeña cantidad de audiones de baja calidad que seguía fabricando DeForest para uso amateur y de investigación bajo las condiciones de su acuerdo con AT&T, y que fueron objeto de mercado negro. Incluso los audiones fundidos tenían un gran valor pues servían para demostrar que el propietario se dedicaba a la experimentación y podía obtener de esa forma un audión de recambio)

LA VÁLVULA LIEBEN

Robert von Lieben (**Fig. 336**) era hijo de un acaudalado comerciante de Viena y Presidente de la Bolsa. Robert no necesitaba trabajar para ganarse la vida y esto le permitió dedicarse a sus aficiones. Desde pequeño se interesó en la física y química, y su padre le facilitó que entrara a trabajar, sin salario, en el laboratorio Siemens Shuckert de Nuremberg. Al llegar a la mayoría de edad sintió la llamada del ejército y se alistó voluntario en el Regimiento



Fig. 336.- Robert von Lieben. (1878 – 1913)

Ulano. Allí sufrió un grave accidente con el caballo que le causó serias heridas. Nunca llegó a recuperarse de las heridas que acabaron siendo la causa de que falleciera a temprana edad. Declarado inútil para el servicio militar se trasladó a Gottiengen, donde acudió de forma irregular a la Universidad. Conoció a Walter Nerst, que daba clases de física en la Universidad y conservó su amistad toda su vida. Robert regresó a Viena en 1900 y montó un laboratorio en su propia casa donde pasó muchas horas. Allí experimentó mucho con las descargas eléctricas en los gases, los rayos catódicos y los rayos X. Pudo dedicarse a esto gracias a su independencia económica.

En 1904 adquirió la compañía telefónica de Ohlmuetz. Se interesó rápidamente por los problemas de la telefonía y no tardó en descubrir la enorme importancia que tendría un amplificador telefónico para la telefonía a larga distancia (se denominaban relés telefónicos y consistían en un sensible electroimán con la armadura unida a un micrófono de carbón), pero la actividad comercial no era de su agrado, así que vendió la compañía y se recluyó en casa para trabajar en un relé telefónico. Estudió los relés electro-mecánicos existentes y llegó a la conclusión que todos presentaban una barrera infranqueable: la inercia de los elementos mecánicos. El relé telefónico ideal no debía tener inercia. Lieben conocía muy bien el tubo de rayos catódicos de Braun, y gracias a sus experimentos sabía perfectamente que los rayos catódicos no presentan inercia, podían desviarse con una gran rapidez. Se decía constantemente “*Si pudiera usar un haz de rayos catódicos como armadura de un relé...*”

Lo primero que tenía que hacer era aumentar la intensidad de la corriente que circulaba por el tubo de Braun. El tubo de Braun original era de cátodo frío y se arrancaban los electrones aplicando tensiones muy altas, superiores a los 50.000 voltios. Lieben estaba al corriente de los experimentos de Wehnelt sobre el aumento de emisión de los metales calientes y empleó un

filamento para calentar el cátodo del tubo de Braun. La intensidad de la corriente aumentó espectacularmente y le permitió emplear tensiones mucho más reducidas, del orden de unos centenares de voltios. El siguiente paso era obtener un método que le permitiera convertir la desviación de los rayos catódicos en variaciones de intensidad. Lo consiguió de una forma muy ingeniosa. Enfocó los rayos dando al cátodo caliente una forma de espejo cóncavo. En el otro extremo del tubo dispuso dos tubos cilíndricos concéntricos, el exterior con una tapa que tenía un orificio en el centro. Los rayos catódicos sólo podían caer en el cilindro interior cuando pasaban a través del orificio del cilindro exterior. Desviando los rayos catódicos por medio de una bobina podía variar la cantidad de rayos catódicos que atravesaban el orificio. (**Fig. 337**)

Este tubo le permitía obtener una corriente cuya intensidad variaba según la desviación que había aplicado a los rayos catódicos. El 4 de Marzo de 1906 recibió la patente DRP 179807 por el tubo amplificador de rayos catódicos. El tubo tenía una ganancia moderada, pero carecía de la inercia que afectaba a los amplificadores electromecánicos, sin embargo presentaba un formidable problema: en una fabricación en serie era muy difícil montar el cátodo hueco con la precisión exigida. El tamaño era relativamente grande y el vacío que se podía obtener en aquella época no era lo suficiente elevado para su funcionamiento sin problemas. En el tubo original desviaba los rayos catódicos por medio de un campo magnético generado por una bobina, pero en la patente incluyó que se podían desviar los rayos catódicos con un campo magnético o electrostático. (**Fig. 338**).

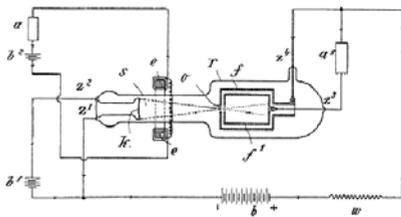


Fig. 337.- Primer tubo amplificador de rayos catódicos de Robert von Lieben. (Pat. DRP 179807)

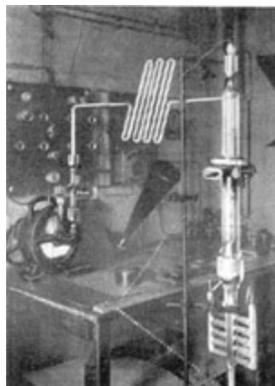


Fig. 338.- Primer tubo amplificador de rayos catódicos de von Lieben.

Lieben contrató los servicios de dos ingenieros, Eugen Reisz y Siegmund Strauss, para ayudarle a continuar las investigaciones en su laboratorio y solucionar los problemas que presentaba el tubo amplificador. Se lanzaron a investigar cómo se podía controlar la conducción de los gases a baja presión. Investigaron dos soluciones diferentes por las que recibieron el 4 de Septiembre de 1910 las patentes DRP 236716 y DRP 249142. (Fig. 339 y 340)

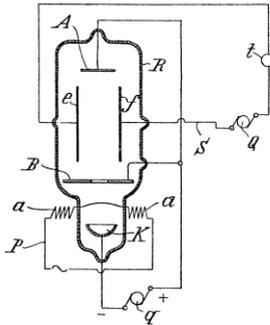


Fig. 339.- Patente DRP236716. Controla la ionización del gas interior para variar la corriente que circula entre las placas *e* y *f*.

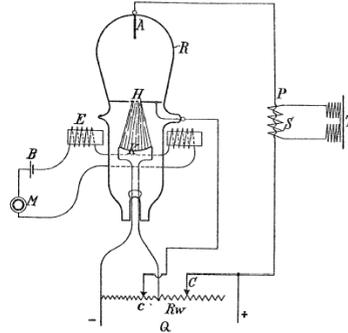


Fig. 340.- Patente DRP249142. Por medio de la bobina *E* se controla el flujo de corriente entre el cátodo y el ánodo.

