

SELECCION Y ESTUDIO TECNICO DE LOS CAMINOS EXISTENTES

SU APROVECHAMIENTO Y RENDIMIENTO

Introducción

Este tema es extenso por la multiplicidad de factores de peso, que intervienen en los complejos problemas que se presentan a resolver, razón por la que me detendré lo necesario en cada solución a que lleguemos para afianzar con toda evidencia la tesis que sostendré.

Su estudio quizá algo árido, lo plantearé en forma concisa para no salir del margen de los propósitos de este Congreso, desarrollándolo no obstante en forma clara y analítica.

PARTE I

El saber utilizar un camino acertadamente es tarea un tanto laboriosa, por cuanto deben tenerse muy en cuenta en su estudio dos cuestiones de vital importancia:

- 1ª) La clasificación de los caminos según su importancia.
 - 2ª) Las condiciones que debe satisfacer el trazado del camino.
- La 1ª cuestión se refiere a los caminos:
- a) De *primer orden*, anchos, de calzada, que comunican las capitales de Provincias entre sí, y a veces con la Capital Federal.
 - b) Los de *segundo orden*, que unen los Departamentos con la

Capital de la Provincia respectiva, son menos anchos, pudiendo como los anteriores ser afirmados.

- c) Los de *tercer orden*, que unen las cabezas de Departamentos con los otros pueblos y villorrios, siendo éstos menos anchos que los anteriores.

Estando los de *primer orden*, por ser los caminos mas importantes, a cargo del Gobierno de la Nación.

Los de *segundo orden*, están a cargo de los Gobiernos Provinciales. Los de *tercer orden* están a cargo de los municipios.

Conceptúo necesario establecer una *cuarta categoría* — *la senda* — que tan comun es en nuestro País sobre todo en las regiones cordilleranas donde adquieren a veces una importancia tan grande, que es casi comparable allí con los caminos de 1er. orden en el llano o terrenos ondulados, razón poderosa para que no solo se interesen los municipios correspondientes, sino también los gobiernos Provinciales y Nacionales; máxime si se considera lo difícil que es conservar estos caminos en ciertas partes.

Esta clase tan especial de caminos debe estar a cargo de los gobiernos provinciales y vigilados frecuentemente por las autoridades municipales pertinentes, que son las que están más próximas (1).

Es tal la importancia que tienen las sendas en nuestro País, que conceptúo bastante con enunciar un solo ejemplo para ilustrar mejor las ideas, en efecto: En la cordillera estos caminos angostos permiten el acceso al vecino país de Chile por \pm 245 pasos y portezuelos que son conocidos desde hace muchísimos años y como es sabido por muchos de ellos se efectúan transportes varios, máxime cuando a veces se tornan algunos en anchos caminos, dándole así mas importancia a estas arterias de vialidad.

Muy lógica resulta esta nomenclatura de los caminos, por mas que todavía en nuestro país se confundan a veces en su ancho aunque armonizan en su afirmado; pues como sabemos, salvo muy re-

(1) Cuando estuvieren dentro de su jurisdicción.

ducidas excepciones, son todos caminos de tierra, de consistencias distintas.

No implica en ningún caso, que por el hecho de pertenecer o estar a cargo de uno u otro, tal o cual camino deben abandonarse los demás y concretarse solamente al que le corresponde. No! Esto sería sencillamente un absurdo, por cuanto nada o muy poco aprovechamiento se obtendría si estuviera intransitable o abandonado uno cualquiera de los que corresponden a las cuatro categorías.

Nosotros que estamos por ahora muy lejos de tener y conservar los caminos necesarios en la forma técnica que deben estar y de mantener el total de los existentes por sus múltiples deficiencias y abandono en que caen después de construídos por mejor estudiados que hayan sido, debemos cuanto antes proceder al cuidado y mejor utilización del camino seleccionando, cual es el que mas conviene en general consultando los intereses comunes.

Para lo cual estudiaremos las condiciones que debe satisfacer el buen trazado de un camino, pues en muchas ocasiones, depende de no haber tenido en cuenta este importante factor, el que un camino bueno se abandone prematuramente.

Tales condiciones son:

- 1ª) *Las técnicas* — puramente, que estudian la fácil circulación por el camino, teniendo en cuenta la economía en su construcción, conservación y transporte para el camino, dando la mayor comodidad y seguridad a los que por él transiten.

