

RADIOFAROS¹

11

RADIOFAROS DE EMISIÓN GIRATORIA

Explicado anteriormente el funcionamiento de los primitivos radiofaros de este tipo, vamos ahora a tratar de los últimamente construidos.

El radiofaro emite un haz giratorio con velocidad uniforme, a razón de una vuelta por minuto, por ejemplo. Al pasar por una dirección determinada (en general la N. o E.), emite un *top* o señal característica de este paso, y durante el resto de la vuelta un trazo continuo o una señal repetida continuamente, que puede ser la distintiva de la estación.

El observador a bordo oírán en un cierto instante el *top* y, después la señal continua, cuya intensidad va variando hasta su extinción; ésta se producirá cuando el campo giratorio se encuentre a 90° (ó 15 segundos de tiempo) de la línea que une al observador con el radiofaro. Midiendo el tiempo transcurrido entre el *top* y la extinción se podrá conocer la orientación respecto al faro, pues basta sumar o restar del número de segundos medido 15 y multiplicar por 6 para tener el ángulo en grados.

Para obtener el haz giratorio pueden seguirse dos procedimientos: 1.º Dos grandes cuadros fijos, situados en planos perpendiculares y excitados por una bobina móvil; constituye el emisor recíproco del radiogoniómetro sistema Bellini-Tossi. 2.º Un cuadro móvil, de dimensiones menores, que es el correspondiente al radiogoniómetro ordinario de cuadro móvil.

Como modelo del primer tipo describimos luego el radiofaro para la navegación aérea instalado en Abbeville, pero lo haremos incluyéndolo entre los de emisión dirigida por utilizarse principalmente en esta última forma; y como modelo del segundo tipo vamos a describir el radiofaro de Orfordnes, situado en la costa oriental de Inglaterra, próximo a Orford.

La emisión de este radiofaro consta de dos partes: 1.ª La señal característica de la estación, GFP, repetida durante el primer minuto a pequeña velocidad. 2.ª La señal de navegación, consistente en una raya continua, interrumpida en dos puntos de cada vuelta; en el N., por una señal, que es la letra V seguida de dos puntos, y en el E., por otra señal, que es la letra B seguida de dos puntos. Cada transmisión dura cinco minutos, seguida por un silencio de otros cinco minutos.

La rotación del sistema radiante se hace a la velocidad de una vuelta por minuto. La longitud de onda empleada es de 1 040 m.

El objeto de la señal característica del paso por la dirección E. es evitar la indeterminación que se produciría en el caso de encontrarse el barco precisamente al E. o al O. del faro, pues no oíría la señal característica del paso por el N., debido a que ese instante coincide con el paso de la señal mínima.

Para obtener las diferencias de tiempo lo más sencillo es emplear un cuentasegundos; existen cuentasegundos en que el cuadrante se ha dividido en grados sexagesimales, de modo que den directamente

la orientación sin necesidad de cálculo alguno. También se ha ensayado el empleo de un aparato registrador, con el que se evite la atención continua del observador. Este aparato (fig. 9) contiene un tambor que gira a la misma velocidad que el radiofaro, o sea una vuelta por minuto, y apoyada sobre él una pluma, movida por medio de un *relais* que se pone en acción por las señales recibidas por el receptor. Con este

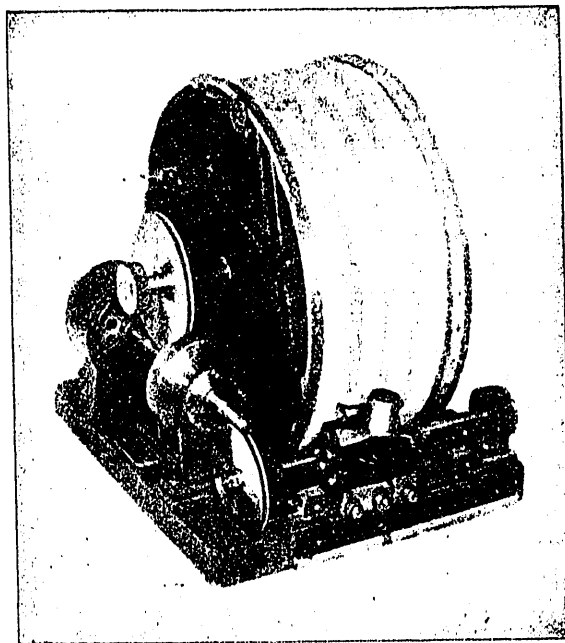


Fig. 9.

aparato se han obtenido marcaciones con error máximo de 1º a 150 km de distancia.