La primera patente (DRP236716) describe un tubo amplificador (le llamaban *relais für undulierende Ströme* –relé para corrientes ondulantes) en el cual había dos placas verticales enfrentadas en el interior de un tubo lleno de gas a baja presión. En la parte inferior del tubo se encontraba un cátodo en forma de espejo hueco que se calentaba por medio de un filamento. Frente al cátodo se encontraba un disco con un orificio en el centro por donde tenían que pasar los rayos catódicos de camino hacia una placa en el extremo superior del tubo. Los rayos catódicos pasaban entre las dos placas verticales y al chocar con las moléculas del gas lo ionizaban. Según el grado de ionización del gas podía pasar más o menos corriente eléctrica entre las placas verticales. Desviando los rayos catódicos con una bobina se podía controlar el grado de ionización y por tanto la conducción eléctrica entre las placas verticales.

En la otra patente de 1911 (DRP249142) podemos ver una segunda solución que se acerca mucho a la forma definitiva de la válvula Lieben. En esta patente eliminó las placas laterales y el disco con el orificio colimador, y simplemente controlaba la cantidad de rayos catódicos que podían pasar del cátodo caliente a la placa, que consistía en una simple varilla vertical en la parte superior del tubo. En esta patente presentaba dos sistemas para

Lieben se eliminó del acuerdo para evitar problemas de patentes con el audión de Lee DeForest.¹³

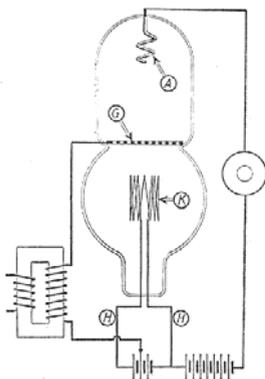


Fig. 342.- Válvula Lieben definitiva Pat. DRP 254588. El interior está lleno de vapor de mercurio a baja presión.



Fig. 343.- Válvula Lieben. Se puede apreciar en un costado el pequeño depósito de mercurio.

Este acuerdo ponía a disposición de von Lieben los laboratorios de Siemens & Halske y AEG para el desarrollo de sus invenciones y se obligaba a informar a los miembros del Consorcio de todos los experimentos hechos por él. Robert von Lieben recibiría por compensación 100.000 marcos con una opción de 20.000 marcos más, y 18 marcos por cada tubo fabricado bajo sus patentes. En Austria y Hungría subiría esta tasa a 22,5 marcos por cada tubo. También recibiría 4.000 marcos por sus trabajos en los laboratorios citados.

Siemens & Halske centró su investigación con las válvulas Lieben como amplificadores telefónicos para sustituir a los poco fiables amplificadores electromecánicos, Telefunken se centró en su uso como amplificador de radiofrecuencia. Había una diferencia fundamental entre la forma de llevar la investigación que seguían Siemens y Telefunken. En Siemens, bajo la dirección de Walter Schottky, se dedicaron más a estudiar la física que subyacía en la válvula Lieben, mientras que en Telefunken, con un laboratorio mucho menos adaptado para la investigación científica, y contando únicamente con ingenieros prácticos, se centraron más en las aplicaciones prácticas de la válvula. Los dos ingenieros que trabajaron más con el tubo Lieben en Telefunken fueron Otto von Brock, que había experimentado antes con el audión DeForest, y Alexander Meissner, este último descubrió la amplificación realimentada de la válvula Lieben y que le permitió

construir un oscilador a principios de 1913. La válvula Lieben de vapor de mercurio a baja presión era muy inestable, los mejores resultados se conseguían a una temperatura de 25 grados y para utilizarla en la práctica se incluyó un estabilizador de temperatura. (**Fig. 344**)

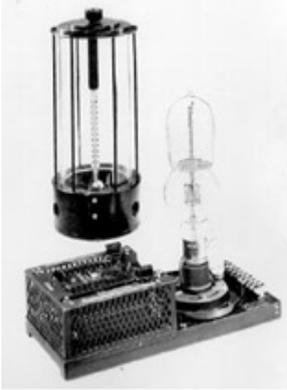


Fig. 344.- Amplificador de señal con un tubo Lieben y el estabilizador de temperatura.

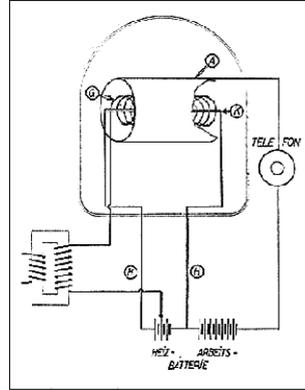


Fig. 345.- Moderno triodo.

Robert von Lieben falleció en Viena el 20 de Febrero de 1913. Otras personas se dedicaron a desarrollar su válvula. En esos momentos la válvula Lieben era un dispositivo capaz de amplificar una corriente ondulatoria sin transgredir las patentes del audión y capaz de manejar una intensidad más elevada, pero con un funcionamiento inestable que dificultaba su uso comercial. Cuando estalló la Gran Guerra no se estaba al corriente en Alemania de los avances que estaba haciendo Irving Langmuir y Harold D. Arnold con las válvulas de alto vacío y prosiguieron independientemente sus investigaciones experimentando con diferentes gases (aparte del vapor de mercurio también dieron buenos resultados el nitrógeno y el helio). Un ingeniero de Telefunken observó en sus experimentos que al aumentar el vacío se estabilizaban las características de la válvula a cambio de obtener una ganancia más reducida y elevar la tensión de placa. Además se hicieron dos importantes modificaciones: el disco de aluminio perforado que controlaba el flujo de electrones se sustituyó por una espiral rodeando al filamento, y se sustituyó la varilla por un cilindro que rodeaba al conjunto rejilla-filamento (**Fig. 345**). Durante bastante tiempo convivieron los dos tipos de válvulas, de alto vacío –o válvulas duras, de menor coeficiente de amplificación pero más estables – y válvulas de bajo vacío – o válvulas blandas. AEG continuó sus investigaciones con las válvulas de gas para los circuitos telefónicos de baja frecuencia, mientras que Siemens y Telefunken

prosiguieron las investigaciones con las válvulas de alto vacío. A partir del momento en que la válvula Lieben se convierte en un dispositivo de alto vacío y pasa a controlar el flujo de los electrones entre un filamento o cátodo caliente y una placa fría por medio de una rejilla que rodea el filamento no puede hablarse de un audión DeForest y una válvula Lieben diferentes. Se trata del mismo dispositivo al que se ha llegado por dos caminos diferentes. Tal vez la válvula Lieben sea la que ha sufrido más modificaciones en su forma original a lo largo de este camino. Este hecho y que durante la I Guerra Mundial se convirtieran los EE.UU. en uno de los principales suministradores de los aliados de la válvula de alto vacío fabricada masivamente por General Electric y Westinghouse, la publicación a nivel mundial de los trabajos de Irving Langmuir que explicaban todos los aspectos de los triodos que todavía permanecían oscuros, más el pleito que estableció Marconi contra DeForest por plagio de la patente del diodo Fleming estableció la “tradicción académica” de que el triodo y todas las válvulas amplificadoras de alto vacío procedían del audión DeForest, que a su vez provenía de la válvula Fleming. Otro punto muy importante para este “olvido” fue que Robert von Lieben fuera de ascendencia judía. En 1927 se le rindió un homenaje en su ciudad natal, Viena, donde se pronunciaron discursos y se descubrió una placa conmemorativa en la casa donde había nacido. Con la llegada al poder de Hitler y el partido Nazi en 1933 y la anexión de Austria (*Anchluss*) se trató de borrar toda la memoria judía, se retiró la placa de la pared (hoy está perdida) y se borraron todas las referencias a sus trabajos. (Fig. 346)

