

caso es que actuando de este modo llegamos a una economía insospechada, lo cual hace pensar en que algo extraño debe ocurrir con los métodos de presa continua.

En efecto, para el caso concreto de esta presa de 57 m de altura, cuya planta es la de la figura 1.^a, nos encontramos con que haciendo nuestro compañero Sr. Becerril el proyecto con arreglo a la teoría de Stucky (1), el grueso en la base debe ser 14 m, en tanto que con nuestro procedimiento obtenemos el grueso de tres metros!

El volumen conseguido por el primer sistema es de 15 000 m³, y el obtenido por nosotros sólo alcanza 5 000 m³.

(1) Véase el notable artículo publicado por el Sr. Becerril en el pasado número de la REVISTA.

En la figura 2.^a representamos el perfil estudiado por nosotros, y en dos líneas se dibuja el que ha resultado con el perfil de Stucky y el absurdo del perfil de gravedad.

La figura 3.^a indica la junta horizontal adoptada para los sucesivos anillos.

Si la Superioridad aprueba el proyecto formulado, en breve pasará a ser una realidad tangible.

Previamente, la Escuela de Ingenieros de Caminos, en su noble empeño de estimular las iniciativas técnicas, va a comenzar la construcción de un modelo de presa a escala $\frac{1}{10}$, con arreglo a nuestro proyecto, contando con la amable ayuda que le presta la Sociedad Fuerzas Eléctricas de Navarra, a la que, por este motivo, expresamos agradecimiento.

J. PEÑA BOELUF
Profesor de la Escuela de Caminos

Aduntes sobre "Cambios de mano"

Con ocasión de construir la doble vía entre La Encina y Almansa, se ha precisado ejecutar alguna vez la operación conocida en términos ferroviarios por «Cambio de mano». Consiste en montar la vía doble a partir de un cierto punto, a distinto costado de la vía general que el utilizado hasta él, y aprovechando un intervalo que la circulación por la vía general ofrezca, se corta ésta, y por ripado de las vías, se enlaza cada uno de los cortes de vía general a los de vía nueva, que les confrontan, quedando establecida la doble vía.

Dos casos esencialmente distintos pueden motivar dicha operación; unas veces se ejecuta cuando a distinto lado del que lleva la vía doble se presenta más facilidad para continuar explanándola (figura 1.^a). Otras veces se persigue con dicha opera-

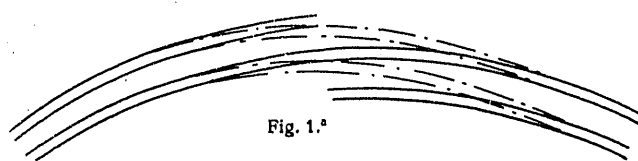


Fig. 1.^a

ción aislar en una de las vías de una doble vía ya establecida un obstáculo accidental; claro está que en este caso la operación se verifica doble, por dos puntos que comprenden el obstáculo (fig. 2.^a); este

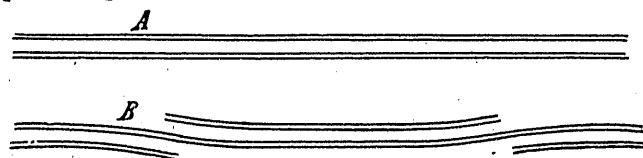


Fig. 2.^a

caso no es frecuente, pues la mayoría de las veces bastará establecer entre las estaciones próximas la vía única.

Siendo en el primero de los casos de carácter permanente la operación, debe efectuarse adoptando los mayores radios posibles. En cambio, en el segundo caso, de carácter muy provisional, lo que interesa es

que la operación sea lo más sencilla posible y se adoptan radios mínimos, lo cual no es inconveniente ya que en estos casos circulan los trenes a velocidad moderada, pues existe precaución y a veces parada inclusive.

