

campo, y por consiguiente el flujo, es sinusoidal y dirigida horizontalmente según la normal a la dirección del emisor. Llamando z al ángulo que forma la normal al plano del cuadro (vertical) con la dirección del emisor, deducimos fácilmente que la fuerza electromotriz inducida es

$$e' = -\omega n SH \sin z \cos \omega t \quad [3]$$

designando:

S ... La superficie media de una espira.

n ... El número de espiras.

Comparando las fórmulas obtenidas en ambos casos, deducimos en primer lugar, que las f. e. m. se encuentran en cuadratura. Además, la presencia del término $\sin z$, nos indica que el cuadro es un medio receptor direccional, pues la recepción está influida por la dirección del emisor. Esto no ocurre en las antenas ya que, en general, la altura efectiva no sufre la influencia de dicha causa.

Por último, de esta comparación se deduce la noción de *altura efectiva del cuadro*, que es la correspondiente a una antena, en la que se induce una f. e. m. cuyo valor máximo es igual al que la misma causa induciría en el cuadro para $\cos z = 1$. Haciendo, por consiguiente, $e'_{\max} = e'_{\max} \cos z = 1$

$$h_c = \frac{2 \pi n S}{\lambda}$$

Los valores de h_c son excesivamente pequeños. Para un cuadro hexagonal de 36 espiras de 3 m de diámetro, recibiendo ondas de 6 000 m, la altura efectiva es 22 cm. Y corresponden 3,76 m a un cuadro formado por una espira triangular de 40 m de base por 30 de altura.

2.^a *Amplificación*.—La energía que lanza el emisor irradia en todas direcciones, la que puede captar el receptor, ya sea cuadro, ya antena, será muy pequeña; por consiguiente, la amplificación es de una necesidad evidente.

Se utilizan para ello las lámparas de tres electrodos, dispuestas en varias etapas, que se relacionan bien por resistencias, bien por resonancia, bien por transformadores.

La energía captada se sustituye por otra nueva extraída de las baterías de acumuladores, siendo el papel de la lámpara imprimir a ésta el carácter de aquélla.

3.^a *Detección*.—Nada especial tenemos que indicar en esta última parte. Su objeto es la transformación de las oscilaciones eléctricas de elevada frecuencia en otras de frecuencia audible que impresionen un teléfono, o en perturbaciones unidireccionales que actúen sobre la aguja de un aparato electromagnético. Suelen utilizarse para ello las lámparas de tres electrodos, por sus propiedades especiales

Carlos FERNÁNDEZ CASADO

Ingeniero de Caminos, de Telecomunicación
y de Radio E. S. E., París.

Perfiles transversales de los firmes de carreteras frecuentadas por vehículos automóviles ⁽¹⁾

Investigación de un perfil que satisfaga al desiderátum formulado por los usuarios en el IV Congreso Internacional de Carreteras

III

Aplicación de las precedentes fórmulas y propiedades al estudio de algunos tipos de calzadas

F) *Perfil recomendado por D. Blas Sorribas*.—Según las conclusiones presentadas al IV Congreso de Carreteras, el perfil recomendado es un arco de circunferencia con bombeo de $\frac{1}{100}$.

La pendiente transversal en el borde resulta $4 \times \frac{1}{100}$, o sea 40 mm por metro.

La pendiente transversal media es, como se dijo antes, en el punto medio $\frac{0 + 40}{2} = 20$ mm por m.

Pero siendo las pendientes transversales en los diversos puntos proporcionales a las distancias, son inferiores a 2 por 100 en la parte próxima al centro y superiores al 2 por 100 en la parte próxima al borde.

En el siguiente estado figuran las pendientes resultantes para bombeo de $\frac{1}{100}$ con anchos de calzada de 5 a 10 m.

Distancias al vértice para los anchos de...	5 m....	0,25	0,50	0,75	1	1,25	1,50	1,75	2	2,25	2,50
	6 m....	0,30	0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70	3
	8 m....	0,40	0,80	1,20	1,60	2	2,40	2,80	3,20	3,60	4
	10 m....	0,50	1	1,50	2	2,50	3	3,50	4	4,50	5
Pendientes en mm por m.....		4	8	12	16	20	24	28	32	36	40

Se ve, por consiguiente, que los vehículos de cuatro ruedas que se aproximen al borde tendrán inclinaciones muy fuertes.