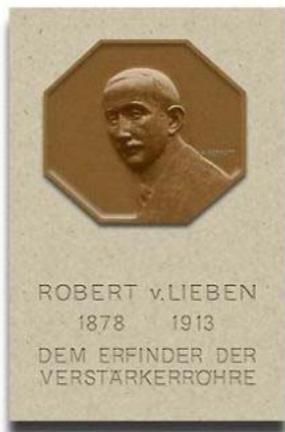


Fig. 346.-

Placa conmemorativa que estaba en la casa natal de von Lieben. Desapareció en 1938 durante el gobierno Nazi

Dice:

Robert von Lieben
1878 – 1913.
El inventor del
tubo amplificador

OTROS INVESTIGADORES

Es interesante mencionar los trabajos de Walter Schottky con el triodo durante la I Guerra Mundial. (Fig. 347) Schottky entró a trabajar en el Laboratorio de Siemens en 1914 y donde permaneció hasta 1919. Mientras



Fig. 347.- Walter Schottky
1886 - 1976

estaba en el Laboratorio recibió el encargo de los militares para que desarrollara una válvula que pudiera trabajar con una tensión de placa relativamente baja y que permitiera construir receptores portátiles alimentados con baterías para las trincheras. Schottky desarrolló la teoría de la carga espacial, una nube de electrones que se sitúan entre el cátodo y la rejilla que forman realmente una barrera de carga negativa que exige emplear unas tensiones altas de placa para que los electrones puedan atravesar esta barrera. Schottky razonó que si se interponía una rejilla de malla ancha entre el filamento y la rejilla de control y se aplicaba una tensión positiva de 4 a 5 voltios a esta rejilla

auxiliar se reduciría esta nube de electrones y permitiría emplear una tensión de placa mucho más reducida, bastaría con 10 a 15 voltios. En 1915 presentó el tubo de dos rejillas, o bigrilla. Este tubo permitía emplear una tensión de placa bastante baja, pero no tuvo una gran aceptación por diversos problemas, principalmente de estabilidad.¹⁴ Podemos ver que no se trata del tubo tetrodo con rejilla pantalla, como se suele indicar con demasiada frecuencia, sino de otro tubo también con dos rejillas pero bajo un principio de funcionamiento completamente diferente. Esta misma válvula bigrilla la encontramos en 1925 en un receptor a reacción que funcionaba únicamente con tres pilas de 4,5 voltios, 4,5 para el caldeo y 9 voltios para la tensión de placa. Poco después se dejó de fabricar y utilizar la válvula bigrilla. El tetrodo con rejilla pantalla, tal como lo conocemos, apareció en 1924 inventado por Albert W. Hull, del Laboratorio General Electric como un subproducto de la investigación sobre el ruido en los receptores superheterodinos. Para esta investigación, según narró el propio Hull, precisaban de un amplificador de RF con un factor de ganancia de al menos 100.000 y los mejores amplificadores de triodos sólo permitían un factor de 200. Hull sabía que esta limitación se debía a la realimentación ocasionada por la capacidad parásita entre la rejilla y la placa. Cuando se superaba un cierto factor de amplificación el amplificador se convertía en un oscilador. Varios laboratorios habían dedicado muchos esfuerzos en la construcción de triodos especiales con bajas capacidades. Hull razonó que si insertaba una rejilla auxiliar entre la placa y la rejilla se podía reducir la capacidad parásita a un

valor prácticamente nulo permitiendo grandes factores de ganancia con una sola válvula. Al año siguiente Tellegen, ingeniero de Philips, presentó el pentodo cuya rejilla supresora solucionaba el problema de la emisión secundaria del tetrodo. Esta historia viene apoyada por la importancia del circuito neutrodino de Hazeltine de 1923 y que permitió la aparición de receptores de radiodifusión comerciales con amplificación de RF sin la presencia de las molestas inestabilidades causadas por la realimentación. La aparición del tetrodo con rejilla pantalla convirtió en obsoleto al circuito neutrodino. Hacia 1926 apenas se empleaban los triodos como amplificador de RF sintonizado y el circuito neutralizado de Hazeltine era un recuerdo del pasado.¹⁵

Compañía Marconi:

La compañía Marconi era la propietaria de la patente del diodo Fleming, e ignoró por completo al audión, lo consideraba un extraño detector. En sus estaciones empleaba los amplificadores electromecánicos Brown conectando dos o incluso tres en serie. Robert von Lieben dio a conocer en Julio de 1911 su válvula amplificadora, y en Febrero de 1912 se creaba el Consorcio Lieben. En esas fechas la Compañía Marconi se encontraba enfrentada con Telefunken en un pleito de patentes que acabó con la retirada de los cargos



Fig. 348.- Henry Round
(1881 – 1966)

por parte de Telefunken a finales de 1912 y la firma de las paces. En Marzo de 1913 se firmó un contrato de intercambio de patentes entre Marconi y Telefunken. Esto permitía que Marconi pudiera disponer de la válvula Lieben para un desarrollo conjunto con Telefunken. Inmediatamente se ponían manos a la obra Henry Round y Charles Franklin, dos brillantes ingenieros de Marconi, especialmente el primero. H Round había estado algún tiempo en los EE.UU. y conocía el audión DeForest, pero parece ser que no se había tomado demasiado interés en él. (**Fig. 348**)

La I Guerra Mundial acabó con el contrato recíproco entre Marconi y Telefunken, pero mientras estuvo vigente H. Round desarrolló un curioso tubo de gas con un apéndice en la parte superior donde se había dispuesto un trozo de asbesto. A medida que variaba la temperatura del tubo el asbesto absorbía o soltaba gas proporcionando cierta estabilidad. (**Fig. 349**) En caso necesario se podía recurrir a calentar con una pequeña llama el apéndice del asbesto. Este tubo presentaba una gran amplificación. Un amplificador con un tubo Round equivalía a un amplificador con tres tubos de alto vacío en serie. Sin embargo, los

progresos de la electrónica hicieron que el tubo de gas desapareciera al final de la Gran Guerra. Sólo quedó la válvula de gas en forma de rectificador de vapor de mercurio para altas intensidades, como estabilizador de tensión (los veteranos recordarán la OB2), en forma de tiratrón como rectificador controlado o de memoria en las primeras calculadoras electrónicas.



Fig. 349.- Válvula Round. Puede verse el apéndice superior con un trozo de asbesto.

La filial americana de Marconi se enteró prácticamente al mismo tiempo de las propiedades amplificadoras del audión y tuvo algunas noticias de la válvula Lieben. Como hemos visto antes, DeForest había vendido en 1913 la patente del audión a AT&T para uso exclusivo en las líneas telefónicas. American Marconi hizo algunas pruebas iniciales con el audión pero se mostró conservadora y decidió seguir con el amplificador Brown. Más tarde pagaría caro esta decisión. En 1914 Edwin H. Armstrong

presentó su famoso receptor regenerativo e hizo una demostración ante los representantes de la Compañía American Marconi (entre ellos se encontraban David Sarnoff, John Carty y Roy Weagant)¹⁶ Los sorprendentes resultados que consiguió les convencieron plenamente, pero apareció una complicación. Western Electric, la compañía propietaria de AT&T, había adquirido en exclusiva los derechos del audión. Como hemos podido ver en la sección del audión, DeForest se había reservado una pequeña fabricación exclusivamente para uso amateur. American Marconi podía hacer pruebas con el audión pero no podía usarlo profesionalmente, tampoco podía usar la válvula Lieben ya que su patente chocaba con el audión DeForest y no se habían incluido a los EE.UU. en la cobertura de patentes del Consorcio Lieben. American Marconi tenía que seguir recurriendo a los amplificadores electro-mecánicos Brown.