Estudio teórico

No puede ofrecer más sencillez el estudio geométrico del trazado de un cambio de mano, pues considerando el problema general, si tenemos una vía en curva I (fig. 3.^a), y queremos pasar de ella a otra II

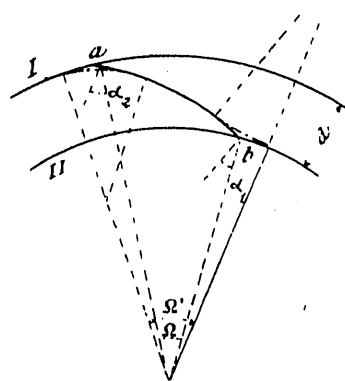


Fig. 3.^a

paralela, la curva de enlace lógicamente debe cumplir con la condición de separarse de la vía I a una longitud proporcional al arco recorrido; es, pues, una espiral de Arquímedes. Como la citada espiral no encuentra tangencialmente a las vías I y II, se imponen dos arcos de acuerdo que eviten los puntos angulosos *a* y *b*; el acuerdo *b* es

de curvatura en sentido contrario; debe, pues, tener su radio valor máximo, pudiendo ser una recta con los valores corrientemente adoptados para la espiral.

Por el método de Roberval, sabemos que se puede trazar la tangente a la espiral de Arquímedes en un punto, componiendo la velocidad uniforme de arrastre del radio vector con la relativa del móvil que describe la espiral; la primera, si t_1 es el tiempo que suponemos tarda el móvil en describir la porción de curva considerada, vale

$$v_a = \frac{R_1 \cdot \Omega}{t_1}$$

y la velocidad relativa

$$v_r = \frac{d}{t_1}$$

luego la tangente del ángulo que forma la espiral de la vía I en b es

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{d}{R_1 \Omega}$$

y en el punto a

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{d}{(R_1 + d) \Omega}$$

Siendo la diferencia entre $\operatorname{tg} \alpha_1$ y $\operatorname{tg} \alpha_2$

$$\frac{d^2}{(R_1 + d) R_1 \Omega}$$

valor sumamente pequeño para los valores corrientes de d , R y Ω , se puede considerar $\alpha_1 = \alpha_2$ tomando para valor del desarrollo el

$$\left(R_1 + \frac{d}{2}\right) \Omega$$

que llamaremos $R\Omega$.

Para determinar la espiral, debemos hallar el valor de Ω , determinándose éste por consideraciones referentes a los radios de acuerdo. Para estudiar los radios de acuerdo podemos considerar, en las proximidades de las vías I y II, que la espiral es un arco de círculo cuyo radio es igual al radio de la vía, con lo cual se cometen errores que son iguales al valor de α multiplicado por la diferencia entre las distancias a los puntos a o b , mediadas según el arco o según la cuerda, diferencia que no altera las conclusiones.

Sea (fig. 4.^a) un arco de círculo de radio R , correspondiente a un ángulo en el centro β ; trazaremos un arco de radio r , con centro o' en uno de los radios extremos del anterior, y prolonguémole hasta que encuentre al otro radio extremo. Vamos a relacionar β , R y r con α ; proyectando B y C en m y n tenemos

$$\frac{Bm}{Om} = \frac{Cn}{On}$$

o sea

$$\frac{R \operatorname{sen} \beta}{r \operatorname{sen} (\beta + \alpha)} = \frac{R \cos \beta}{r \cos (\beta + \alpha) + R - r}$$

es decir,

$$-r \operatorname{sen} \alpha = (r - 1) \operatorname{sen} \beta$$

que se puede obtener también, proyectando el contorno $OO'C$ sobre la normal a OC , pues queda

$$r \operatorname{sen} \alpha = (R - r) \operatorname{sen} \beta$$

que es el valor anteriormente deducido.

Por la hipótesis antes indicada, de suponer la espiral como arco de círculo, éste tendrá el centro en O'' ,

y entonces se ve, por la figura 4.^a, que del ángulo en el centro β que consume el acuerdo, $\frac{\beta}{2}$ corresponde a la vía AB y $\frac{\beta}{2}$ a la espiral.

