

una resistencia intercalada en el inducido se adapta a distintas velocidades. Después del motor hay un mecanismo de reducción compuesto de tres sinfines y otras tantas ruedas dentadas de treinta y un dientes, consiguiéndose una reducción de 1/30 000, quedando el eje final con una velocidad que oscila, a voluntad, entre una vuelta cada diez minutos y una vuelta cada veinte minutos. Este eje final acciona otro horizontal sobre el que van montados un engranaje y una leva. Esta, por un juego de palancas y un paralelogramo articulado, mueve la aguja, haciéndola descender sin velocidad en un minuto; vuelve a subir en otro y permanece estacionada arriba los restantes. El engranaje acciona el tambor donde va la pasta de cemento sumergida en agua, y le hace girar un sector de 15° cada vez, mientras la aguja está arriba.

Unido a la columna de la aguja va un lápiz, y enrollado al tambor de la pasta un papel, y en cada descenso del lápiz se marca un punto. Unidos éstos

por un trazo continuo, se obtiene la curva de fraguado, y los puntos máximos y mínimos nos indican el principio y el fin del mismo.

Se reproducen dos curvas obtenidas con este aparato, en un cemento que ha fraguado al aire libre y sumergido en el agua.

Por deseo del director de la Escuela de Caminos doy a conocer a los lectores de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS este trabajo, que, aparte del mayor o menor interés que el aparato descrito tenga en la práctica, demuestra la excelente orientación de los estudios y enseñanzas de dicha Escuela, que permite a sus alumnos, no sólo tener iniciativas personales, sino que éstas sean alentadas hasta el punto de verlas realizadas con la cooperación de personalidad de tan alto relieve científico como D. Leonardo Torres Quevedo, que durante el curso pasado se ha puesto en contacto con nosotros, dándonos a conocer, teórica y prácticamente, sus inventos.

Luis SIERRA

Alumno de la Escuela de Caminos

# RADIOFAROS<sup>1</sup>

## Estaciones radiogoniométricas

### I. Generalidades

Habiendo tratado en artículos anteriores de los radiofaros propiamente dichos, réstame ahora, para terminar el estudio de los sistemas de orientación por señales radioeléctricas, las estaciones radiogoniométricas.

Como ya vimos en la clasificación preliminar, este sistema se caracteriza por situar el organismo direccional receptor (radiogoniómetro) en tierra, donde se practican las marcaciones que el barco pide emitiendo trazos por su estación ordinaria de T. S. H., recibiendo después el azimut obtenido, que se le transmite radiotelegráficamente.

### II. Radiofaros y estaciones radiogoniométricas

A primera vista parece el sistema que nos ocupa más sencillo y tan eficaz como el anteriormente estudiado. Esto defienden sus partidarios, que exaltan las dos ventajas siguientes:

1.<sup>a</sup> *Ausencia de organismos especiales a bordo.*— Basta la estación ordinaria de T. S. H. para pedir marcación y recibir el azimut.

2.<sup>a</sup> *Concentración en tierra de toda la parte especial,* que puede instalarse en mejores condiciones, realizando la manipulación personal más diestra.

Frente a estas dos ventajas podemos contraponer otras dos del sistema radiofaros, que son las siguientes:

1.<sup>a</sup> Con el radiogoniómetro a bordo (aparato sencillo, seguro y de fácil manejo) puede el barco obtener marcaciones en el momento que lo desee, utilizando para ello, no sólo las estaciones especialmente

destinadas al efecto (radiofaros), sino cualquier otra estación conocida que esté emitiendo o a la que se le pide circunstancialmente emitir series de trazos indicadores.

2.<sup>a</sup> Siendo operador el que va a utilizar los resultados de la operación, tiene conciencia del grado de exactitud obtenida y no está sujeto a la demora que por aglomeración de servicio puede presentarse en el caso de estación radiogoniométrica.

