

Entre los diversos sistemas de afirmado, el de piedra partida es el que más interés tiene para nosotros, pues seguramente que de tal calidad son al menos el 95 por 100 de las vías ordinarias.

Este sistema de afirmado es el que mejor responde al adagio paradójico de «máximo de utilidad y de agrado y mínimo de sacrificios», por su poco coste de construcción y de conservación, por ser insonoro, por servir para toda clase de pendientes y porque debajo del mismo se puede colocar sin grandes gastos toda clase de tuberías, cables, etc., lo que influye sin duda en que más del 40 por 100 de las calles de poblaciones importantes sean de macadán. Á pesar de esto, este afirmado debe considerarse como el menos apto para las villas por el polvo y barro que produce, por la destrucción rápida para una circulación activa y por el transporte del barro é inmundicias á las calles pavimentadas.

Construcción de afirmados de piedra partida.

Cimiento.—Grande importancia se daba antiguamente al cimiento de piedras gruesas, el que tenía considerable espesor en atención principalmente á que la conservación era discontinua y bastante descuidada. Trésaguet establecía también cimiento, pero limitándose á una fila de piedras puestas de canto; posteriormente y con los firmes macadán se suprimió casi en general el cimiento, en atención á que si se conservaba perfectamente el firme, el cimiento no era necesario y, por el contrario, si se conservaba mal, las ruedas llegarían al cimiento y lo desarreglarían. Más tarde, Telford recomendó nuevamente el cimiento y aconsejaba se estableciera con completa independencia del firme para cuyo efecto lo ripiaba y lo apisonaba.

La rigidez del firme es condición muy esencial para el tránsito de automóviles y no hay duda de que el cimiento se la proporciona á las carreteras, y en este sentido su establecimiento es conveniente en las carreteras generales. No deja de ser conveniente, sin embargo, en los casos en que no haya tránsito de automóviles, porque en toda carretera, aunque la conservación del afirmado se haga con bastante esmero, el agua de lluvia llega hasta la plataforma y la reblandece, siendo ésta en muchos casos causa de baches en la superficie, habiéndose observado, según algunos Ingenieros, que superficies de explanación que se establecieron convexas, se transformaron más tarde en cóncavas por falta de cimentación.

Pero cuando más servicios presta la cimentación, es durante los primeros años de conservación. Si se hacen catas en los terraplenes de una carretera recién construída, se observará que el espesor del firme es bastante mayor que en el resto, porque el contratista no puede evitar, á pesar de la consolidación ocasionada por el tránsito de los carros durante la construcción, que las piedras se claven y se mezclen con la tierra. Más tarde, cuando la carretera se abre al tránsito, en los terraplenes y en los desmontes en tierra, y en gradación decreciente con la mayor resistencia de los mismos hasta llegar á la roca, los baches y rodadas son muy abundantes, refluye el barro que proviene, no sólo de la caja, sino también de la plataforma, y al año de transitar por la nueva carretera se impone un recargo de bastante importancia, si se la quiere tener en condiciones aceptables. Es verdad que en esta primera época el tránsito es algo exagerado, pues los propietarios de montes, las entidades que tratan de construir ó reparar iglesias, escuelas, edificios,

etcétera, esperan á la apertura de la carretera para efectuar los transportes necesarios. Todo esto influye notablemente en la exigencia del recargo, pero no deja de conocerse, sin embargo, el mejor estado y las menores exigencias de la carretera en los sitios en que el fondo es de roca y cuyos efectos son análogos, si bien con mayor intensidad que los que proporcionaría el cimiento.

En este primer año, generalmente en España se encarga el contratista de la conservación de la carretera, á mi juicio con perjuicio para todos por lo que respecto al afirmado, por cuyo motivo en esta provincia se suprimió tal obligación, excepto para las obras de fábrica que realmente exigen el año de garantía por si alguna pudiera estar mal construída. El contratista, sin conocimientos para conservar carreteras, con tendencia á gastar lo menos posible en la conservación y sin elementos suficientes para efectuarla con perfección, cuidará poco y conservará mal el afirmado, por lo que es conveniente no exigir tal obligación, lo que le permitirá poderse dedicar inmediatamente á la construcción de nuevas obras, y, por tanto, hacer una mayor rebaja en la subasta.

Y volviendo al cimiento, no es extraordinario se verifique en carreteras de gran circulación, aun con espesores bastantes grandes de firme, que á causa del reblandecimiento de la tierra del fondo, el afirmado no haga clavo en algunos sitios, lo que obliga á levantar la piedra para retirar la tierra movediza con el fin de colocar cimiento y extender nuevamente el firme.