La antena emisora está formada por un cuadro de armazón de madera de 3 m de lado, montado sobre un eje vertical, alrededor del cual gira con velocidad uniforme. Unido al cuadro y girando con él está el aparato emisor, con sus lámparas, condensador de sintonización, circuitos de placa y rejilla, etc. En la base del aparato se encuentran fijos los restantes elementos, válvulas rectificadoras, regulador de velocidad de rotación, aparatos de medida, etc. El objeto de hacer giratoria toda la parte de alta frecuencia es evitar que, por el empleo de anillos y escobillas para el paso de esta corriente, se produzcan cambios de frecuencia. El conjunto de los aparatos puede verse en la figura 10; están alojados en un pabellón de madera (fig. 11), para evitar desviaciones del haz emitido.

En este tipo de radiofaro es de la mayor importancia la uniformidad en la velocidad de rotación del cuadro, pues una diferencia de 0,1 segundos produce una de medio grado. La exactitud que se estima necesaria es de 0,2 segundos, del mismo orden de magnitud que el error de observación.

Para conseguir esta regularidad se ha apelado, en estos primeros radiofaros de carácter experimental, al empleo de un motor fónico, sintonizado mediante un diapason cuya vibración se mantiene por un electroimán. El diapason vibra a 50 p. p. s., y el motor gira

¹ Véase el número anterior, página 265.

a 300 r. p. m., moviendo, por intermedio de un engranaje reductor, el eje del cuadro. Para comprobar la constancia de la velocidad del motor, sobre su eje se ha montado un disco estroboscópico, iluminado intermitentemente por una lámpara al neón, también controlada por el diapason. Durante el funcionamiento, y a consecuencia del descenso del voltaje de la batería alimentadora, varía la velocidad del motor, lo cual se observa por el dispositivo estroboscópico y puede ser corregido ajustando las resistencias reguladoras de voltaje.

Con este radiofaro se han hecho experiencias para apreciar el grado de exactitud obtenido, invitando a los numerosos barcos que frecuentan aquellas costas a determinar su orientación respecto al radiofaro por medio de las señales emitidas por éste, fijando al mis-

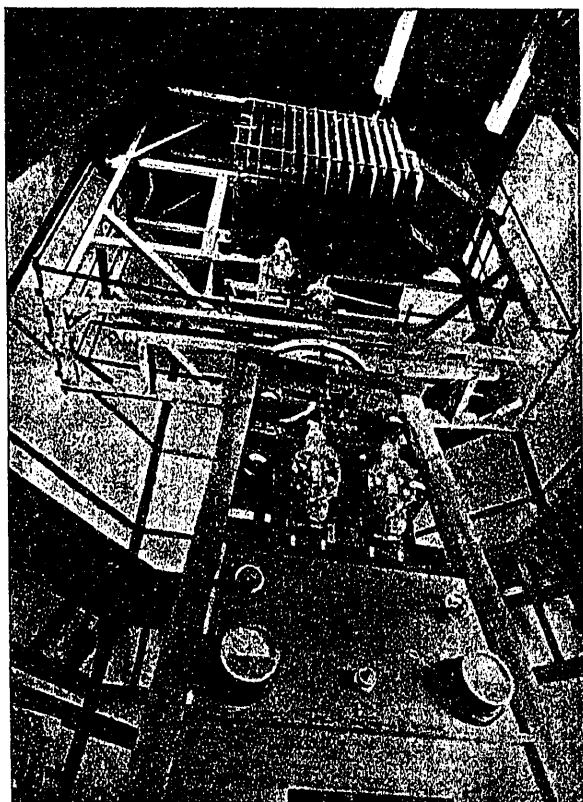


Fig. 10.

mo tiempo su posición por otros procedimientos. Los resultados obtenidos eran recogidos por el "Board of Trade", donde se clasificaban y estudiaban. De los resultados obtenidos se deduce que el error, salvo algún caso aislado, es menor de 4° a una distancia de 100 millas, y en el 80 por 100 de los casos es menor de 2° ; este resultado es comparable con el que se obtiene empleando los radiofaros de emisión ordinaria, extendidos en todo el mundo, y suficiente, en la mayor parte de los casos, para las necesidades de la navegación.