La práctica ha fallado el pleito, y hoy se considera como equipo normal de un barco la instalación de radiogoniómetro, dando idea de la sencillez y seguridad de su manejo el hecho de emplearlo las flotillas de barquitos pesqueros que salen a la mar, separándose para sus faenas durante días enteros del barco principal, con el que se reúnen orientados radiogoniométricamente por las señales radiotelegráficas que éste les envía sirviendo de radiofaro. Fácilmente se comprende que en estos casos se está en condiciones bastante desfavorables en cuanto a lugar de emplazamiento y manejo del radiogoniómetro.

Otras ventajas accesorias se obtienen por llevar radiogoniómetro a bordo, y así puede citarse el caso de salvamento de un barco en el que, por circunstancias especiales, no estaba bien precisada la situación y al que se llegó rápidamente utilizando en el radiogoniómetro las señales de petición de auxilio.

Además, el fallo ha sido refrendado por los últimos Congresos, y así, el «Comité technique pour le balisage et éclairage des côtes», sección del Comité permanente de Puertos y Navegación marítima de la Sociedad de Naciones, tomó el siguiente acuerdo, en agosto de 1926:

*El Comité ha comprobado las preferencias, cada vez más acentuadas, de los navegantes por los sistemas de orientación, que les reservan la responsabilidad de las*

<sup>1</sup> Véase el número anterior, página 395.

operaciones a realizar, en la competencia de radiofaros y estaciones radiogoniométricas terrestres.

Los países que se han adelantado por el camino de las realizaciones y los armadores manifiestan idénticas tendencias con respecto al equipo de navíos.

... el Comité recomienda que el radiofaro sea considerado como el tipo normal de sistema radioeléctrico, pudiendo añadirse algunas estaciones radiogoniométricas en puntos especiales.

A continuación describimos, ordenando las diversas partes con arreglo a sus funciones, los principales tipos de estaciones radiogoniométricas.

### III. Descripción de las instalaciones

#### Captación de la energía

Cuadro.—Se utilizan los dos procedimientos: grandes cuadros fijos y pequeño cuadro giratorio, pudiendo caracterizarse como partidarios de cada una de

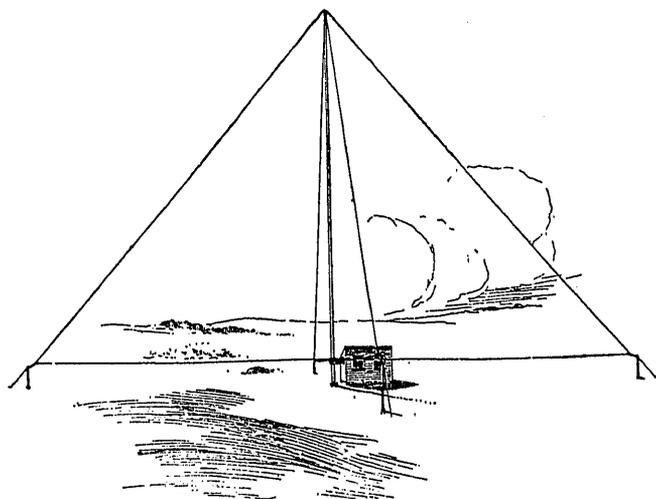


Fig. 1.ª Sistema Marconi: Cuadros

las tendencias: Marconi, por los grandes cuadros triangulares aperiódicos, y Telefunken, por los pequeños cuadros giratorios.

El tipo normal de cuadros empleados por Marconi es el que se representa en las figuras 1.ª y 2.ª; el



Fig. 2.ª Sistema Marconi: Cuadros

poste central tiene 21 m de altura, sosteniendo dos cuadros triangulares, cuyos tramos oblicuos tienen una longitud de 27,60 m, y los horizontales 42. La

entrada de hilos en la estación se realiza como se indica en la figura 3.ª.