Hemos sido guiados por consideraciones diversas a considerar la pendiente transversal de 25 mm por metro como aceptable para vehículos de cuatro ruedas en pavimentos perfeccionados; excepto en los de asfalto comprimido, que son muy resbaladizos. Por

(1) Véase pág. 158 del número anterior.

consiguiente, para carreteras de 5 m de ancho el bombeo de $\frac{1}{100}$ es aceptable, pero a partir de dicha dimensión las pendientes transversales que resultan son incómodas y peligrosas para los vehículos.

G) *Perfil señalado por D. Manuel Aguilar.*—Con ocasión del Congreso de Carreteras de Sevilla, y en la correspondencia que mantuve con el Sr. Aguilar, que fué ponente general de la Sección primera, me manifestó que en los pavimentos de hormigón para carreteras adoptaba el bombeo de $\frac{1}{120}$ en vista de que la evacuación de las aguas se efectuaba fácilmente en los afirmados lisos.

Estudiemos el bombeo de $\frac{1}{120}$ en diferentes anchos de afirmado, tomando puntos distantes 0,50 m unos de otros. La razón de las progresiones aritméticas formadas por las distancias de esos puntos al vértice es $0,50 \text{ m} = \frac{1}{6} \text{ 3 m} = \frac{1}{8} \text{ 4 m} = \frac{1}{10} \text{ 5 m}$. Por consecuencia (propiedad 20), las razones de las progresiones de las pendientes serán, respectivamente, para las mismas calzadas, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{10}$ de la pendiente en el borde que vale cuatro veces el bombeo, o sea $\frac{4}{120} = 33,33 \text{ mm por metro}$.

Podemos formar así el siguiente estado:

Distancia de los puntos al vértice, m.....	0,50	1	1,50	2	2,50	3	3,50	4	4,50	5
Pendientes en las calzadas de ancho.....	$\left\{ \begin{array}{l} 6 \text{ m....} \\ 8 \text{ m....} \\ 10 \text{ m....} \end{array} \right.$									
	5,55	11,11	16,66	22,22	27,77	33,33	»	»	»	»
	4,17	8,33	12,50	16,66	20,83	25	29,17	33,33	»	»
	3,33	6,66	10	13,33	16,66	20	23,33	26,66	30	33,33

Se ve, pues, que con el bombeo de $\frac{1}{120}$ la pendiente será a un metro del borde, 22,2 mm y 26,66 mm por metro, según que el ancho sea de 6 m, 8 m y 10 m. Será por interpolación de 25 mm, 27,08 mm y 28,33 mm a 0,75 m del borde en las mismas calzadas.

El bombeo de $\frac{1}{120}$ no resultará molesto para los vehículos de cuatro ruedas, o lo será poco para calzadas de 6 m a 8 m de ancho; es decir, para los anchos normales de carreteras. Si se trata de calzadas de 10 m o mayores, es decir, de calles, entonces resultaría molesto.

Este perfil tiene el inconveniente de que si hubiese necesidad de ensanchar y se siguiera la misma curva, las pendientes en los bordes crecerían según las progresiones citadas y llegarían a ser excesivas.

Por otra parte, con el bombeo de $\frac{1}{120}$ surge el problema de la evacuación de las aguas en la zona central. El Sr. Aguilar nos indica que, a su juicio, el agua corre bien en el caso de carreteras, y estamos conformes con él siempre que se trate de los anchos corrientes de 6 m, pues la pendiente a un metro del eje es de 11,1 mm por metro. Pero cuando el ancho es de 8 a 10 m la facilidad de evacuación de las aguas es ya dudosa, puesto que la pendiente a un metro del eje es sólo de 8,3 mm por metro y 6,7 mm por metro, respectivamente.

En resumen, cuando en calzadas con bombeos de $\frac{1}{120}$ el ancho exceda de 10 m, la pendiente transversal resultará excesiva en los bordes e insuficiente en el centro.