Fig. 350.- Roy A. Weagant (1881 - 1942)

American Marconi estudió detalladamente las patentes del audión y del detector Fleming y avanzó en dos direcciones: 1.- entablar un pleito contra DeForest por plagio de la patente del diodo Fleming y 2.- diseñar un tubo amplificador que pudiera eludir la patente del audión

El ingeniero Roy A. Weagant (**Fig. 350**) diseñó un tubo de vacío amplificador que estaba protegido por la patente de Fleming. Su tubo amplificador se basaba en la acción electrostática que ejercía un cilindro o alambre arrollado en espiral en el exterior del tubo sobre los electrones que circulaban entre el filamento y la placa. (**Fig. 351**) La válvula funcionaba como si dispusiera de una rejilla interna y aunque presentaba numerosos problemas sirvió durante algún tiempo. De hecho se trataba de un diodo Fleming con un filamento y placa que permitía amplificar una señal gracias una rejilla externa. La Compañía Marconi podía disponer de esta forma de un amplificador electrónico sin transgredir la patente del audión. Este tubo amplificador demostró ser muy poco práctico y no tardó Weagant en diseñar otro tubo amplificador con una rejilla entre el filamento y la placa sin conexión exterior. Para eludir la patente del audión controlaba la rejilla electrostáticamente. Por esta razón la rejilla estaba conectada a un cilindro metálico en el interior del tubo de vidrio, y paralelamente en el exterior del tubo había otro cilindro. (**Fig. 352 y 353**) Weagant llamó a esta válvula tubo de cuatro elementos, que en algunos medios se cita hoy día como antecesor del tetrodo. Podemos ver que se trata en realidad de un triodo con la rejilla acoplada por medio del condensador que formaban los dos cilindros metálicos y de dieléctrico actuaba el vidrio de la ampolla. (Inexplicablemente un ingeniero de Telefunken volvió a usar el mismo principio en 1930 en su receptor Arcotrón que nunca funcionó satisfactoriamente y demostró ser una decisión errónea) En 1916 se dictó sentencia final del juicio entre Fleming y DeForest que resultó ser una sentencia salomónica. El juez Mayer sentenció que la patente de la válvula de Fleming sólo cubría el uso de la lámpara de efecto Edison como detector de corrientes alternas de alta frecuencia, pero al mismo tiempo reconocía que la rejilla y la placa del audión podían usarse como la placa de la válvula Fleming. Ambas partes se retiraron satisfechas y las cosas siguieron igual.¹⁷

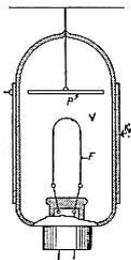


Fig. 351.- Válvula Weagant de control externo.

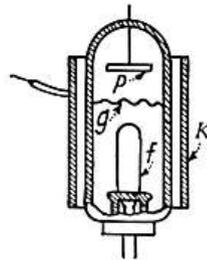


Fig. 352.- Válvula Weagant de cuatro elementos.

P = Placa, f = filamento, g = rejilla interior, K = anillo exterior

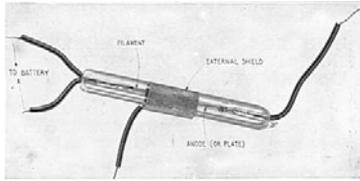


Fig. 353.- Válvula Weagant de control externo.

La entrada de los EE.UU. en la I Guerra Mundial hizo que el Gobierno de los EE.UU. requisara todas las estaciones de radio, además publicó un edicto autorizando a que otras compañías fabricaran los triodos para cubrir las necesidades de guerra y también autorizó su uso en todas las estaciones de radio bajo control militar. Al finalizar la guerra se creó la RCA, una corporación de varias compañías, entre ellas AT&T, que adquirió a la Compañía American Marconi y se convirtió en la principal compañía de comunicaciones en los EE.UU.¹⁸

Válvula Desmontable Holweck

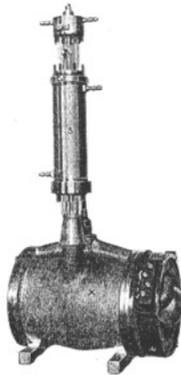


Fig. 354.- Válvula desmontable Holweck.

La parte superior es el triodo de potencia del tipo de refrigeración por agua. El cilindro inferior es la bomba de vacío que extraía el aire continuamente.

No podemos cerrar este trabajo sin hacer una referencia a un tipo especial de válvula poco conocido, se trata de la válvula desmontable. (**Fig. 354**)

A finales de los años veinte comenzaron a aparecer válvulas especiales de alta potencia para la transmisión. Estas válvulas tenían un precio muy elevado y funcionaban continuamente en unas condiciones de trabajo de gran exigencia. No es de extrañar que su duración de vida fuera más bien escasa. Si se pudiera desmontar fácilmente la válvula para permitir su reparación (normalmente la sustitución del filamento agotado) se obtendría una gran economía. El problema estaba en disponer de un sistema sencillo para obtener el alto vacío exigido y que fuera de fácil manejo para el personal de mantenimiento de las estaciones de radio. El profesor Fernand Holweck del Instituto de Radio de

Francia solucionó el problema al diseñar una bomba rotativa de alto vacío de

bajo coste y fácil uso. Para evitar las pérdidas de estanqueidad situó una bomba directamente debajo de cada válvula. Esta bomba se mantenía constantemente en marcha mientras la válvula estaba en funcionamiento, de esta forma extraía continuamente el aire que podía filtrarse por las juntas. Estas juntas eran al principio de un caucho especial, pero con el tiempo se emplearon otros materiales, como una mezcla de betún, arcilla y grasa. En 1923 se probó la primera válvula desmontable en el transmisor de la Torre Eiffel. Tras observar su buen funcionamiento se fabricaron inmediatamente válvulas desmontables de hasta 150 kW de potencia.

El Dynatrón y el Pliodynatrón

Estas dos válvulas especiales fueron inventadas por Albert W. Hull en 1918 (**Fig. 355**) y se aprovechaban de la emisión de electrones por la placa (llamada emisión secundaria) ocasionado por el choque de los electrones procedentes del cátodo. El dynatrón tenía una placa anular situada entre el cátodo y la placa. Esta placa anular se mantenía a una tensión positiva más elevada que la placa principal de la válvula para atraer a los electrones secundarios emitidos por la placa principal. El dynatrón presentaba una resistencia negativa para un amplio margen de tensiones de placa y se podía emplear como oscilador o amplificador. El pliodynatrón era simplemente un dynatrón al que se le había añadido una rejilla de control similar a un triodo. (**Fig. 356** Esta rejilla servía para modular al pliodynatrón cuando se empleaba como oscilador. Aunque también se podía emplear como amplificador de alta ganancia resultaba muy inestable y de un ajuste muy delicado. Ambas válvulas tuvieron un uso muy limitado y prácticamente no salieron del laboratorio.