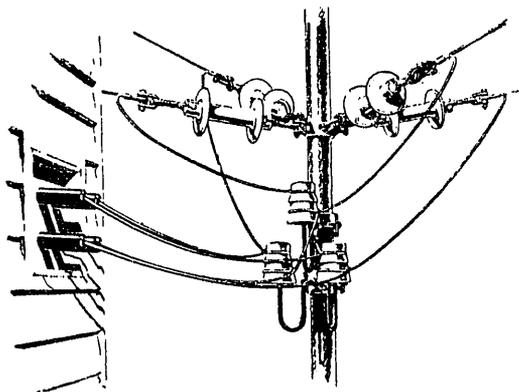


Fig. 3.ª Sistema Marconi: Entrada de hilos

Telefunken emplea un pequeño cuadro, situado encima de la casa de maniobras, resguardado de la intemperie por una caseta de madera y lona, o de cualquier otro material no conductor. Otras veces se emplea el cuadro destinado para barcos, que, por su construcción especial, no necesita protección alguna. Mesny también es partidario del cuadro único, y su criterio ha regido en las instalaciones francesas.

Determinación de la dirección.—Nada nuevo tengo que añadir a lo expuesto en las nociones generales de Radiogoniometría, ampliadas luego al ocuparme de las instalaciones de a bordo.

En la figura 4.ª se representa la disposición de las bobinas de concentración del campo y exploradora del radiogoniómetro Marconi.

Determinación del sentido.—Telefunken se vale de antena auxiliar.

Marconi utiliza el efecto-antena de sus cuadros, en los que se aúnan las fuerzas electromotrices debidas a los lados simétricos, poniendo a tierra los puntos medios de las bobinas de concentración (fig. 5.ª). Este efecto y el que los cuadros transmiten a través

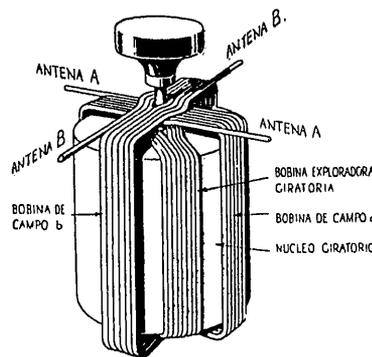


Fig. 4.ª Sistema Marconi: Disposición de los arrollamientos de concentración de campo y de sondeo

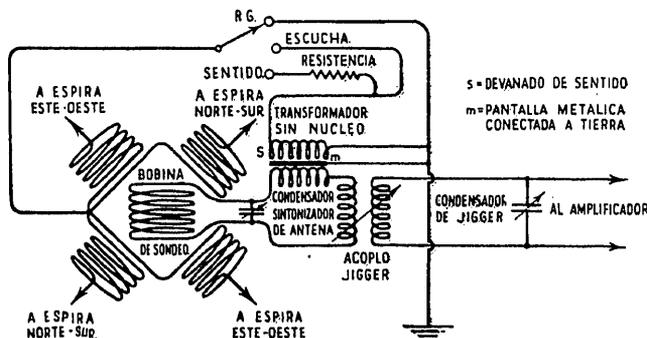


Fig. 5.ª Sistema Marconi: Captación de la energía. Esquema simplificado de conexiones

de la bobina de sondeo se superponen en el secundario, pasando el primero a través del transformador sin núcleo (conmutador en posición *sentido*), previamente debilitado mediante una resistencia que

consiguiente, vale aquí todo lo que quedó expuesto para estas últimas. (Ver REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, 15 de junio de 1928, pág. 220.) En las figuras 8.<sup>a</sup> y 9.<sup>a</sup> se representa el conjunto, especificando al mismo tiempo cada uno de los organismos que lo integran.

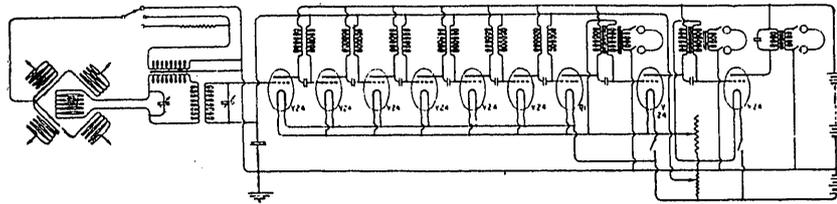


Fig. 6.ª Sistema Marconi: Esquema general de conexiones

reduce su intensidad hasta hacerlo comparable con el segundo, para, de este modo, obtener un diagrama de corazón muy disimétrico.