Consideremos ahora el acuerdo de la figura 5.^a, en el cual con la anterior hipótesis se ve que la vía BC consume un ángulo en el centro $\frac{\alpha}{2}$, y el desarrollo resulta:

$$l = 2R \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2}.$$

Fig. 5.^a

Resumiendo ahora los dos acuerdos y el arco de espiral, resulta definitivamente para ángulo en el centro que abarca el cambio

$$\Omega' = \Omega + \frac{\alpha_1}{2} + \frac{\beta}{2} = \frac{\alpha_1}{2} + \Omega + \frac{1}{2} \operatorname{arc} \operatorname{sen} \frac{\rho \operatorname{sen} \alpha}{\left(\frac{R}{r} - 1\right)}$$

anterior relación nos da el desarrollo correspondiente a cada valor de Ω .

En la figura 4.^a se deduce finalmente

$$BC = OB - OC = R - (r \cos \alpha + r \operatorname{sen} \alpha \cot \beta)$$

y dividiendo por R

$$a = \frac{BC}{R} = 1 - \rho (\cos \alpha + \operatorname{sen} \alpha \cot (\operatorname{arc} \operatorname{sen} \frac{\rho \operatorname{sen} \alpha}{1 - \rho})) = 1 - \rho \cos \alpha - \sqrt{(1 - \rho)^2 - \rho^2 \operatorname{sen}^2 \alpha}$$

valor en el cual $\rho = \frac{r}{R}$.

En la figura 5.^a se observa que

$$AD = AO - R = \sqrt{AC^2 + OC^2} - R = \sqrt{4 \operatorname{sen}^2 \frac{\alpha}{2} + 1} - R$$

y dividiendo por R .

$$b = \frac{AD}{R} = \sqrt{4 \operatorname{sen}^2 \frac{\alpha}{2} + 1} - 1.$$

tanto este valor como el antes obtenido para a , se utilizarán más adelante al hallar la longitud del arco de espiral.

En la práctica son datos en la determinación de un cambio de mano el radio R de la vía general, el radio r que queremos dar al acuerdo y la entrevía d ; con estos valores fijados debe investigarse el mínimo de Ω' , para lo cual hemos determinado en las figuras 6.^a y 7.^a las curvas que nos dan el valor de α en función de Ω y el de $\frac{\beta}{2}$ en función de α , entrando con los valores de

$$\rho = \frac{r}{R} \quad \delta = \frac{d}{R}$$

como puede verse, las curvas de la figura 7.^a son sen-

siblemente rectas, ya que para los pequeños valores de $\frac{\beta}{2}$ y de α los arcos difieren muy poco de los senos. Combinando para cada par de valores ρ , δ

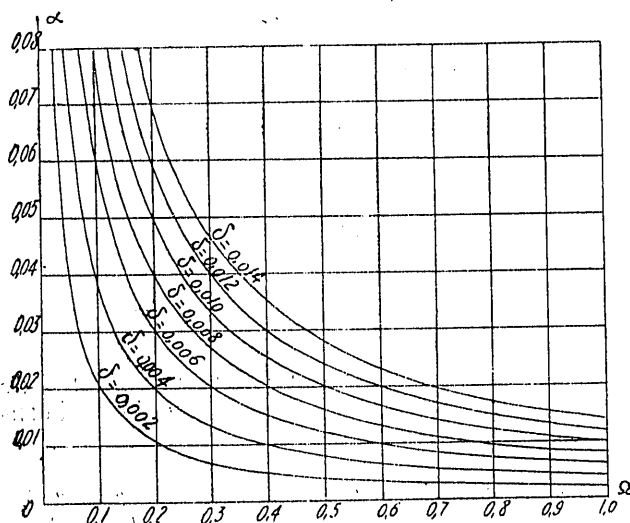


Fig. 6.ª

y los distintos de β y α con los Ω que los originan, se llega al mínimo, que resulta ser cuando desaparece el trozo de espiral y quedan sólo los acuerdos. Nos-