H) *Observaciones sobre las calzadas con bombeo de $\frac{1}{50}$.*—En éstas la pendiente en el borde, $4 \times \frac{1}{50}$, o sea 8 por 100, es doble de la de 4 por 100 que existe en el borde de las calzadas con bombeo de $\frac{1}{100}$ y, por consecuencia, todas las pendientes que figuran en el cuadro del párrafo F) se duplican.

En una calzada de 10 m de ancho se llegará a la pendiente de 4 por 100 a la distancia de 2,50 m del eje, y la zona central de 5 m tendrá un bombeo de $\frac{1}{100}$. A un lado y otro de esta zona practicable existirán

dos laterales de 2,50 m de ancho, que tendrán pendientes transversales variables de 40 a 80 mm por metro, y ocasionará una inclinación de 6 por 100 al vehículo que tenga su eje a 1,25 m del borde, lo que resulta peligroso en pavimentos lisos.

Es, por consiguiente, desacertado proyectar pavimentos modernos con bombeos de $\frac{1}{50}$ en calles anchas, pues se crean de una parte y otra de la zona central zonas laterales peligrosas que evitarán los vehículos, de modo que para el caso es como si no existieran.

I) *Observación general sobre las calzadas en arco.*—Se ve, por lo que antecede, que en las calzadas en arco no conviene un mismo bombeo para todos los anchos, porque da lugar a pendientes fuertes en los bordes, o a pendientes excesivamente suaves en el centro.

Las calzadas en arco de círculo o de parábola, que son prácticamente idénticas para bombeos pequeños, no parecen ser, pues, la solución deseable y definitiva que satisfaga a las necesidades de evacuación de las aguas y repartición uniforme del tránsito, coincidiendo con los deseos de los usuarios de que la inclinación sea lo más reducida posible.

Vamos, pues, a exponer ahora la solución que nos parece más racional, práctica y deseable.

IV

Perfil que satisface el desiderátum formulado por los usuarios en el IV Congreso Internacional de Carreteras

Nos inspiramos en las condiciones formuladas en la conclusión de D. Blas Sorribas, expuesta en el comienzo del presente estudio.

Primera condición: asegurar la evacuación transversal de las aguas de lluvia en la zona central.

Proyectamos en la parte elevada una zona central parabólica de 2 m de ancho, con inclinación en los bordes de 25 mm por metro. Según la proporcionalidad de las pendientes a las distancias resultarán aquéllas de 6,25, 12,5 y 18,75 mm por metro a la distancia de 0,25, 0,50 y 0,75 m del eje. Exceden en más de 50 por 100 a las consignadas en el cuadro

del párrafo F) para las más bombeadas de las calzadas, sea la de 5 m con bombeo de $\frac{1}{100}$. Exceden en 300 por 100 a las de la calzada de 10 m con bombeo de $\frac{1}{120}$ (cuadro del párrafo G).

Según la propiedad quinta las flechas en los puntos indicados son iguales a la mitad del producto de la distancia por la pendiente correspondiente, de modo que se puede trazar así la curva.

A uno y otro lado de la zona central parabólica se proyectan dos planos tangentes, cualquiera que sea el ancho de la calzada, con inclinación de 25 mm por metro. Si en el porvenir es preciso ensanchar la calzada se prolongarán las vertientes con la misma inclinación.

La pendiente de 25 mm por metro es suficiente para asegurar la evacuación de las aguas, y aceptable para la circulación. Es la existente a 0,937 m del borde en la calzada de 5 m con bombeo de $\frac{1}{100}$ y a un metro del borde en la calzada de 8 m con bombeo de $\frac{1}{120}$. No hay razón práctica para que al alejarse del vértice aumente la pendiente que se considera apropiada. Cuando existan aceras habrá necesidad de proyectar unas regueras adosadas a ellas con la pendiente transversal necesaria para asegurar la fácil evacuación de las aguas según las circunstancias locales.

Segunda condición: no exceder la pendiente transversal media de 2 por 100 entre la parte superior y el borde de la calzada.

Se satisface exactamente esta condición en la calzada de 5 m proyectada en la forma que proponemos. La flecha de la zona central es de 12,5 mm, y de 50 mm para el semiancho total, o sea 2 por 100 de 2,50 m.