Sin embargo, se producen dos errores importantes dignos de consideración: uno es la desviación que se produce en la dirección del haz emitido paralelamente a la línea de la costa, del mismo modo que ocurre en las estaciones radiogoniométricas; produce un error constante de uno a dos grados, en un sector de cinco grados, a cada lado de dicha dirección. El otro es debido a los efectos nocturnos, todavía mal conocidos, y

a causa de los cuales se pueden producir falsos mínimos o que éstos aparezcan confusos. Estos efectos no alcanzan gran importancia mientras la distancia no exceda de 70 millas, y se pueden disminuir los errores producidos tomando el promedio de varias observaciones sucesivas.



Fig. 11.

RADIOFAROS DE EMISIÓN DIRIGIDA

El funcionamiento de los radiofaros de este tipo se funda en las siguientes consideraciones: El campo electromagnético emitido por un cuadro, represen-

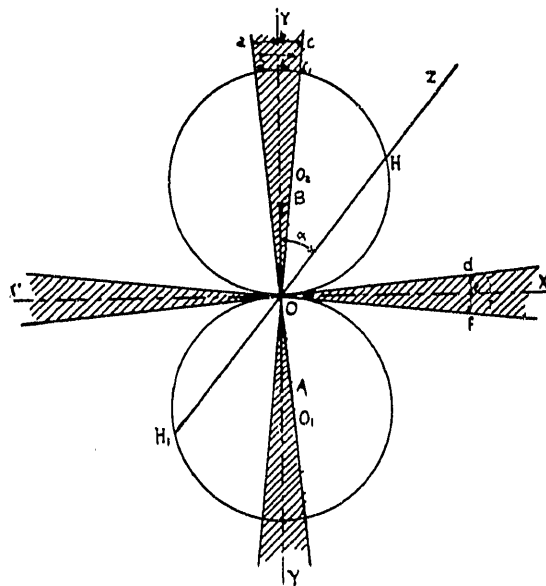


Fig. 12.

tado en coordenadas polares, adopta, como es bien sabido, la llamada "forma de ocho" (fig. 12). Este campo resulta máximo en la dirección del plano del cuadro y nulo en la dirección normal, variando su intensidad con el coseno del ángulo formado por la dirección de que se trata con el plano del cuadro. Si

se disponen dos cuadros perpendiculares excitados independientemente, el diagrama de emisión consistirá en cuatro círculos tangentes dos a dos (fig. 13), correspondiendo los $O_1—O_2$ al cuadro AB , y los $O_3—O_4$ al CD ; en las direcciones OZ y OW el campo del cuadro AB es igual al del CD .

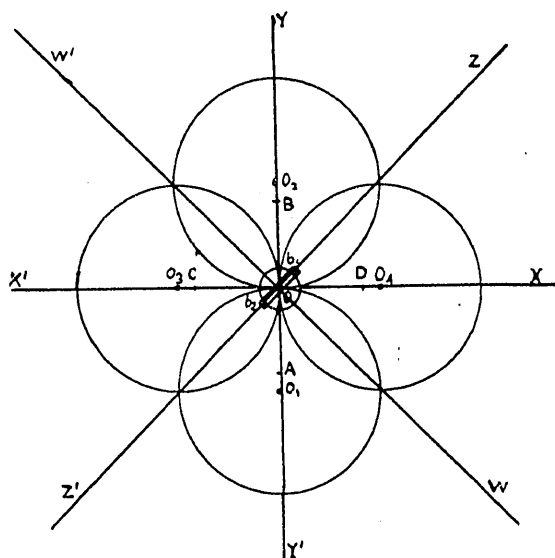


Fig. 13.