Fig. 355.- Albert W. Hull. (1880 – 1966)

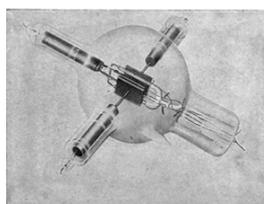
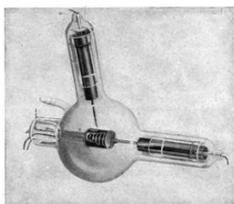
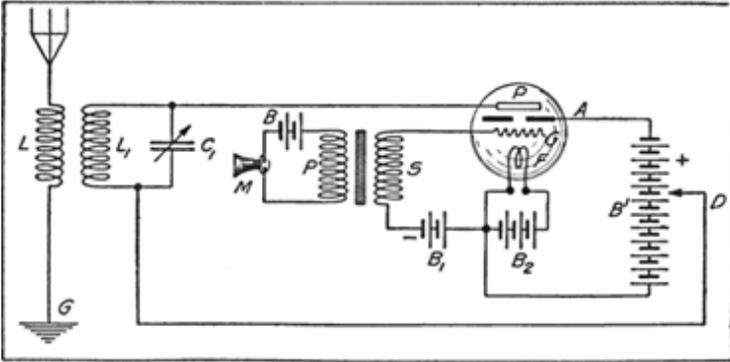


Fig. 356.- El dynatron (izda) y el pliodynatron (dcha)



Transmisor radiotelefónico General Electric con un pliodynatron.

LAS ESTACIONES MARCONI EN ONDA CORTA

La primera cadena comercial de estaciones en onda corta eran estaciones técnicamente muy avanzadas para su tiempo y causaron una revolución en las comunicaciones.

ANTECEDENTES: LA CADENA IMPERIAL EN ONDA LARGA

En 1910 la Compañía Marconi solicitó al Gobierno Británico la autorización para construir una cadena de estaciones de radio de 500 a 1.000 kW de potencia en onda larga para las colonias británicas de Canadá, la India, Sudáfrica, Australia y el Lejano Oriente. El Gobierno mostró un gran interés, pero el temor a un monopolio controlado por una compañía privada retrasó la autorización. Después de muchas dudas firmó un contrato con la Compañía Marconi para construir la Cadena Imperial en nombre del Gobierno, pero un escándalo de corrupción que estalló en el Gobierno Británico paralizó su construcción hasta finales de 1913. El estallido de la I Guerra Mundial en Agosto de 1914 volvió a paralizar todas las obras y se dedicaron todos los recursos para la guerra. Al acabar la guerra se firmó en 1922 un nuevo contrato para proseguir su construcción. Cuando se ultimaban los preparativos y los diseños estaban muy avanzados Marconi detuvo todos los trabajos. ¿Qué había pasado?

EL EXTRAÑO COMPORTAMIENTO DE LA ONDA CORTA

Durante la I Guerra Mundial Marconi y su ayudante Charles Franklin hicieron algunos experimentos en la banda de 2 a 3 m con un transmisor de chispa, un receptor de una válvula y reflectores parabólicos. Buscaban un sistema de comunicación para distancias cortas imposible de interceptar por el enemigo. En estos experimentos Franklin construyó en Carnarvon (Gales) un transmisor con una válvula que ponía aproximadamente 50 vatios en antena en la banda de 15 m. Las emisiones de este transmisor se recibían a algo más de 100 Km., pero se observaron algunos fenómenos inexplicables en aquel tiempo.

Al acabar la guerra se volvió a autorizar la radioafición, los radioaficionados salieron al aire con los grandes avances tecnológicos que se habían hecho durante la guerra y obtuvieron algunos resultados sorprendentes en las bandas de 100 – 200 m. Pero la opinión que prevalecía entre los expertos con respecto a la onda corta era:

- 1) El alcance diurno es variable y corto.

- 2) El alcance nocturno es muy variable y caprichoso, en conjunto muy poco fiable para su uso comercial.
- 3) Cuando han de atravesar grandes extensiones de tierra se reduce en gran medida la distancia de comunicación

Marconi todavía recordaba los extraños resultados de sus experimentos en la banda de 15 m y decidió explorar en detalle el comportamiento de la onda corta. Su intención era encontrar alguna regularidad que permitiera un uso comercial. Convirtió a su estación de Poldhu en un laboratorio de experimentación y pidió a Charles Franklin que construyera un transmisor de 12 kW a válvulas para la banda de 97 m. Marconi navegó con el yate *Elettra* por el Mediterráneo, subió el Guadalquivir hasta Sevilla, y después por el Atlántico hasta las Islas Cabo Verde (frente a Senegal). Todas las noches recibía con fuertes señales las emisiones de Poldhu. En Cabo Verde telegrafió a Franklin para que redujera la potencia del transmisor a 1 kW y aún así seguía recibiendo sus señales con más fuerza que la estación de alta potencia de Carnarvon (250 kW) en onda larga. Marconi se había encontrado con unos resultados que sobrepasaban incluso a sus expectativas más optimistas. En esos momentos la Compañía Marconi estaba firmando el contrato para construir la Cadena Imperial. Marconi regresó a tiempo de detener todo el proyecto y afirmar que las estaciones de onda larga y alta potencia se habían quedado obsoletas incluso antes de abandonar la mesa de dibujo. Ordenó a Franklin y Mathieu que desarrollaran en el laboratorio de Poldhu las antenas, transmisores, receptores y todo lo necesario para poner en marcha las estaciones en onda corta y solicitó modificar el contrato para construir la Cadena Imperial en onda corta. El Gobierno Británico no acababa de ver claro el cambio a la onda corta y el nuevo contrato que se firmó el 2 de Julio de 1924 incluyó unas cláusulas muy exigentes, leoninas e imposibles de cumplir incluso para las estaciones de onda larga más potentes. En algunos círculos se acusó a Marconi de hipotecar el futuro de la Compañía con esta arriesgada decisión, pero el tiempo se encargó de demostrar que tenía razón.

LAS ESTACIONES DE ONDA CORTA

Si alguien ha pensado que las primeras estaciones comerciales de onda corta usaban tecnología heredada de las estaciones de onda larga, transmisores de válvulas en configuración autooscilante, antenas de hilo largo y receptores regenerativos, está completamente equivocado. Nada más lejos de la realidad. Para tratarse de un diseño desarrollado en poco más de un año de experimentación estas estaciones eran sorprendentemente modernas y de características muy avanzadas, que con pequeños cambios prestaron servicio hasta los años 70. Estaban preparadas para transmitir en CW (Morse) de alta velocidad con una potencia de salida de 12 kW y en una o dos frecuencias

según se pretendiera dar servicio parcial o continuo de 24 horas (una frecuencia diurna y otra nocturna).