Para las calzadas de más de 5 m de ancho la pendiente media excede algo de 2 por 100 sin llegar, ni aun alcanzar, al 2,5 por 100. En las calzadas anchas la circulación se hará con menores inconvenientes que en las calzadas en arco que tengan pendiente media de 2 por 100, puesto que la inclinación transversal no excederá nunca, en las proyectadas como proponemos, de 25 mm por metro, en tanto que en las calzadas en arco $\frac{3}{8}$ de su ancho para bombeo de $\frac{1}{100}$ y $\frac{1}{4}$ del ancho para bombeo de $\frac{1}{120}$, tendrán inclina-

ción de 25 a 40 mm en el primer caso y 25 a 33 mm en el segundo.

Conviene advertir que el tipo propuesto debe aplicarse en alineaciones rectas y curvas de radio grande. Cuando es preciso contrarrestar la fuerza centrífuga puede adoptarse en todo el ancho una pendiente única de 2,5 por 100, o de inclinación mayor si el tráfico es de automóviles exclusivamente.

En relación con el perfil creemos que no debe reducirse la pendiente transversal aunque la inclinación de la rasante sea grande. Habrá peligro, en caso contrario, de que las aguas originasen perjuicios a la circulación y dieran lugar a degradaciones en los afirmados.

El tipo de perfil transversal que proponemos no es, por otra parte, una concepción puramente teórica. Resulta de dos tipos que se ejecutan en París, según las normas dictadas por el inspector M. Bienvenue, para calzadas con adoquín en las que la declividad longitudinal pasa del 2 por 100 y para calzadas con tarugos de madera cuya declividad es inferior a 2 por 100. Ambos tienen zona central parabólica de 2 m de ancho, y la inclinación de las vertientes planas de 26 mm por metro en el primero, y 24 mm por metro en el segundo. Se ha comprobado que la circulación en las calzadas de ambos tipos se efectúa indistintamente en las diversas zonas y el desgaste resulta regular.

Se ha observado, por el contrario, que en los adoquinados de pendiente longitudinal inferior al 2 por 100 ejecutados con zona parabólica de 3 m de ancho y vertientes con inclinación de 33 mm por metro, los vehículos evitan las vertientes planas y se concentran en la zona parabólica. Resulta, pues, excesiva la pendiente transversal de 33 mm por metro, en tanto que la de 26 mm por metro no ha dado lugar a ninguna queja, ni aun la de 27 mm por metro empleada en el autódromo de Miramas, situado cerca de Marsella.

En las autocarreteras italianas Milán-Lagos la inclinación de los vehículos con el eje a un metro del borde es de 23,4 mm y 26,25 por metro, según el ancho de la calzada.

Proponemos, pues, el perfil descrito para todos los firmes especiales: adoquinados, entarugados, hormigón de cemento, hormigón asfáltico, alquitranados, etcétera. Deben exceptuarse los pavimentos de asfalto comprimido porque resultarían resbaladizos. Para éstos las vertientes planas tendrían inclinación de 12,5 mm por metro y el perfil quedará definido en la forma siguiente:

Anchos, m.	0,25	0,50	0,75	1	5	6	8	10	15	20
Distancias al vértice, m.	0,25	0,50	0,75	1	2,50	3	4	5	7,50	10
Flechas u ordenadas, mm.	0,8	2,1	7	12,5	50	62,5	87,5	112,5	175	237,5

Creemos haber realizado con este perfil la solución que reclamaban los usuarios, y que al mismo tiempo

satisface técnicamente las exigencias de una buena conservación.

León MOISSENET

Ingeniero jefe de Puentes y Calzadas

OBSERVACIONES.—En el artículo anterior las fórmulas de la segunda columna de la página 151, línea 21, deben decir:

$$I_1 = \frac{n^2 f_1^2}{4} + 1 - 2f_1 + f_1^2; \quad 0 = f_1^2 \left(\frac{n^2}{4} + 1 \right) - 2f_1.$$

En la línea 15 de la segunda columna de la página 161 los números 5, 6, 8 y 10 se refieren a milésimas de milímetro.