El cuadro AB emite una letra en el alfabeto Morse, y el otro la complementaria, entendiéndose por letras complementarias aquellas en que se corresponden los puntos y rayas de una con los claros de la otra, de modo que su superposición sea una línea continua (fig. 14). Un receptor colocado en la línea OZ recibirá las dos letras con la misma intensidad, y, por lo tanto, en el auricular sólo se percibirá un sonido continuo o, en realidad, cortado por silencios muy breves; por el contrario, si se desliza a uno u otro lado de la línea OZ o OW se oírán una letra con mayor intensidad que la otra, y de cuál sean ésta y aquélla podrá deducirse de qué lado de la línea se encuentra el aparato y dirigirlo hacia ésta hasta alcanzar la igualdad de sonidos.

Como ejemplo de esta clase de radiofaros vamos a describir el de Abbeville (Francia), que se utiliza para jalonar la línea recorrida por los aviones que hacen el servicio París-Londres; está dispuesto, además, para poder funcionar como radiofaro de emisión giratoria, según antes dijimos, utilizando como antena los mismos cuadros fijos que producen la emisión dirigida.

El aparato emisor contiene dos grupos de lámparas amplificadoras, cada uno acoplado con una *self* aperiódica que constituye la bobina que actúa por inducción sobre las *self* de los cuadros. Cuando el radiofaro funciona emitiendo un haz giratorio, las dos bobinas se sitúan en el mismo plano y emiten la misma señal, actuando, por tanto, como una sola; al funcionar como radiofaro de emisión dirigida, las dos bobinas se colocan perpendiculares entre sí, emitiendo, cada una, letra complementaria de la otra; de la posición de las bobinas respecto a los cuadros depende cuál sea la línea jalonada, que puede, por consiguiente, variarse, aunque los cuadros emisores sean fijos.

1.º *Producción de la energía eléctrica.*—Solamente diremos, respecto a esta parte, que la corriente

para alimentar los diversos circuitos del emisor se produce: para alimentar las placas, por medio de una dinamo de 2 000 voltios; para el encendido de filamentos, por medio de un alternador de 50 p. p. s. y 110 voltios, rebajándose esta tensión, mediante transformador, a la de 11 voltios, que es la precisa en el tipo de lámparas usado; para polarizar las rejillas de las lámparas amplificadoras —procedimiento usado para la emisión de las señales— se utiliza un grupo convertidor que produce corriente continua a 1 300 v; existen dos de estos grupos, uno para cada grupo de lámparas amplificadoras.

La onda emitida se modula por medio de un alternador de modulación de 1 200 p. p. s., cuyo voltaje puede hacerse variar entre 50 y 110 v, según la profundidad de modulación deseada.

2.º *Conversión en oscilatoria de alta frecuencia.* El emisor consiste, en esencia, en una lámpara osciladora, montada en autoexcitación por acoplamiento rejilla-placa, mediante un *self* regulable. La corriente es amplificada en dos grupos de lámparas, constituido cada uno por dos de ellas en paralelo; cada grupo alimenta una de las bobinas giratorias acopladas a los cuadros emisores. En el esquema general (figura 15) puede verse el detalle de los circuitos, que no ofrecen otra particularidad digna de mención.

La modulación se hace sobre las placas de las lámparas amplificadoras; la emisión de las señales se produce modificando la tensión de polarización de las