Sabido es que entre dos puntos conviene siempre el camino mas corto en recorrerlos; la recta que los une (cuando sea posible) y que los gastos aumenten proporcionalmente al recorrido.

Ahora si entre estos dos puntos existiera un obstáculo como una elevación del suelo por ejemplo, analicemos lo que sucedería:

- a) Si para evitar mucho desmonte forzamos la pendiente, aumentamos los gastos de transporte disminuyendo los de construcción y conservación.

- b) Si al contrario disminuimos la pendiente, disminuyen los gastos de transporte, aumentando los desmontes y por consiguiente los gastos de construcción y conservación.
- c) Si para evitar el obstáculo hacemos un desvío se aumenta la longitud de trayecto y con él aumenta también el costo total; si existe un terreno pantanoso, tales gastos se aumentan mas, puesto que aumentan los de conservación. En tal caso conviene mas flanquear el obstáculo hasta una cierta altura a objeto que quede algo elevado sobre el terreno de pantano. Si el obstáculo no fuera muy grande y no se encontrara otro medio de salvarlo se hará el desvío a costa del aumento de trayecto.

Los innumerables casos que pueden presentarse a este respecto estarán siempre reducidos a mas o menos estos principios al trazar el camino, y la manera de técnica de elegirlos queda al criterio del Ingeniero, quien estudiará los diferentes aspectos y se pronunciará en definitiva.

2ª) *Las condiciones económicas.* Refiérese esta parte al desarrollo de la riqueza pública y de la industria nacional, siendo de consiguiente una de las mas importantes.

El mejor trazado de un camino es el que proporcione mayores ventajas y estas deben buscarse, en el objetivo directo del trazado y apertura de un camino que es fomentar el desarrollo industrial de la región por donde cruza, facilitando el transporte y disminuyendo los gastos de producción.

Para esto debemos averiguar ante todo que cantidad y cual es la naturaleza de los productos a transportarse, tarea no difícil cuando existen otros caminos inmediatos y por ellos se transportan ya algunos productos.

Un camino que se abre, es una facilidad al transporte y mientras mas económico es este, mas atraerá hacia él, el aumento de producción que encauzándose así correrán a los mercados abaratando de consiguiente el consumo.

Vemos así las dificultades que se presentan a estos estudios,

para elección de uno entre varios trazados, proyectados entre dos o mas puntos.

Generalmente la elección responde a la importancia relativa de la circulación aceptada entre los diferentes puntos.

Siendo esta condición del trazado tan importante bueno es que recordemos la *Solución algebraica del problema económico*, puede ser necesario muchas veces emplear este sistema. En efecto: (1)

Si hay varios trazados que se juzgan aceptables, se hace el cálculo aproximado del gasto anual que ocasionará cada uno y se compara los resultados. Aquel que para una cierta cantidad de servicios prestados conduce al gasto anual mas bajo, es evidentemente el mas ventajoso para los intereses públicos.

Representemos por A el capital a invertirse en la apertura de un camino, por a la tasa de la amortización y por r la del interés. La construcción equivale a un gasto anual de:

$$A (r + a)$$

que se aumentará del gasto de conservación que designaremos con E . Es decir, que el camino será para el constructor, estado, departamento o municipio, una fuente de gasto anual de:

$$A (r + a) + E$$

“Por otra parte el público utilizará el camino y hará anualmente un gasto TP , en que T es el número de toneladas transportadas y P la tarifa por tonelada.

“En resumen, el gasto anual será:

$$D = A (r + a) + E + TP$$

para el transporte de T toneladas.

(1) Lo entre comillas es tomado de Construcción de Caminos ordinarios.

Lo tomado del expresado texto en este Capítulo y los siguientes es para ilustrar y fijar mejor las ideas en el desarrollo sistemático de este trabajo, y, por ser además la esencia básica de la tesis que sostengo y desarrollo.

“Para otro camino sería:

$$D' = A' (r + a') + E' + TP'$$

en que r y T permanecen constantes.

“El trazado cuyo gasto anual sea menor, es naturalmente el que presenta mayores ventajas económicas. Sin embargo, no es el que siempre conviene adoptar. En general en los trazados bien hechos, el mas costoso produce mayores ventajas: si $A > A'$ se tiene casi siempre $D < D'$.”