*Amplificación y detección*

En ambos sistemas la amplificación y la detección se obtienen por lámparas de tres electrodos.

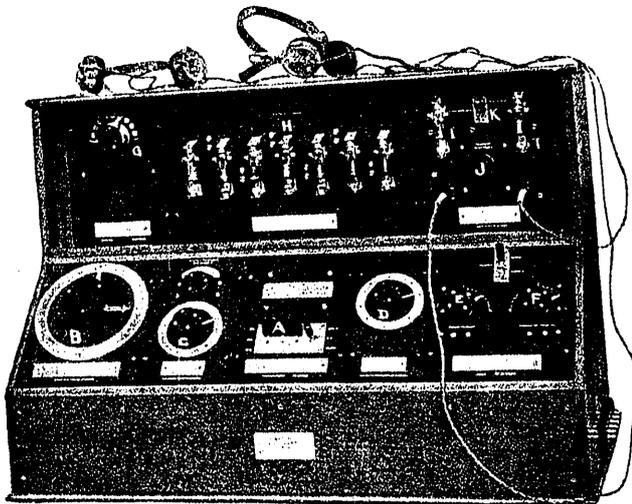


Fig. 7.ª Sistema Marconi: Conjunto del receptor. A, conmutador de tres posiciones; B, bobina exploradora; C, condensador primario; D, idem secundario; E, bobina de acoplamiento; H, lámparas de A. F.; G, reóstato del encendido de lámparas A. F.; F, acoplamiento reacción; I, lámparas B. F.; J, reóstato del encendido de lámparas B. F.; K, conmutador de lámparas B. F.

Telefunken emplea la misma instalación para las estaciones terrestres que para las de a bordo; por

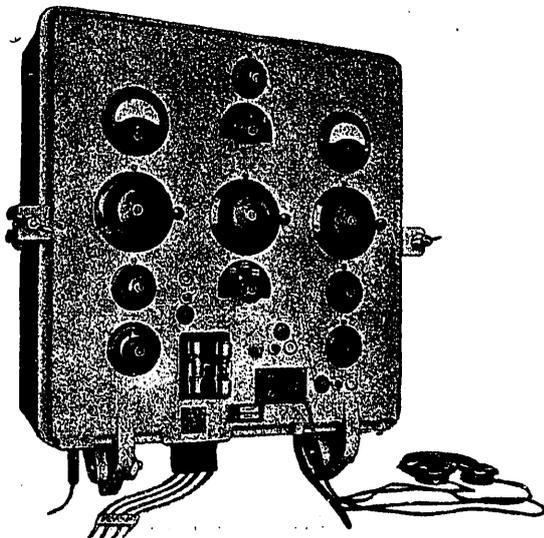


Fig. 8.ª Sistema Telefunken: Conjunto del receptor

y disposición de los diferentes elementos.

*Errores*

Hay que tener muy presente que la elección de emplazamiento condiciona esencialmente el éxito de

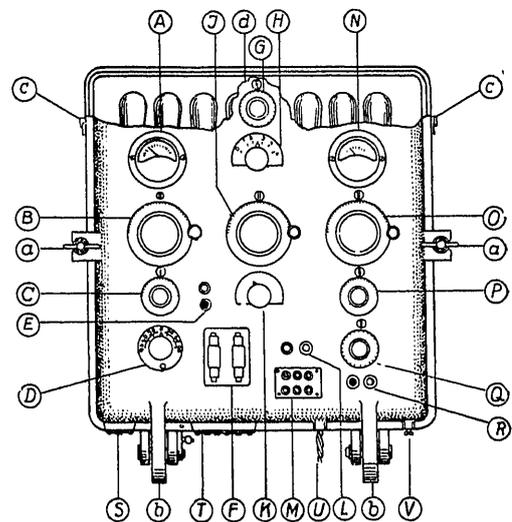
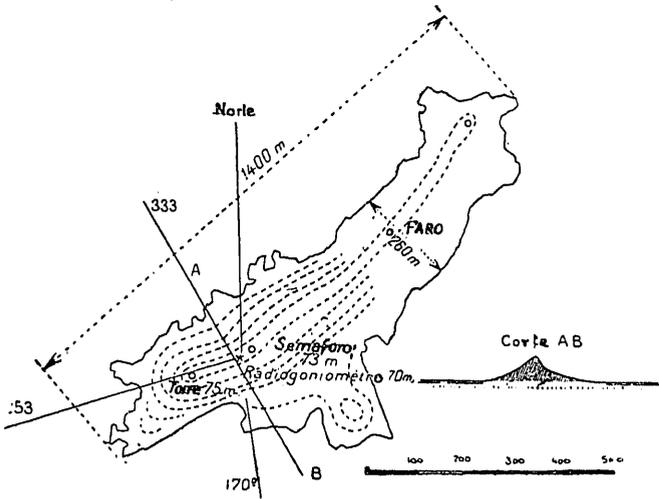