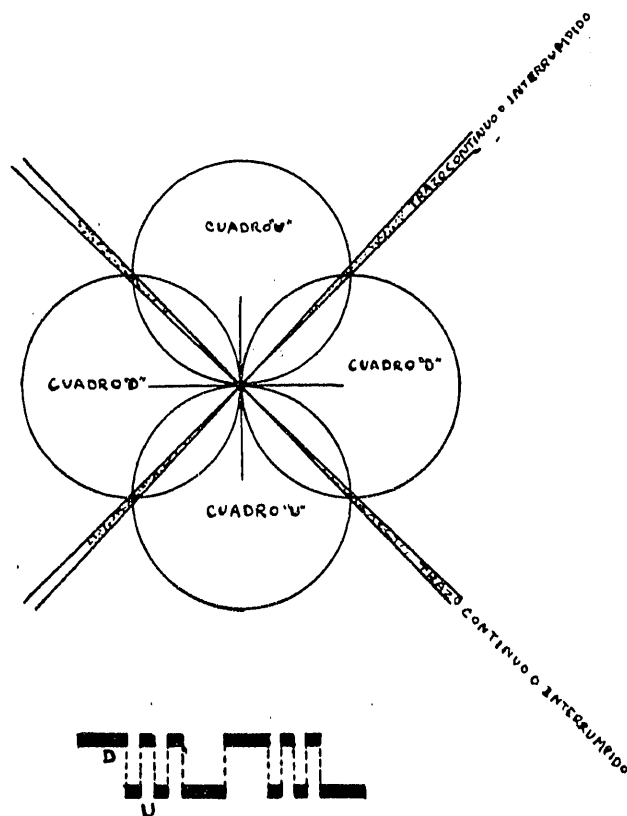


Fig. 14.

rejillas de las lámparas. Las cinco de que consta el aparato son idénticas, de una potencia máxima disipada en placa de 700 w.

3.º *Especialidad del radiofaro.*—Hay que distinguir cuándo funciona emitiendo un haz giratorio o cuándo lo hace con haz fijo.

Emisión de un haz giratorio: Las dos bobinas giratorias se calan en el mismo plano y giran a razón fuerza centrífuga mantiene la velocidad constante dentro de una aproximación de 3/1 000. La mani-

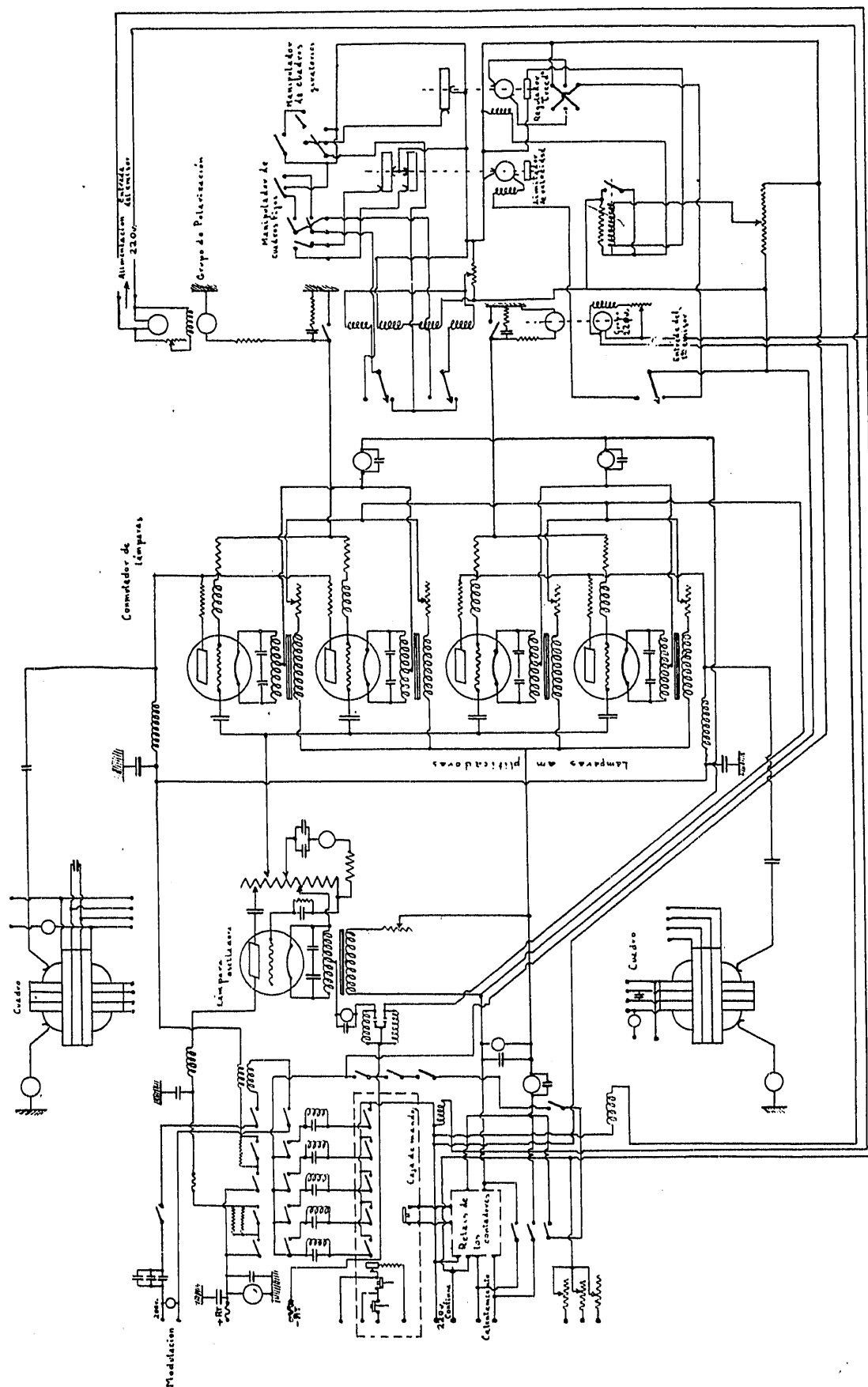
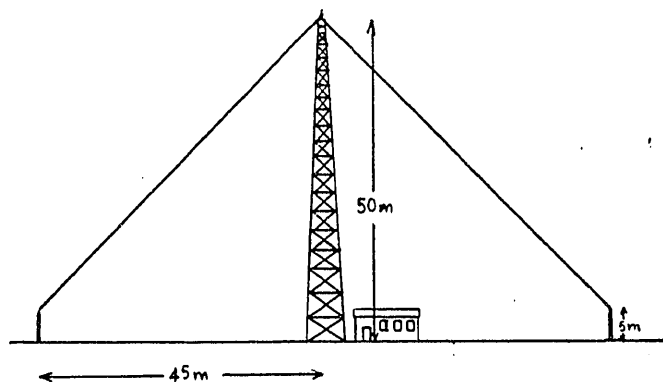