ANTENAS

Las antenas de estas estaciones eran “cortinas” altamente direccionales formadas por numerosos hilos verticales. Cada hilo era una antena colineal vertical, y se alimentaban cada uno por separado con la fase adecuada para concentrar su energía en un haz perpendicular al plano de la “cortina” y de sólo 10 a 12 grados de apertura. Además había otra red de hilos detrás que actuaba como reflector. La cortina se sujetaba con dos torres en forma de T, con una altura de 87 m y separadas entre sí por 198 m. El brazo superior de la T tenía una longitud de 27 m. Los extremos de los brazos superiores de las torres estaban unidos por cables (catenarias). Del cable frontal colgaba la cortina de los hilos radiantes, y del posterior colgaban los hilos del reflector. Todo ello se mantenía tensado con un sistema de palancas y contrapesos para obtener una tensión constante e independiente de las variaciones causadas por la temperatura y el viento. Cada estación disponía de varias torres que sujetaban diferentes antenas ajustadas a diferentes frecuencias o direcciones. (Fig. 357)



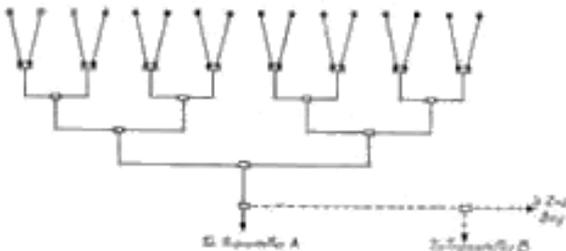
Fig. 357.- Estación Bodmin. La estación transmisora de Bodmin transmitía para Canadá y Sudáfrica. Se localizaba a escasos Km. de la estación histórica de Poldhu.

El sistema de alimentación era notable. El cable alimentador eran dos tubos de cobre concéntricos (coaxial). El tubo interior se mantenía aislado en el centro del tubo exterior por medio de anillos de porcelana. El tubo exterior se apoyaba en soportes de hierro clavados al suelo que lo mantenían

a una altura de 50 cm y conectado a tierra. Todo él estaba herméticamente cerrado con aire a cierta presión para impedir la entrada de humedad e insectos, además había tramos de cierta flexibilidad para permitir la contracción y expansión debidas a las variaciones de temperatura. Para asegurar el enfasado correcto la longitud del coaxial, desde la salida del transmisor a cada uno de los hilos de la antena, debía ser exactamente la misma. Esto se conseguía dividiendo y subdividiendo el coaxial en cajas de empalme hasta acabar en un ramal por cada dos hilos de antena. En el interior de cada caja de empalme había un transformador especial de relación 1:2 y un trozo de tubo coaxial (stub) cortado a la medida adecuada para mantener el equilibrio en todo el sistema. La conexión entre el coaxial y los dos hilos correspondientes de antena se hacía por medio de un acoplador encerrado en una caja hermética. (Fig. 358)



Fig. 358.- Alimentador de una estación Marconi. A la derecha una caja de empalmes y a la izquierda una caja de acoplamiento alimentan a los hilos de la antena.



Esquema del conexionado de las antenas

TRANSMISOR

El transmisor estaba diseñado para trabajar de 15 a 40 metros. Consistía en tres paneles: Oscilador Maestro con excitador, Modulador y Amplificador de potencia. (Fig. 359)

El Oscilador Maestro era una válvula alimentada a 2.000 voltios. Se encontraba en la parte inferior del panel y encerrado en una caja apantallada. El excitador eran dos válvulas en paralelo con una tensión de placa de 6.000 voltios. La modulación se obtenía variando la tensión de 6.000 voltios con el panel Modulador, también denominado Unidad de Absorción. Para evitar variaciones en la frecuencia todos los filamentos se encendían con baterías. Entre las modificaciones más importantes que se hicieron con el paso de los años está el control del oscilador por cristal de cuarzo. (Fig. 360)



Fig. 359.- Transmisor Bodmin. Se pueden observar los cuatro paneles que formaban el transmisor de 12 kW.

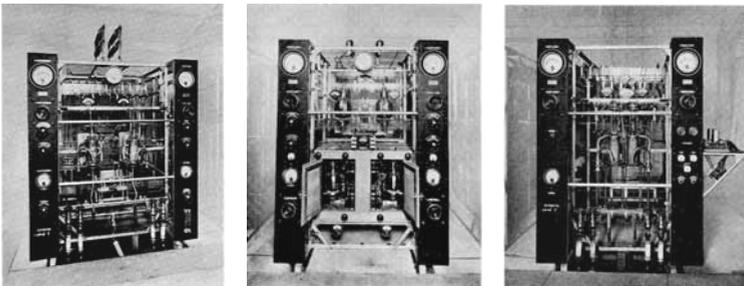


Fig. 360.- (Izquierda) Amplificador de Potencia. (Centro) Oscilador Maestro. (Derecha) Unidad de Absorción.

El amplificador de potencia consistía en dos triodos Marconi CAT2 refrigerados por aceite, además se dirigía un chorro de aire a sus patillas para ayudar a su refrigeración. El filamento se encendía a 20 voltios y consumía 50 A. La tensión de placa era de 10.000 voltios y la tensión negativa de polarización de rejilla era 400 voltios. Proporcionaba una potencia de salida de 12 kW.

La unidad de absorción empleaba dos válvulas CAM2. Las placas se conectaban por medio de resistencias a las placas del excitador. En los periodos de reposo (no transmisión) las rejillas de las válvulas de absorción se mantenían a un potencial de 0 voltios (o cercano a 0 voltios), las válvulas de absorción conducían y se producía una caída de la tensión de 6.000 voltios que se disipaba en las resistencias. En los periodos de transmisión se llevaban las rejillas a una tensión negativa de 700 voltios, las válvulas no conducían y al amplificador de excitación le llegaba toda la tensión de 6.000 voltios.

El rectificador de alta tensión estaba situado en una caseta cercana. Era un banco de doce válvulas rectificadoras refrigeradas por aire. Dos válvulas en otro panel rectificaban la tensión de 2.000 voltios para el Oscilador Maestro. La energía provenía originalmente de un generador a motor de 150/200 HP. Más tarde se tomó de la red pública, pero se siguió conservando el generador para situaciones de emergencia. (Fig. 361)



Fig. 361.- Paneles rectificadores de la estación de Dorchester y generadores de potencia principales.

RECEPTOR

El receptor de estas estaciones era muy avanzado para aquella época. Se trataba de un superheterodino de doble conversión, la primera FI de 187 kHz

y la segunda FI de 30 kHz, con una anchura de banda de 1.000 Hz y que usaba nada menos que 21 válvulas (**Fig. 362**). Podía recibir cualquier señal entre 12 y 60 metros y estaba dividido en dos bandas, la primera de 12 a 30 metros y la segunda de 26 a 60 metros. Todos los mezcladores eran balanceados y todas las etapas amplificadoras trabajaban en contrafase (es el tipo de amplificador que presenta la menor cifra de ruido y menores interferencias por intermodulación). El primer amplificador de FI (187 kHz) tenía dos etapas, y el segundo amplificador de FI (30 kHz) tenía tres etapas. Disponía de una etapa limitadora antes del detector para mejorar la recepción en CW. Estaba montado en diez unidades apantalladas independientes y montadas en un estante vertical de hierro, con los mandos de ajuste en el frontal y las conexiones por detrás. Se podía conectar un auricular en las diversas etapas del receptor para comprobar su funcionamiento, incluía un generador de 1.200 Hz para facilitar su ajuste. Tenía también una unidad de control para estabilizar la tensión de placa y filamentos, además incluía un comprobador de válvulas para verificar rápidamente el estado de cualquier válvula sospechosa.