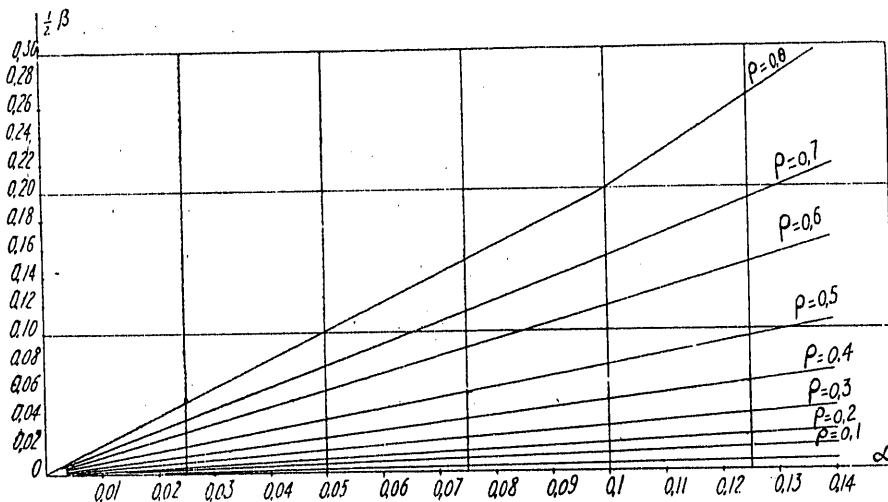


Fig. 7.ª

otros hemos conservado, sin embargo, las anteriores curvas, porque puede convenir para mejor aspecto de las vías no prescindir de la espiral a fin de que resulte menor el trozo de recta.

Hay otro modo de plantear el problema, suponiendo (fig. 8.ª) que se emplean dos arcos circulares de radios $ac = r_1$ y $be = r_2$; si rebatimos la recta OC alrededor de a hasta que coincida con bf , y luego llevamos bf sobre be , oc ocupará la posición eh ; pero como $oc = R$ si llevamos e a e' ,

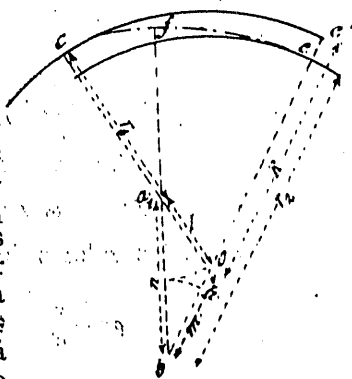


Fig. 8.ª

h caerá en o , y tendremos, por una parte,

$$b's' = r_1 + l + m$$

y como además

$$b's' = d + r_1 + n$$

resulta

$$m + l = d + n$$

El triángulo Oab nos da

$$\frac{l}{\sin \alpha_2} = \frac{m}{\sin \alpha_1} = \frac{n}{\sin \Omega} \quad [1]$$

relación a emplear en este caso. Veamos con un radio R dado y valores d y Ω fijados, qué combinación es la más aceptable. De [1] se deduce

$$\frac{n}{m} = \frac{\sin \Omega}{\sin \alpha_1}; \quad \frac{d+n}{m} = \frac{\sin (\Omega - \alpha_1) + \sin \alpha_1}{\sin \alpha_1}$$

y por diferencia

$$\frac{d}{m} = \frac{\sin (\Omega - \alpha_1) - \sin \Omega - \sin \alpha_1}{\sin \alpha_1}$$

o sea

$$\frac{d}{m} = 1 - \cos \Omega - \sin \Omega \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2}$$

nos conviene r_1 máximo, es decir, l mínimo; pero ello tiene lugar si α_2 es mínimo, lo cual exige que α_1 sea máximo; pues $\alpha_1 = \Omega - \alpha_2$ y, según [1], que m sea máximo; se ve, por consiguiente, que el mayor valor de r_1 es el que corresponde a $r_2 = \infty$, es decir, al caso de ser una recta el arco af , caso que a continuación estudiaremos. Aun se tendría ventaja si r_2 fuera negativo; pero el mal efecto que ello hace a la vista nos inclina a no considerar este caso.