Fig. 15.

de una vuelta por minuto, movidas por un motor de 1/15 CV y 3 500 r. p. m., con reducción de velocidad por dos tornillos sin fin; un regulador de pulsación de las señales se realiza por medio de un disco montado sobre el mismo eje de la bobina giratoria, y en cuya periferia hay unas entalladuras

que accionan los contactos; las entalladuras están dispuestas de modo que las señales emitidas sean una U (característica del radiofaro) y dos *tops*, uno de preparación y otra correspondiente al paso por la dirección N.

Emisión de un haz fijo: Las bobinas se fijan en-



ABBEVILLE

Fig. 16.

tre sí formando ángulo recto, y después se orientan según la dirección en que desea emitirse el haz; un árbol de levas, movido por un pequeño motor, acciona los contactos de las señales emitidas.

Todos los aparatos de emisión y control de señales están reunidos en un mueble formado por tres cuerpos: el central contiene la lámpara osciladora y las cuatro amplificadoras, los condensadores de los cuadros, el conmutador para pasar de una forma de emisión a otra, los diferentes órganos de regulación y los motores que accionan las bobinas giratorias y los manipuladores de señales; los dos cuerpos laterales son iguales y encierran las bobinas giratorias y las *self* de acoplamiento a los cuadros.

4.º **Radiación.** — Se hace por medio de dos grandes cuadros fijos situados en planos perpendiculares; tienen forma de triángulo isósceles, y están sostenidos por un mástil central de celosía, metálico, de 50 metros de altura, y cuatro apoyos laterales de 5 m, también metálicos. La figura 16 da el esquema del aparato radiante.

NUEVOS TIPOS

Está en estudio y experimentación un nuevo tipo de radiofaro de emisión dirigida, utilizable solamente para jalonar una línea determinada y aplicable especialmente a la navegación aérea. Su objeto es sustituir, a bordo de las aeronaves, la indicación auricular, hasta ahora utilizada para la recepción de las señales, por una indicación visual.

El fundamento del sistema es el siguiente: dos cuadros fijos, situados en planos perpendiculares, reciben la corriente de un transmisor de onda continua modulada; la inducida en uno de los cuadros se modula a la frecuencia de 65 p. p. s., y la del otro, a 86,7 p. p. s. Las intensidades de los campos emitidos por uno y otro cuadro están representadas, como se explicó para el radiofaro de Abbeville, por la "figura de ocho" en un diagrama polar; también, como allí, la combinación de las ondas base o sustentadora producirá una resultante de máxima intensidad en la dirección de la bisectriz del ángulo de los cuadros. La dirección de esta resultante puede variarse, aunque los cuadros sean fijos, variando la posición de las bobinas inductoras.