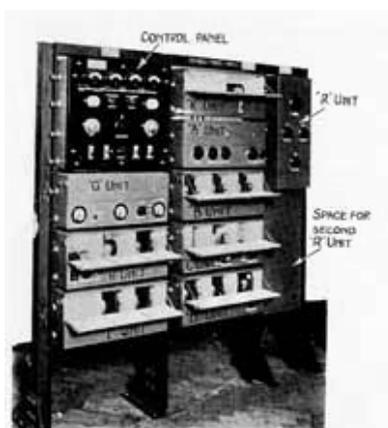


Fig. 362.- Receptor. El receptor era un superheterodino de doble conversión, formado por diez unidades independientes y usaba un total de 21 válvulas

El receptor disponía de una unidad especial para conectar un registrador Morse. La tensión de filamento de las válvulas era 2,5 V con un consumo total de 8,9 A. La alta tensión eran 120 voltios excepto la unidad de salida que se alimentaba a 200 voltios. Todas las tensiones se obtenían de acumuladores para evitar ruidos y fluctuaciones.

VÁLVULAS. La siguiente tabla indica el número tipo y características eléctricas de las válvulas del receptor.

Unidad	Usada para	Nº	Tipo	Filamento		Tensión ánodo
				A	V	
A	Amplificar	2	LS5D			
A	1º Heterodino	1	DE3			
B	1ª Etapa Filtrado	6	DEH622			
C	1º Rectificador	2	DEL622			110
C	2º Heterodino	1	DE5			
D	2ª Etapa Filtrado	6	DEH622	8,81	2,5	
I	2ª Etapa Filtrado	4	DEH622			
H	2º Rectificador	2	DEH622			60
H	2º Punto de Escucha	1	DEH622			120
G	Escucha	1	LS5H			120
G	Grabación	2	LS5			200
K	Modulador	1	DE2			120

CONCLUSIÓN

Estas estaciones superaron sobradamente todas las duras exigencias que había impuesto el Gobierno Británico y en apenas siete días de uso continuo demostraron claramente que la onda larga se había quedado obsoleta. Se pudo mantener por primera vez la comunicación directa por radio entre Inglaterra y Australia durante 23 de las 24 horas del día. Las enormes ventajas que presentaron sobre las estaciones de onda larga se pueden resumir en:

1. El capital necesario para montar y mantener una estación era considerablemente inferior.
2. Estas estaciones funcionaban con un consumo eléctrico mucho menor. Una estación de 10 kW en onda corta equivalía a una estación de onda larga de 1.000 kW.
3. Podían transmitir las señales de Morse a una velocidad considerablemente mayor que las estaciones de onda larga. El límite de velocidad en las estaciones de onda corta residía en la velocidad máxima de los instrumentos automáticos de Morse, unas 400 palabras por minuto.
4. Se podía trabajar con antenas altamente directivas de tamaño razonable que reducían en gran medida las interferencias, la verdadera plaga de las estaciones de onda larga.

Estas estaciones fueron la sentencia de muerte de las grandes estaciones de alta potencia en onda larga, con sus enormes antenas y su voraz consumo de energía; también fueron el primer competidor serio del cable submarino, a los seis meses de abrirse al público ya se habían apoderado del 50% del

tráfico del cable. Esta situación alarmó al Gobierno, que para impedir la desaparición de los cables submarinos estableció un subsidio e impuso limitaciones a las estaciones de radio. En 1939, y por razones que todavía no están muy claras, todas las Estaciones Imperiales de onda corta de Inglaterra se concentraron en Dorchester (centro transmisor) y Somerton (centro receptor). Tal vez pesó mucho la inminencia de la II Guerra Mundial y las posibles interferencias a la cadena de estaciones secretas de radar en construcción que jugaron un papel decisivo durante la II Guerra Mundial.

A mediados de los años 60 se modernizaron, se sustituyeron las antenas de cortina por antenas Log Periodic y se instalaron equipos nuevos, los originales se convirtieron en equipos de reserva. La aparición de los satélites en los años 70 convirtió en obsoletas a las estaciones comerciales en onda corta, como habían hecho ellas en los años 20 con las estaciones de onda larga. La última estación (Dorchester) cerró en Abril de 1978.

A pesar de la importancia en el desarrollo y en la historia de las comunicaciones, estas estaciones no son muy conocidas. El Museo de la Escuela de Tetney (que tiene la estación amateur GX0PHA) dispone de algunos datos históricos muy interesantes. Los datos técnicos se han obtenido del libro “*Radio Ciencia*” de Agustín Riu, editado en 1930 y del manual “*The Marconi Short Wave Beam System*” publicado en 1928 por la Compañía Marconi.

NOTAS

- ¹ Carta de Fleming a Marconi fechada el 30 de Noviembre de 1904. Se guarda en los Archivos de la compañía *Marconi plc*.
- ² Entrevista a Lloyd Espenchied con fecha 2 de Junio de 1973. IEEE Historic Center. En esta se refiere a DeForest con estos términos: *No, no era ingeniero. Toda su vida fue un hombre de mundo. Fue un mediocre que tropezó felizmente con el dispositivo de tres elementos. Un mediocre con suerte. Pero era perseverante; se mantuvo aferrándose a todas las patentes y aplicaciones sin saber lo que estaba haciendo...*
- ³ *Fools and Their Money* de Frank Fayant, artículo publicado en *Success Magazine*, Enero de 1907
- ⁴ Estos experimentos aparecieron publicados en la revista *Electrical World and Engineer* del 12 de Abril de 1902 pag. 652 – 653 en un artículo escrito por Lee DeForest.
- ⁵ El propio Lee DeForest narró esta serie de experimentos en un artículo publicado en el *Scientific American* del 30 de Noviembre de 1907. págs. 348 - 350.
- ⁶ Estos hechos aparecen narrados en la obra *History of Radio to 1926* de Gleason Archer
- ⁷ Lloyd Espenchied narra en una entrevista para el IEEE Historic Center: *Mientras tanto, en 1911 Fritz Lowestein, aquí en Nueva York, había convertido a un audión DeForest en un amplificador antes que DeForest...*
- ⁸ Fueron precisamente estos aullidos que DeForest incluyó en su patente del audión amplificador los que le permitieron ganar el famoso proceso contra Armstrong por la regeneración o audión oscilador
- ⁹ Estos consejos se publicaron en la revista *QST* de Marzo de 1916 pags. 41-44, artículo de A. B. Coole, director de ventas de la compañía DeForest Radio Tel. & Tel
- ¹⁰ Estos hechos aparecen narrados en la obra *History of Communications-Electronics in the United States Navy* de Linwood S. Howeth. Cap. XVII
- ¹¹ El dispositivo amplificador de Arnold se basaba en desviar magnéticamente un haz de iones de mercurio creados mediante un arco voltaico que saltaba entre un ánodo metálico y un cátodo de mercurio. Este haz de iones de mercurio influía sobre un segundo circuito magnético del que se tomaba la señal de salida amplificada.
- ¹² Esta historia se puede encontrar en dos fuentes diferentes, en una entrevista a Lloyd Espenchied con fecha 2 de Junio de 1973. IEEE Historic Center; y en la obra *History of Communications-Electronics in the United States Navy* de Linwood S. Howeth. Cap. XVII.
- ¹³ Se conserva el documento original de creación del *Consortium Lieben*. En él se encuentra tachado el punto relativo a los EE.UU. con la anotación *Amerika gestrichen R. v. Lieben* (Anulada América, Robert von Lieben)