Sea figura 9.ª un acuerdo de los anteriores, de ella se deduce, proyectando sobre OB ,

$$R - d = r + (R - r) \cos \Omega$$

o sea

$$\delta = (1 - \rho) \cos \Omega$$

con la cual hemos obtenido la tabla I. Veamos la longitud de la desviación; para ello consideremos primero el caso de que entre parte de espiral en el acuerdo. Fijando el valor de Ω queda conocida la ecuación de la espiral, que es

$$r = \frac{d}{\Omega} w$$

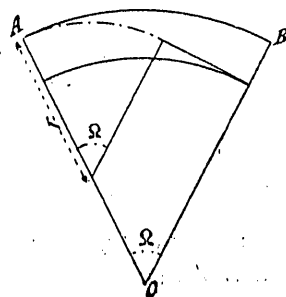


Fig. 9.ª

en esta ecuación, poniendo en lugar de r el valor $R + b$ y el $R + d - a$, se obtienen los w_1 y w_2 que definen los extremos de la espiral, y entonces el arco de ella tiene por longitud

$$L_e = \int_{w_1}^{w_2} dw \sqrt{\left(\frac{dr}{dw}\right)^2 + r^2} = \int_{w_1}^{w_2} dw \sqrt{\left(\frac{d}{Q}\right)^2 + \left(\frac{d}{Q} w\right)^2} =$$

$$= \frac{d}{Q} \left[\frac{w \sqrt{1 + w^2}}{2} + \frac{1}{2} l \left[w + \sqrt{1 + w^2} \right] \right]_{w_1}^{w_2}$$

y la longitud total del cambio de mano es

$$L = L_e + r\beta + R \operatorname{tg} \alpha$$

Si el cambio se traza sólo con arco y recta, entonces su desarrollo es

$$D = rQ + (R - r) \operatorname{sen} Q$$

y la diferencia entre la longitud primitiva y la actual es

$$D - D' = rQ + (R - r) \operatorname{sen} Q - RQ = -(R - r)(1 - \operatorname{sen} \alpha)$$

$$\frac{D - D'}{R} = (\rho - 1)(1 - \operatorname{sen} \alpha)$$

que se desarrolla en la figura 10 (en dos escalas).

Consideremos, finalmente, el cambio de mano en la alineación recta, el cual tiene carácter provisional,

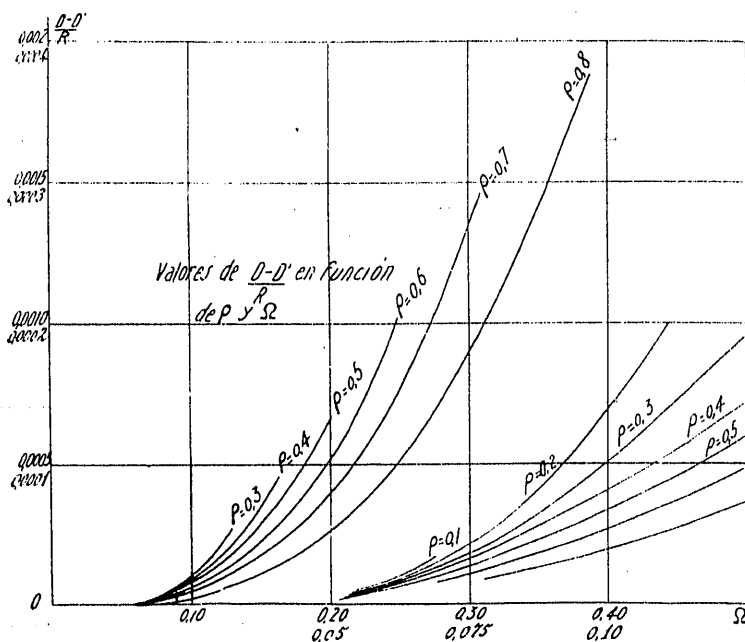


Fig. 10

ya que en estas condiciones salta siempre a la vista, pues quedando la vía ascendente enfrente de la descendente produce mal efecto. Por el citado carácter provisional sólo consideramos en este caso radios de 300 a 600 m. Observemos la figura 11: en este caso, la espiral queda sustituida por la recta ab , que hay que acordar por ambos extremos a las vías I y II, con arcos iguales. Teniendo en cuenta que la cuerda