Por todo lo expuesto debe de recomendarse, en general, establecer cimiento en los terraplenes y desmontes en tierra, por la rigidez que proporciona á la carretera, por la economía que representa en piedra martillada durante la conservación y por evitar en gran parte que la tierra de la plataforma refluya en forma de barro á la superficie á través del firme.

Bilbao 9 de Enero de 1909.

VÍCTOR O. DE ALLENDE.

(Se continuará.)

Cálculo de los cambios de vía

(CONCLUSIÓN) (1)

Fórmulas en las que se puede hacer aproximadamente:

$$\frac{1}{2 \tan \frac{\alpha}{2}} = \frac{2 + \frac{1}{2} \tan^2 \alpha}{2 \tan \alpha} = \frac{1 + \frac{1}{4} \tan^2 \alpha}{\tan \alpha}$$

Del mismo modo, si en un cambio curvo (figuras 4.^a, 5.^a y 6.^a) trazamos los ejes de las tres vías que á él concurren, encontraremos, proyectando las líneas *MPVG* y *MNTG*:

$$X = MP + PV \cos \omega - VG \sin \omega$$

$$\frac{l}{2} + \gamma = PV \sin \omega + VG \cos \omega$$

$$X = MN + MT \cos (\alpha + \omega) + TG \sin (\alpha + \omega)$$

$$\frac{l}{2} + \gamma = NT \sin (\alpha + \omega) - TG \cos (\alpha + \omega)$$

(1) Memoria presentada al Congreso Científico de Zaragoza.

de donde, teniendo en cuenta que $VG = GT = \frac{l}{2}$

$$PV = \frac{\gamma + \frac{l}{2} (1 - \cos \omega)}{\sin \omega}$$

$$NT = \frac{\gamma + \frac{l}{2} (1 + \cos (\alpha + \omega))}{\sin (\alpha + \omega)} \quad (37)$$

$$MP = \frac{X \sin \omega - \gamma \cos \omega + \frac{l}{2} (1 - \cos \omega)}{\sin \omega}$$

$$MN = \frac{X \sin (\alpha + \omega) - \gamma \cos (\alpha + \omega) - \frac{l}{2} (1 + \cos (\alpha + \omega))}{\sin (\alpha + \omega)}$$

$$+ l \cdot \frac{1 + \frac{1}{4} (\tan \alpha - \tan \omega)^2}{\tan \alpha + \tan \omega}$$

$$MN = X - Y \frac{1 - \tan \alpha \tan \omega}{\tan \alpha + \tan \omega}$$

$$- l \frac{1 + \frac{1}{4} (\tan \alpha - \tan \omega)^2}{\tan \alpha + \tan \omega}$$

con estas ecuaciones podemos trazar toda una distribución de vías sin necesidad de dibujar más que sus ejes.

IX.—Cambios dobles.

Supongamos (fig. 10) dos cambios rectos en la misma vía, uno á la izquierda y otro á la derecha, dispuestos de modo que las agujas AA' del segundo estén comprendidas

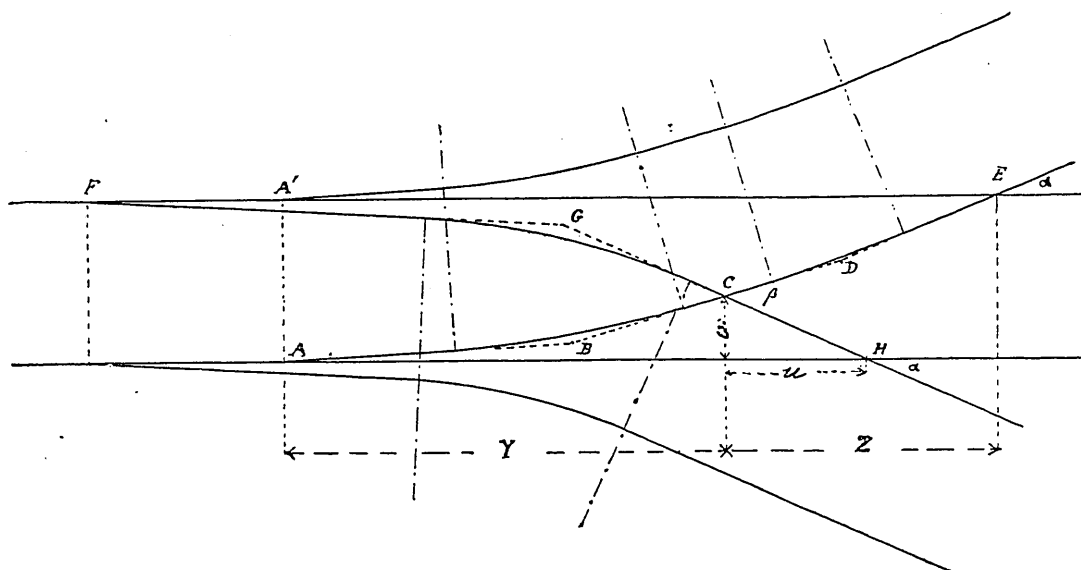


Fig. 10.