El receptor visual, instalado a bordo, consiste en un receptor corriente que, además, lleva dos láminas vibrantes cuyo período de vibración corresponde con los de modulación de las ondas emitidas, en este caso 65 y 86,7 p. p. s. Estas láminas o varillas entran en oscilación por la acción de electroimanes cuyas bobinas están conectadas al circuito del receptor. Este se sintoniza a la frecuencia de la onda base, y las varillas vibran con una amplitud que depende de la intensidad de la modulación en baja frecuencia recibida.

En la bisectriz del ángulo de los cuadros la intensidad es la misma para las dos modulaciones, y las dos varillas vibrarán con la misma amplitud. Si el avión se desvía a uno u otro lado de esta línea, la intensidad de la señal producida por uno de los cua-

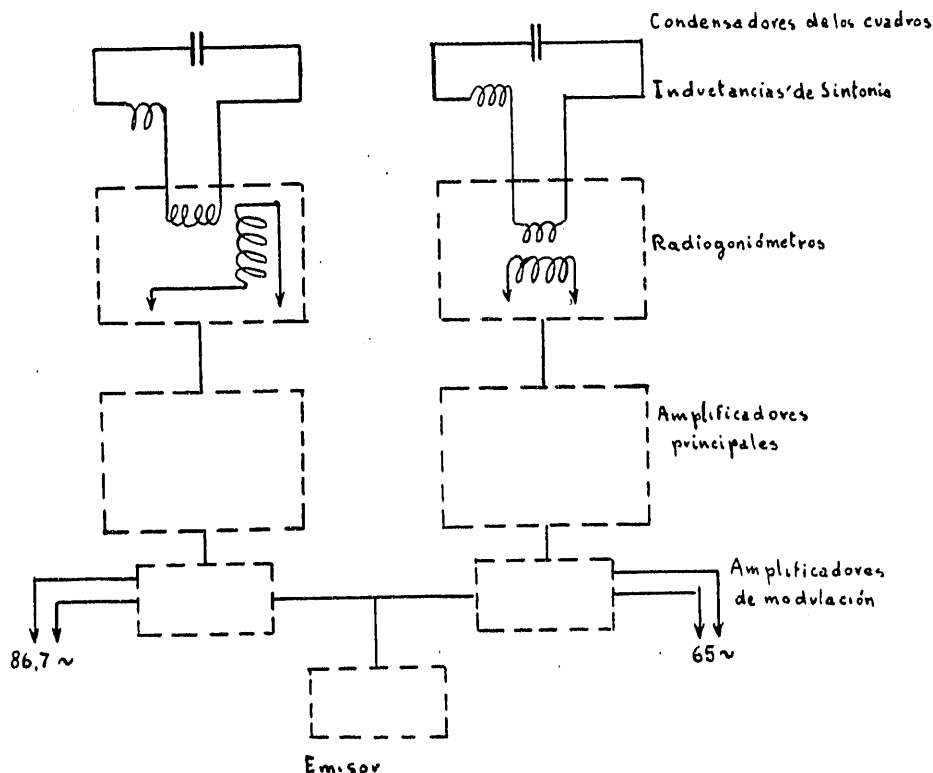


Fig. 17.

dro será mayor que la del otro, y la amplitud de la vibración de una de las varillas aumentará, en tanto que la de la otra disminuye. Esto da una indicación al piloto del sentido y magnitud de su desviación de la ruta, capacitándole para aproximarse de nuevo a ella.

Como se ve, la teoría es la misma utilizada en Abbeville, sustituyendo, a la emisión de dos letras complementarias, la de dos ondas moduladas a distinta frecuencia; la diferencia fundamental está en el empleo de la recepción visual en sustitución de la auditiva. Una ventaja importante del sistema, además de la principal de librar al piloto de la atención sostenida que requiere el auricular, es que la selectividad producida por la frecuencia propia de las varillas elimina las interferencias producidas por otras estaciones y por el motor de la misma aeronave.