de un arco forma con la tangente en el extremo un arco mitad del que subtiende la cuerda, tenemos

$$D = (d - \lambda \operatorname{sen} w) \cot \frac{w}{2} + \lambda \cos Q$$

o sea

$$D = d \cot \frac{w}{2} - \lambda$$

además se ve que

$$ab = 2r \operatorname{tg} \frac{w}{2} + \lambda = \frac{d}{\operatorname{sen} w}$$

es decir, que

$$r = \frac{d - \lambda \operatorname{sen} w}{4 \operatorname{sen}^2 \frac{w}{2}}$$

relación que nos liga el ángulo w con el valor de r . Serán datos en este caso la entrevía d y la longi-

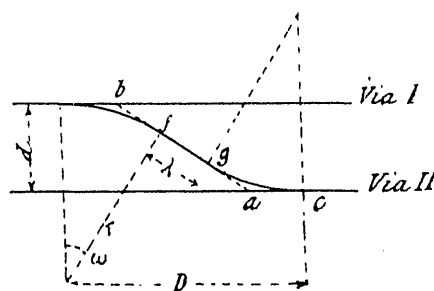


Fig. 11

tud λ , de recta entre curva y contra curva, que fijamos en 24 m, e incógnitas r , w y D , de las cuales la segunda es únicamente auxiliar; los distintos valores de r y D los desarrollamos en la tabla II.

Consideraciones sobre la práctica

Veamos algo de lo que acontece en la práctica al efectuar el ripado de las vías. Desembrizada la junta de carriles, situada al centro de cambio de mano, y quitadas las segunda y tercera capas de balasto en la zona que éste abarca, al aplicar las palancas en la extremidad libre de cada trozo de vía ésta se encuentra idénticamente solicitada que una viga flotante de longitud indefinida cargada en su extremo. La flexión de la vía afecta un carácter plástico, al principio muy marcado, pues al cesar el esfuerzo de las barras el rozamiento impide el retroceso a la primitiva posición; a medida que aumenta la flecha de la curva se aumentan las fuerzas interiores que desarrolla la vía hasta que llegue el momento del rechazo, en que se comporta como una pieza curva de material elástico; entonces procede repartir

en más longitud la deformación de la vía para que, disminuyendo la curvatura, se decrementen las curvas interiores.

Por este proceso de ripado y operando con unas diez a doce barras los golpes se reparten en forma triangular, es decir, decreciendo desde el extremo de la vía a medida que los puntos están más alejados de él, y entonces la forma de equilibrio de la vía es

sensiblemente parabólica, lo cual no sólo favorece la circulación sino que permite, simultaneando el ripado de los dos trozos de vía que deben confrontar, que éstos se encuentren tangencialmente.

Es interesante situar más barras en el carril colocado en el lado hacia el cual tiende el ripado, pues así se levanta algo, disminuyendo mucho el rozamiento, con lo cual la energía de cada golpe de las barras es utilizada casi íntegramente para el trabajo de deformación de la vía, no absorbiendo tanta energía el rozamiento. También es útil espaciar las barras, pues así el trozo de vía levantado es mayor y además se reparte la deformación en más longitud, evitando garrotes en la vía que hacen perder tiempo al tratar de rectificarlos.