“La economía obtenida $D' - D$ es pues el producto de un capital $A - A'$ empleado en exceso. Pero los capitales de que dispone el constructor no son indefinidos y conviene hacer de ellos el empleo mas útil. Ahora, la utilidad que se puede sacar de un capital, se mide por la tasa corriente del interés. No hay pues utilidad real en adoptar la disposición mas económica, sino cuando $D' - D$ representa a lo menos el interés del capital $A - A'$ a la tasa r , es decir, si se tiene:

$$\frac{D' - D}{A - A'} > r$$

“De otra manera, $A - A'$ encontraría mejor colocación”. No obstante este cálculo no entraña un valor absoluto y solo sirve de base a un primer concepto cuando se hace el estudio de varios trazados para su elección y discusión. Dado que en la fórmula del gasto anual, el término mas importante es siempre el último, TP , pero el tonelaje T , tal como lo hemos calculado, es inexacto, desde que no se conoce en definitiva la influencia que la apertura del camino puede tener sobre el desarrollo de las comunicaciones; desde luego los resultados del cálculo pueden ser alterados según la variante hipotética del tonelaje, en el caso real.

Poedría hacer mas exacto el cálculo expresado, tomando tres valores para T , uno máximo de todo, el tonelaje a transportar, uno mínimo que sería el menor tonelaje que se puede esperar sea transportado y un tercero que es un término medio entre los dos ante-

riores; si concuerdan los resultados obtenidos en los diferentes casos, no se puede vacilar en la elección del trazado.

Dos factores no entran en el cálculo que hemos visto, ellos son:

a) El transporte de pasajeros (al tratar del tonelaje).

b) El tiempo empleado por los vehículos en recorrer el camino.

Para resolver el *a* con bastante aproximación se puede considerar del punto de vista de gastos, que el transporte de una persona es casi igual al de una tonelada de mercadería.

Para resolver el *b* cuando entre dos trazados uno obliga a marchar al paso o con marcha lenta en algunos puntos y otro permite marchar al trote o con velocidades mayores, se debe elegir este último, pues el tiempo aunque la fórmula no lo considera, es un factor importantísimo para el abaratamiento de los transportes.

En tesis general, las condiciones económicas se refieren al caso que hay que unir tres puntos por medio de un camino; para lo cual debe guiarse al elegir el criterio que la suma total de los gastos de construcción, conservación y transporte sea un mínimo, dando un máximo de rendimiento.

3ª) *Las condiciones estratégicas.* Son las que se refieren a las defensas entre los Estados, caminos que conducen a las fronteras, puntos estratégicos, fortificados, etc.

Los trazados de estos caminos teniendo en general una finalidad especial, son estudiados en su faz técnica y militar, razón por la cual serán estudiados por los ingenieros militares, escuchando la opinión del Estado Mayor del Ejército, en cada caso dado que esta entidad es la que decide en cuanto a los que los planes de operaciones conviene.

Por lo demás, todo su estudio técnico se ajusta a los proyectos de los caminos en general.

PARTE II

Varios otros problemas de interés podríamos ver por ser muy

necesarios, pero por conceptuar que me alejaría un tanto de la misión de este Congreso por su extensión tocaré de paso solo aquello que es de importancia capital para formar el conjunto armónico del estudio que hacemos.

En consecuencia, veremos *el Problema del Punto de Convergencia*, por tener gran aplicación en nuestro País.

Sea (fig. 1) ABC los tres puntos dados que son vértices de un triángulo, conviene tomar otro punto en su interior y unirlo con ellos en forma tal que al determinar ese punto se obtenga como resultado que la suma total de los gastos sea un mínimo.

Supongamos ya determinado este punto interno y designémoslo por P.

“Representemos con K, K_1, K_2 el capital invertido en la construcción por kilómetro, en los caminos AP, BP, y CP, respectivamente; con f, f_1, f_2 el costo kilométrico del transporte para una tonelada por los mismos caminos; con u, u_1, u_2 los gastos respectivos de conservación; con A, B y C las toneladas de carga transportadas y con i el interés del capital o sea la tasa.

Siendo A_1, B_1 y C_1 el gasto total kilométrico para cada camino, se tendrá:

$$A_1 = Ki + Af + u$$

$$B_1 = K_1 i + Bf_1 + u_1$$

$$C_1 = K_2 i + Cf_2 + u_2$$

Representando con S la suma total de gastos y con r, s y t las distancias kilométricas AP, BP y CP, tendremos:

$$S = A_1 r + B_1 s + C_1 t \quad (a)$$

Esta es la suma que debe ser un mínimo.