El sistema emisor, representado en esquema en la figura 17, consiste, en esencia, en un oscilador principal, que mantiene fija la frecuencia de la onda base; dos amplificadores de modulación, correspondientes a las dos frecuencias; dos amplificadores de potencia y dos radiogoniómetros que actúan sobre las inductancias de los cuadros emisores. Es de la mayor importancia que las características de las dos partes de que consta el sistema emisor sean exactamente las mis-

mas, siendo preciso incluso disponer todos los aparatos simétricamente respecto a la torre central que sostiene los cuadros.

Se estudia también un tipo de radiofaro fundado en el mismo principio, en que los cuadros radiantes son tres, dispuestos formando ángulos de 120° entre sí; están alimentados por corrientes moduladas a 50, 85 y 110 p. p. s. El diagrama polar de la emisión de estos cuadros, formado por seis círculos, demuestra que hay 12 direcciones de máxima intensidad de recepción, en las cuales la producida por dos de los cuadros es la misma. El aparato receptor tiene tres láminas vibrantes, cuyos periodos corresponden con los de modulación de las ondas emitidas.

Del mismo modo que anteriormente, la comprobación de que el observador está en una de las líneas balizadas resulta de la comparación de la amplitud de vibración de dos de las láminas, y, según cuáles sean éstas, se conoce de cuál de las líneas se trata.

Manuel MOY BLANCO
Ingeniero de Caminos

La unificación de señales en las carreteras españolas

II

CLASIFICACIÓN EN GRUPOS

Las señales aceptadas en el Congreso de Ginebra se agruparon del modo siguiente:

- 1.º Señales que indican la existencia de un peligro.
- 2.º Señales que indican la necesidad de cumplir prescripciones:
 - a) Que indican una prohibición;
 - b) Que indican el cumplimiento de una obligación.
- 3.º Señales destinadas a proporcionar indicaciones.

En el primer grupo, "Señales de peligro", se incluyen las aceptadas en el Convenio internacional de 24 de abril de 1926, y dos nuevas, una destinada a señalar, en general, peligros distintos a los que ya tienen señal especial, y otra indicadora de la existencia de preferencia de paso por otra carretera a la que se va a llegar.

La primera consiste en un trazo vertical pintado en un triángulo equilátero de las mismas dimensiones que las otras señales de peligro ya reseñadas (véase la fotografía núm. 7). Se podrá emplear en los casos de desperfectos en las carreteras, averías, ejecución de obras, etc., y, en general, en los mismos casos que el triángulo recortado de la fotografía número 6.

La segunda (fotografía núm. 8) está constituida por un triángulo equilátero invertido y de las mismas dimensiones que las demás señales. Podrá ir pintado de un solo color o de dos. En este último caso se dejará un triángulo central, de lados paralelos al contorno y de color claro, pintando de tono oscuro la faja exterior. Esta señal se destina a indicar a los

usuarios de las carreteras o vías secundarias que están próximos a llegar a una carretera de mayor importancia, en la cual los vehículos que por ella circulan tienen preferencia de paso.

Se colocará, pues, en las carreteras de importancia

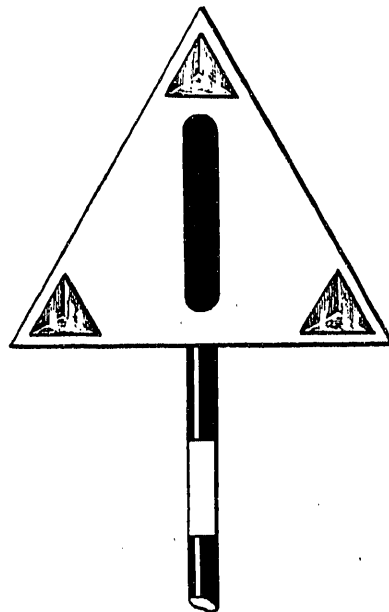


Fig. 7. Señal general de peligro. (Trazo negro; fondo blanco)

secundaria, a una distancia de 150 a 250 metros de la carretera principal.

Debe anotarse que en el Convenio que nos ocupa no se concretaron propuestas para las señales (luminosas o no) inmediatas a los pasos a nivel con las vías férreas.

* * *