Fig. 9.ª Sistema Telefunken. Conjunto del receptor: A, millamperímetro de lámparas con su conmutador H; B, condensador del cuadro; C, acoplamiento; D, idem de la antena auxiliar; E, conmutador dirección-sentido; F, fusibles; J, condensador de la antena auxiliar; K, conmutador de ondas; N, voltímetro de la alimentación; O, condensador del secundario; P, reacción; Q, regulación del encendido; R, interruptor del encendido.

la estación. Teniendo que situar ésta en una zona que circunstancias de otra índole determinan, no deben escatimarse las experiencias, que nos permiten, utilizando una pequeña instalación portátil, obtener marcaciones de emisores conocidos en un gran número de puntos para deducir el más conveniente, de acuerdo con los errores observados. Como casi siempre se trata de lugares próximos al mar, la accidentación e irregularidad de la costa hace variar fundamentalmente los resultados para puntos que se encuentran a relativamente corta distancia.

Bajo este aspecto son muy interesantes las experiencias llevadas a cabo por Mesny, que instaló durante la guerra estaciones radiogoniométricas en diversos puntos del Mediterráneo, siendo las más notables las relativas al radiogoniómetro de Ile des Sanguinaires. Se encuentra éste situado en la cumbre de la isla, que tiene la forma bastante regular que se representa en la figura 10. Las perturbaciones observadas son análogas a las que se producen a bordo, siendo la desviación nula cuando la dirección de propagación coincide con la máxima pendiente. Los resultados se indican en las curvas de la figu-

ra 11, que son experimentales las de trazo continuo, correspondiendo la más puntiaguda a la desviación y la otra al campo perturbador (en cuadratura con el de la onda), habiéndose calculado las de puntos



g. 10. Situación del radiogoniómetro de Ile des Sanguinaires

aplicando las fórmulas teóricas de desviación a bordo de un navío.

Otra causa de perturbación, que aparece especialmente cuando la costa se presenta recta en una gran longitud, es debida a la refracción que experimentan

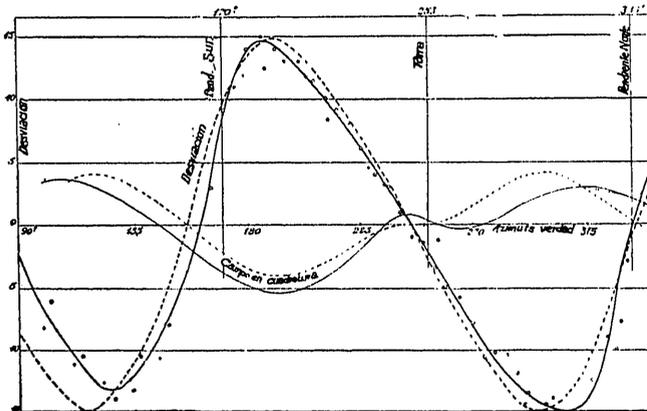


Fig. 11. Curvas de error teóricas y experimentales obtenidas en el radiogoniómetro de Ile des Sanguinaires

las ondas al cambiar de medio de propagación por pasar bruscamente de la zona marina a la zona terrestre. El resultado para las observaciones en tierra