- ¹⁴ En la obra *Radio Ciencia* de Agustín Riu se explica el funcionamiento de la válvula bigrilla de Walter Schottky y se compara con el tetrodo para aclarar que no se trata de la misma válvula.
- ¹⁵ En la entrevista a Harold Wheeler de fecha 29 de Junio de 1991, IEEE Historic Center, se narra la historia de la invención del circuito neutralizado: *Me dije que si insertaba en la placa de un tubo de vacío un transformador inversor, podría acoplarlo por medio de un condensador que simulara la capacidad rejilla placa de forma inversa y estabilizaría el amplificador. Esto era tan sencillo que el tribunal podía decir que no era una invención. Era obvio. La mayor parte de las invenciones son obvias, una vez que se ha establecido de la forma correcta el problema... La invención de la neutralización de Hazeltine es un perfecto ejemplo; estuvo muy activa durante unos cinco años, y luego apareció el tubo de rejilla pantalla que eliminó el problema.*
- ¹⁶ Lloyd Espenchied narra esta escena en una entrevista para el IEEE Historic Center: *A comienzos de 1914, hubo rumores sobre un joven estudiante de Columbia que recibía señales a través del Atlántico. En aquel tiempo era algo insólito. Se trataba de Armstrong. Descubrí eso y escribí una nota sugiriendo que se investigara. Mientras tanto Pupin había hablado con (John J.) Carty, y lo siguiente que supe es que se nos había invitado a presenciar la recepción con Armstrong a esas distancias nunca oídas. Se me eligió a mí porque yo era un operador y podía identificar esas señales. Era cierto, eran estaciones del otro lado del Atlántico y del continente...*
- ¹⁷ En el artículo *The situation of vacuum tube* de Elmer T. Cunningham publicado en el número de Febrero de 1920 del periódico *Pacific Radio News* se analiza la oscura sentencia del juez Mayer.
- ¹⁸ En la obra *History of Communications-Electronics in the United States Navy* de Linwood S. Howeth. Se incluye en el Cap. XXX la sorprendente historia de la creación de la RCA gracias a los esfuerzos conjuntos de la U.S. Navy, el Gobierno y General Electric para impedir que la patente del alternador de alta frecuencia de Alexanderson cayera en manos de Marconi.

BIBLIOGRAFÍA

Al lector que desee profundizar más sobre este apasionante mundo que fueron los inicios de la radio le será muy interesante esta lista, por orden alfabético de sus autores, de algunas obras que han servido como consulta para la preparación de esta historia y de las que hemos extraído muchos interesantes detalles sobre la técnica empleada y cómo evolucionó.

Título y año de edición	Autor
<i>The Oscilation Valve</i> – 1919	R.D. Bangay
<i>The Wireless operator's Pocketbook</i> – 1911	L. Wilbur Bishop
<i>Wireless Telegraphy</i> – 1909	S.R. Bottone
<i>Practical Wireless Telegraphy</i> – 1917	E.E. Bucher
<i>Vacuum Tubes in Wireless Communication</i> – 1918	L.M. Cockaday
<i>Radio Telephony for Everyone</i> – 1922	A.F. Collins
<i>Radio Handbook</i> – 1922	L. Dolkart
<i>Wireless Telegraphy</i> – 1905	O.E. Dunlap
<i>Experiments in Wireless Telegraphy</i> – 1903	P.E. Edelman
<i>Marconi, the man and his Wireless</i> – 1937	G. Eichhorn
<i>Experimentals Wireless Stations</i> – 1916	J. Erskine-Murray
<i>Wireless Telegraphy</i> – 1906	J.J. Fahie
<i>Wireless Telephones</i> – 1910	H.M. Fessenden
<i>History of Wireless Telegraphy</i> – 1901	
<i>Fessenden, Buider of Tomorrows</i> – 1940	
<i>Hertzian Wave Wireless Telegraphy</i> – 1903	
<i>The Principles of Electric Wave Telegraphy</i> – 1906	J.A. Fleming
<i>The Termionic Valve</i> – 1919	
<i>The Wonders of Wireless Telegraphy</i> – 1914	
<i>The Wireless Telegraphist's Pocket Book</i> – 1915	J. Fortescue
<i>Wireless Telegraphy</i> – 1913	A.N. Goldsmith
<i>Radio Telephony</i> – 1918	Gobierno EE.UU.
<i>International Wireless Telegraph Covention</i> – 1907	R. Gordon Blaine
<i>Aetheric or Wireless Telegraphy</i> – sin fecha	C.I. Hoppough
<i>Wireless Telegraphie and Telephonie</i> – 1912	L.S. Howeth
<i>History of Communications in the Navy</i> – 1963	A.E. Kennelly
<i>Wireless Telegraphy and Wireless Telephony</i> – 1913	Marconi Board Training
<i>Manual of the Marconi Institute</i> – 1919	Marconi Board Training
<i>The Marconi Short Wave System</i> – 1928	W.W. Massie y C.R. Underhill
<i>Wireless Telegraphy and Telephony</i> – 1909	

Título y año de edición	Autor
<i>Wireless Telegraphy and Telephony</i> – 1906	D. Mazzotto
<i>The Future of Wireless Telegraphie</i> – sin fecha	P.T. McGrath
<i>How to Make a Wireless Set</i> – 1911	A. Moore
<i>Radio: Beam and Broadcast</i> – 1925	A.H. Morse
<i>Principles of Wireless Telegraphie</i> – 1910	G.W. Pierce
<i>Wireless Telegraph Construction for Amateurs</i> – 1914	A.P. Morgan
<i>Radio Telegraphie and Telephonie</i> – 1918	S.S. Robinson
<i>Radio Ciencia</i> – 1933	A. Riu
<i>Wireless Telephonie</i> – 1908	E. Ruhmer
<i>Termionic Tubes</i> – 1921	J. Scott-Tagart
<i>Wireless Telegraphie</i> – 1904	C.H. Sewall
<i>Wireless Telegraphie</i> Vol. I y II – 1919	R. Stanley
<i>The Story of Wireless Telegraphie</i> – 1904	A.T. Story
<i>From Marconi's Black Box to the Audion</i> – 2001	H. Sungook
<i>History of Wireless</i> – 2006	T.K. Sarkar y R.J. Mailloux
<i>Wireless Telegraphie</i> – 1915	J. Zenneck
<i>Manuel Elementaire de Télégraphie sans Fil</i> – 1914	C. Tissot
<i>The ABC of Wireless Telegraphie</i> – 1911	E. Trevert
<i>Wireless Telegraphie</i> – 1902	C.W. de Tunzelmann
<i>Wireless Telegraphie and High Frecuency Electricity</i> – 1909	H. Lav. Twining
<i>The Termionic Vacuum Tube</i> – 1920	H.J. van der Bijl