Es también interesante considerar la temperatura ambiente al efectuar el empalme de las vías, para determinar la longitud de los cupones de carril necesarios para cerrar el empalme, pues si al cortar la vía la temperatura es elevada, se dilata libremente el hierro aumentando su longitud, pues debe considerarse que en estado normal puede estar el carril comprimido sin encorvarse debido al arriostramiento que ejercen las traviesas, que disminuyen la longitud a considerar, a los efectos del pando, a 740 mm. Así se explica que durante el montaje de un tramo metálico, dispuesto para situarlo en su ubicación por ripado transversal, y habiendo colocado salvando el vano una pareja de carriles embridada a la vía, éstos adquirieron una flecha apreciable a las horas del mediodía.

Es preferible quedar por defecto en la longitud de los cupones que se precisan para unir las vías, pues en caso de excederse hay que aumentar el desarrollo de la vía por medio de curvas bruscas, y una vez embridada rectificarla, con lo cual se origina una compresión inicial. En cambio, si queda corto el cupón, siempre se puede ganar algo aumentando provisionalmente el careo de las juntas; para mejor ejecución conviene tener preparados tres o cuatro cupones con longitudes que difieran entre sí un centímetro.

Para terminar incluimos (tabla III) los valores que en vía recta indica la experiencia que deben tener los cupones de carril que se precisan para cerrar el cambio de mano.

Juan JANAJA
Ingeniero de Caminos
Subjefe de Sección de V. y O. en M. Z. A.

Tabla I

Valores de Q' en función de $\vartheta = \frac{d}{R}$ y $\rho = \frac{r}{R}$

ϑ	VALORES DE ρ							
	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10
0,001	1 000	811	689	628	578	534	489	473,8
0,002	1 413,4	1 154,6	997,6	894,6	817,3	756,2	689	677,6
0,003	1 733,3	1 413,4	1 224,4	1 093,5	997,6	925,3	»	»
0,004	1 971	1 634	1 413,4	1 365,1	1 159,6	1 070	99	»
0,005	2 239	1 826	1 582	1 413	1 291	1 181	»	»
0,006	2 454	1 972	1 733	1 550	1 413	1 312	»	»
0,007	2 652	2 166	1 873	1 675	1 530	»	»	»
0,008	2 835	2 315	1 972	1 733	1 634	»	»	»
0,010	3 176	2 478	2 239	1 972	»	»	»	»
0,012	3 477	2 835	2 454	»	»	»	»	»
0,014	3 862	3 031	»	»	»	»	»	»

Q' viene expresado en diezmilésimas.

Tabla II

Valores de w y D (en metros) [$\lambda = 24$ m]

r	d	w	D
300	2,00	0,0511	54,27
300	3,00	0,0672	64,65
400	2,00	0,0470	61,60
400	3,00	0,0616	73,28
500	2,00	0,0438	69,37
500	3,00	0,0571	81,10
600	2,90	0,0412	73,32
600	3,00	0,0535	88,19

Tabla III

Longitud en m de los cupones a emplear

Temperatura	$d = 2$ m	$d = 3$ m
0°	0,095	0,150
10°	0,090	0,140
20°	0,085	0,130
30°	0,080	0,120
40°	0,075	0,110
50°	0,070	0,100

RADIOFAROS

GENERALIDADES Y RADIOGONIOMETRIA

I. El problema del radiofaro

El enlace entre un barco y la tierra ha pasado por las mismas fases que el problema más general de la transmisión rápida del pensamiento. El hombre utilizó primero los medios que se le ofrecían naturalmente en la comunicación por señales ópticas, luminosas, acústicas; al descubrimiento de las transmisiones eléctricas correspondió un avance considerable; pero la realización completa no se ha cumplido hasta

el advenimiento de las comunicaciones radioeléctricas. Hoy puede decirse que la transmisión instantánea es realizable entre dos puntos cualesquiera del globo.

Nosotros, de la cuestión general arriba enunciada, vamos a desglosar todo aquello que no se refiera a la comunicación entre el barco, considerado en abstracto, y la tierra, concretada en el faro.

En la evolución de los medios de comunicación, notamos, en primer lugar, un ensanchamiento del círculo de acción.

Al encerrar dentro de la óptica la llama que ardía