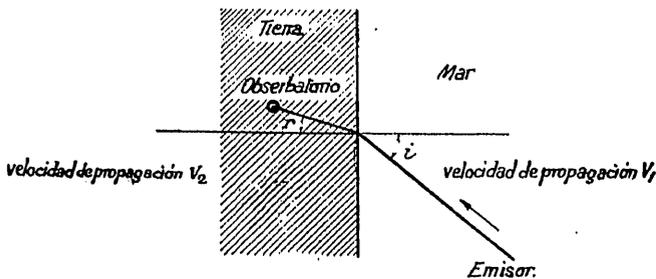


Fig. 12. Refracción de las ondas

(figura 12) es obtener una dirección más próxima a la normal que la verdadera; pero el error es sólo

apreciable cuando la incidencia de las ondas es grande y el ángulo que forman con la normal pasa de unos 70° (según las experiencias de Mesny en puntos de la costa del Canal de la Mancha y del Océano). El fenómeno ha sido estudiado en toda su amplitud por Eckersley, quien, sobre numerosas observaciones realizadas durante la guerra en la estación del Cairo, construye una teoría análoga a la de refracción de la luz, cristalizada en la siguiente ley:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2}$$

en la que  $v_2$  y  $v_1$  son las velocidades de propagación en la tierra y en el mar, respectivamente.

El efecto disminuye con la longitud de onda aumentada, siendo inapreciable cuando éstas pasan de 3 000 m.

Además de estas causas generales de error existen otras, que pudiéramos llamar locales, cual son, principalmente, las debidas a la presencia de masas metálicas próximas que, irradiando, producen perturbaciones en el campo.

Como consecuencia de todas ellas, el azimut que se observa no es el verdadero, pero existe una relación entre ellos que puede determinarse experimentalmente obteniendo una *curva de error* lo mismo que en el caso de un barco.

En la figura 14 se representa el aspecto de una de

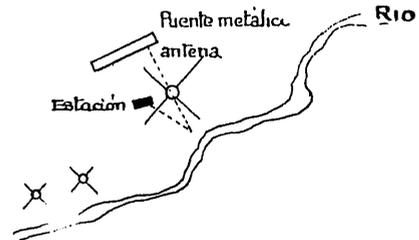


Fig. 13. Situación del radiogoniómetro de Nitton

estas curvas obtenida para la estación de N'tton, la que, además, se analiza, deduciendo la influencia de cada uno de los más importantes obstáculos locales, que son (fig. 13): un puente metálico, la antena de

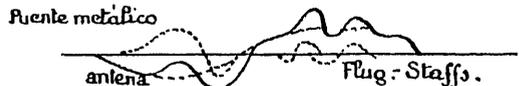


Fig. 14. Curva de error obtenido en el radiogoniómetro de Nitton

la estación (error cuadrantal), quedando un término residual que corresponde a dos pequeños castilletes de señales.

Las curvas de error se renuevan periódicamente, por si las circunstancias locales hubieran variado.

Para evitar la influencia de la antena de emisión, el mejor procedimiento es colocarla a suficiente distancia, accionando el transmisor mediante relevadores.

#### IV. Funcionamiento

El funcionamiento de las estaciones radiogoniométricas puede ajustarse a uno de los dos sistemas de organización siguientes:

1.º *Estaciones aisladas*, que funcionan con inde-

pendencia, enviando al barco mediante emisora propia el azimut de orientación, que éste pide radiando la señal Q. T. E. (¿cuál es mi azimut?) seguida de trazos largos para orientar el receptor. Utilizando el concurso de dos o más estaciones puede el barco calcular sus coordenadas geográficas.

2.º *Agrupación de estaciones*, que forman un organismo compuesto de una estación principal emisora-receptora a la que se subordinan varias radiogoniométricas situadas en puntos estratégicos de la costa. El barco solicita su intervención radiando la señal Q. T. F. (¿cuál es mi situación?) seguida de trazos largos que son recogidos por dos radiogoniómetros, los cuales comunican los resultados obtenidos a la estación principal, donde se calculan las coordenadas geográficas, que inmediatamente se envían al barco.