En el caso de venir expresado ω en partes del radio, las dos últimas ecuaciones podrán tomar la forma aproximada:

$$NT = \frac{\left(\gamma + \frac{l}{2}\right) \left(1 + \frac{1}{2} \tan^2 \alpha\right) + \frac{l}{2} \cos \omega - \frac{l}{2} \tan \alpha \sin \omega}{\tan \alpha \cos \omega + \sin \omega}$$

$$MN = X - \frac{\left(\gamma + \frac{l}{2}\right) (\cos \omega - \tan \alpha \sin \omega) + \frac{l}{2} (1 + \frac{1}{2} \tan^2 \alpha)}{\tan \alpha \cos \omega + \sin \omega}$$

en las que sustituiríamos $\sin \omega$, $\cos \omega$ por sus valores (35).

Si ω viene dado por su tangente, las ecuaciones (37) pueden ponerse bajo la forma, también aproximada

$$PV = Y \cdot \frac{1 + \frac{1}{2} \tan^2 \omega}{\tan \omega} + l \cdot \frac{\tan \omega}{4 + \tan^2 \omega}$$

$$MP = X - \frac{Y}{\tan \omega} + l \cdot \frac{\tan \omega}{4 + \tan^2 \omega}$$

$$NT = Y \cdot \frac{1 + \frac{1}{2} (\tan^2 \alpha + \tan^2 \omega)}{\tan \alpha + \tan \omega}$$

entre el cambio y el cruzamiento del primero. Llamemos p á la distancia AB , m á la BC , n á la CD y q á la DE ; llamemos también v á la distancia del cruzamiento C al carril derecho; u á la distancia de los cruzamientos C, H , paralelamente á la vía recta; Y á la distancia de C á las agujas AA' ; Z á la de C á E ; α el ángulo de los cruzamientos E, H , y β el de C , tendremos:

$$Y = p \cos \gamma + m \cos (\beta - \alpha)$$

$$v = p \sin \gamma + m \sin (\beta - \alpha)$$

$$z = n \cos (p - \alpha) + q \cos \alpha$$

$$l - v = n \sin (p - \alpha) + q \sin \alpha$$

(38)

Y si suponemos que las dos curvas de enlace ocupan todo el espacio disponible,

$$p - m = b - c$$

$$n - q = f - c$$

de donde, eliminando p, m, n, q y llamando D_1, D_2 á los valores normales de Y, Z :

$$D_1 \sin \frac{\beta - \alpha + \gamma}{2} = v \cos \frac{\beta - \alpha + \gamma}{2} + (b - c) \sin \frac{\beta - \alpha - \gamma}{2}$$

$$D_1 \sin \frac{\beta}{2} = (l - v) \cos \frac{\beta}{2} + (f - c) \sin \left(\alpha - \frac{\beta}{2} \right) \quad (39)$$

Los radios normales de las dos curvas serán:

$$r_1 = \frac{v - b \sin \gamma - c \sin (\beta - \alpha)}{\cos \gamma - \cos \beta - \alpha}$$

$$r_2 = \frac{l - v - f \sin (\beta - \alpha) - c \sin \alpha}{\cos (\beta - \alpha) - \cos \alpha}$$

Al variar v , los dos radios varían en sentido contrario; el valor mayor corresponderá al caso de ser iguales: adoptando, pues, los valores aproximados

$$r_1 = 2 \frac{v - b \tan \gamma - c (\tan \beta - \tan \alpha)}{(\tan \beta - \tan \alpha)^2 - \tan^2 \gamma} \quad (40)$$

$$r_2 = 2 \frac{l - v - f (\tan \beta - \tan \alpha) - c \tan \alpha}{\tan \beta (2 \tan \alpha - \tan \beta)}$$

encontraremos, para $r_1 = r_2$,

$$v = l - f \tan \beta + (f - c) \tan \alpha + \frac{\left\{ \begin{array}{l} [b \tan \gamma + (c + f) \tan \beta \\ - f \tan \alpha - l] \tan \beta \\ (2 \tan \alpha - \tan \beta) \end{array} \right\}}{\tan^2 \alpha - \tan^2 \gamma} \quad (41)$$

Este valor de v representa la posición normal del cruceamiento C , de la cual convendrá apartarse lo menos posible; por otra parte, la distancia CH deberá ser mayor que $c + f$, y aunque pudiera disminuirse algo en caso de necesidad, tendrá siempre un mínimo que fijará el de v ; fijado que sea este valor, las ecuaciones anteriores nos determinarán D_1 , D_2 , de los cuales no deberán apartarse mucho Y , Z ; conocidos éstos, las ecuaciones primitivas (38) determinarán p , m , n , q , y, por consiguiente, todos los elementos del cambio.