La operación de determinar el azimut en el radiogoniómetro es idéntica a la que ya se describió para las instalaciones de a bordo.

### Resumen

Con el presente artículo termino la exposición general de los principios y realizaciones prácticas del

tema que me había propuesto. Resumiendo todo lo anterior en síntesis que complementa el análisis de la clasificación preliminar podemos dejar sentado que *los radiofaros de emisión ordinaria constituyen el sistema fundamental de orientación por señales radioeléctricas, quedando relegadas las estaciones radiogoniométricas a organizaciones subordinadas parciales en determinadas zonas y definitivamente desechados los radiofaros de emisión giratoria.*

\* \* \*

En ninguno de los artículos anteriores me he referido a instalaciones españolas, pues teniendo en cuenta su importancia, no sólo por lo que particularmente corresponde a nosotros, sino también por su contribución general al desarrollo de la técnica, las he dejado intencionadamente para describir con todo detalle en artículos sucesivos.

Carlos FERNÁNDEZ CASADO  
Ingeniero de Caminos, de Telecomunicación  
y de Radio E. S. E. París

*Nota.*—Las fotografías de las figuras que ilustran el presente artículo han sido enviadas por la Sociedad Española de T. S. H. y por la A. E. G. Ibérica de Electricidad.

## Repartición de las cargas móviles de los ejes de un tren a lo largo de un puente<sup>1</sup>

El considerable aumento de las cargas móviles de los trenes, en un periodo relativamente corto de tiempo, y el mayor valor de las velocidades de aquéllos, ha hecho ver la necesidad de aumentar las resistencias de los puentes para ferrocarril en proporciones realmente insospechadas. No sólo es el efecto que producen las grandes cargas de los ejes móviles, sino, también, y muy especialmente, la vibración que su movimiento desarrolla.

Hace ya muchos años que el problema dinámico de vibración en un tramo, solicitado a flexión por una carga móvil, atrajo la atención de los técnicos y de los sabios, siendo ya clásico el admirable y difícil estudio, publicado por Boussinesq, sobre este caso de elasticidad dinámica.

En rigor, no hay ninguna teoría establecida sobre esta materia que permita apreciar, de un modo racional y satisfactorio, los efectos dinámicos desarrollados por dicha causa.

Se comprende la enorme dificultad del problema porque, además de que las máximas tensiones que se desarrollen en la materia del puente son evidentemente función de su período vibratorio, dependiente de la velocidad del móvil, existe también un efecto de arrollamiento de la masa, que aumenta notoriamente las deformaciones virtuales.

Sería necesario establecer una función que alcanzara la propagación de la onda de tensión con la velocidad del móvil, a fin de poder estudiar en ella la deformación, o el potencial, en un instante cualquiera.

Cualquier tanteo de cálculo que se haga con ese objeto resulta de tal complicación, que su desarrollo analítico puede considerarse inabordable, aun tratándose de una viga recta de inercia constante.

El método experimental puede dar una idea del orden de magnitud, siempre que una larga serie de observaciones sistemáticas permita deducir una ley concordante.

Para los puentes metálicos existen algunas fórmulas empíricas que aprecian los máximos alcanzables por efecto dinámico de la carga; pero, en realidad, su aplicación deja lugar a muchas dudas, porque en ellas sólo interviene la luz como variable (y en otras también la velocidad); pero ya se comprende que el número de variables de este problema es mucho mayor, y por lo menos intervienen los siguientes: velocidad del móvil, luz del tramo, inercia de la sección, flexibilidad relativa y flexibilidad de los nudos. Y siendo muy variable la vibración, según la composición de las mallas—que podrían definirse por la deformación relativa antes indicada—, sólo podría tenerse una idea concreta, en cada caso, por enlace de esas variables; pero es realmente incomprensible fijar en una fórmula el aumento de tensiones está-

<sup>1</sup> Memoria presentada al Congreso de Construcción de Viena.