En cuanto al otro cambio, sólo difiere del caso general en que al valor de c deberá añadirse el de CH ; la longitud del cambio vendrá fijada por la circunstancia de que la distancia entre las agujas deberá ser mayor que un límite prudencial.

Continuemos el cálculo con un ejemplo: hagamos $\tan \alpha = 0,09$, $\tan \beta = 0,13$, $b = 6$ m., $c = f = 3$ m., la ecuación (41) nos dará $v = 0,402$, á lo que corresponde según (40) un radio máximo de 270 m.

Por otra parte, $c + f = 6$, de donde resultará para v un mínimo de $6 \tan \alpha = 0,54$.

Supondremos que se retoca algo el aparato, y adoptemos definitivamente $v = 0,45$, lo que suponen $= 5$ m.

Las ecuaciones (39) puestas bajo la forma aproximada

$$D_1 = \frac{2v + (b - c)(\tan \beta - \tan \alpha - \tan \gamma)}{\tan \beta - \tan \alpha + \tan \gamma}$$

$$D_2 = \frac{2(l - v) + (f - c)(2 \tan \alpha - \tan \beta)}{\tan \beta}$$

nos darán $D_1 = 16$; $D_2 = 18,7$. Hagamos, pues

$$Y = 16$$

$$Z = 19$$

con cuyos valores podremos empezar el cálculo definitivo.

Las ecuaciones (38) nos dan

$$p = \frac{Y \sin (p - \alpha) - v \cos (p - \alpha)}{\sin (p - \alpha - \gamma)}$$

$$m = \frac{v \cos \gamma - Y \sin \gamma}{\sin (p - \alpha - \gamma)}$$

$$n = \frac{Z \sin \alpha - (l - v) \cos \alpha}{\sin (2\alpha - \beta)}$$

$$q = \frac{(l - v) \cos (\beta - \alpha) - Z \sin (\beta - \alpha)}{\sin (2\alpha - \beta)}$$

de las que deducimos

$$p \cos \gamma = \frac{Y (\tan \beta - \tan \alpha) - v (1 + \tan \alpha \tan \beta)}{\tan \beta - \tan \alpha - \tan \gamma - \tan \alpha \tan \beta \tan \gamma}$$

$$m \cos \alpha \cos \beta = \frac{v - Y \tan \gamma}{\tan \beta - \tan \alpha - \tan \gamma - \tan \alpha \tan \beta \tan \gamma}$$

$$n \cos \alpha \cos \beta = \frac{Z \tan \alpha - (l - v)}{2 \tan \alpha - \tan \beta + \tan^2 \alpha \tan \beta}$$

$$q \cos \alpha = \frac{(l - v)(1 + \tan \alpha \tan \beta) - Z (\tan \beta - \tan \alpha)}{2 \tan \alpha - \tan \beta + \tan^2 \alpha \tan \beta}$$

y en nuestro ejemplo

$$p = 9.348$$

$$m = 6.658$$

$$q = 9.327$$

$$n = 9.717$$

El resto del cálculo no ofrece dificultad; para calcular los valores de $\tan \frac{\beta - \alpha - \gamma}{2}$, $\tan \frac{2\alpha - \beta}{2}$, haremos uso de la fórmula (36).

Para que el trazado de la figura 10 sea posible, es preciso que los ángulos obedezcan á las desigualdades

$$\beta - \alpha > \gamma$$

$$p - \alpha < \alpha$$

de donde

$$\alpha + \gamma < \beta < 2\alpha$$

Si $\beta = \alpha + \gamma$, los puntos A , B , C estarían en línea recta y el cambio AE se convertiría en un cambio recto en el que el valor de b sería enorme, dando lugar á un radio muy pequeño. Del mismo modo si $\beta = 2\alpha$ estarían en línea recta C , D , E , siendo entonces muy grande el valor de c ; este es el caso de los cambios dobles en los que las puntas de las agujas coinciden, siendo entonces

todo el aparato simétrico y $v = \frac{b}{2}$.

Se comprende, pues, que para que el trazado resulte proporcionado, será conveniente que el valor de β no difiera mucho de $\frac{3\alpha + \gamma}{2}$.

En el ejemplo antes indicado, poniendo las tangentes en vez de los arcos, tendríamos

$$\frac{3 \tan \alpha + \tan \gamma}{2} = 0,145$$

poco diferente como vemos de $\tan \beta = 0,13$.

ANTONIO PRIETO Y VIVES.