Observemos que P está determinado por medio de las tres coordenadas r, s, t y podemos expresar s y t su función de la otra coordenada r y del ángulo φ que r forma con AB.

— 81 —

Para esto, observemos que se tiene, indicando con a , b y c los lados del triángulo opuestos respectivamente a los vértices A , B y C :

$$s = (c^2 + r^2 - 2cr \cos \varphi)^{\frac{1}{2}}$$

$$t = (b^2 + r^2 - 2br \cos [\varepsilon - \varphi])^{\frac{1}{2}}$$

y sustituyendo en la (a) los valores encontrados:

$$S = A_1 r + B_1 (c^2 + r^2 - 2cr \cos \varphi)^{\frac{1}{2}}$$

$$+ C_1 (b^2 + r^2 - 2br \cos [\varepsilon - \varphi])^{\frac{1}{2}} (c)$$

Para que esta expresión sea un mínimo, es necesario que:

$$\frac{dS}{dr} = 0; \text{ y } \frac{dS}{d\varphi} = 0$$

“Encontraremos así dos ecuaciones de condición, que nos darán los valores de r y φ , es decir, las coordenadas polares del punto P que satisface a la cuestión.

Formando la derivada con respecto a r :

$$\frac{dS}{dr} = A_1 + B_1 \frac{1}{2} \frac{2r - 2c \cos \varphi}{(c^2 + r^2 - 2cr \cos \varphi)^{\frac{1}{2}}}$$

$$+ C_1 \frac{1}{2} \frac{2r - 2b \cos (\varepsilon - \varphi)}{(b^2 + r^2 - 2br \cos [\varepsilon - \varphi])^{\frac{1}{2}}}$$

o bien:

$$\frac{dS}{dr} = A_1 + B_1 \frac{r - c \cos \varphi}{s} + C_1 \frac{r - b \cos (\varepsilon - \varphi)}{t} (c)$$

Prolonguemos la recta AP y tracemos desde C y B perpendiculares a esa recta y tendremos: $AP - AH = -PH$ pero (x)

$$r - c \cos \varphi = -PH \text{ y } r - b \cos (\Sigma - \varphi) = -PS'$$

y sustituyendo estos valores en (c):

$$\frac{dS}{dr} = A_1 - B_1 \frac{PH}{s} - C_1 \frac{PS'}{t}$$

Indiquemos con α_1 , B_1 y γ , respectivamente los ángulos en P opuestos a los lados a, b y c del triángulo y tendremos:

$$\frac{PH}{s} = -\cos \gamma, \text{ y } \frac{PS'}{t} = -\cos \beta,$$

Luego la derivada anterior puede escribirse:

$$\frac{dS}{dr} = A_1 + B_1 \cos \gamma, + (\cos \beta) = 0.$$

Formemos ahora la derivada de S con respecto a φ .

De (b) sacamos:

$$\begin{aligned} \frac{dS}{d\varphi} &= B_1 \frac{1}{2} \frac{2cr \operatorname{sen} \varphi}{(c^2 + r^2 - 2cr \cos \varphi)^{1/2}} \\ &- \frac{1}{2} C_1 \frac{2br \operatorname{sen} (\Sigma - \varphi)}{(b^2 + r^2 - 2br \cos [\Sigma - \varphi])^{1/2}} \end{aligned}$$

o bien:

$$\frac{dS}{d\varphi} = B_1 \frac{cr \operatorname{sen} \varphi}{s} - C_1 \frac{br \operatorname{sen} (\Sigma - \varphi)}{t} = 0$$

Dividiendo por r y observando que:

$$c \operatorname{sen} \varphi = BH \text{ y } b \operatorname{sen} (\Sigma - \varphi) = CS'$$

(x) En el triángulo rectángulo AHB se tiene: $AH = AB \cos \varphi$ luego: $AP - AH = -PH$ esto es, $r - AB \cos \varphi = -PH = r - c \cos \varphi$

— 83 —

se tiene:

$$\frac{dS}{d\varphi} = B_1 \frac{BH}{s} - c, \quad \frac{CS'}{t} = 0$$

Pero

$$\frac{BH}{s} = \text{sen } \gamma, \quad \text{y} \quad \frac{CS'}{t} = \text{sen } \beta,$$

Luego:

$$\frac{dS}{d\varphi} = B_1 \text{sen } \gamma, - C_1 \text{sen } \beta, = 0$$

de donde:

$$B_1 \text{sen } \gamma, = C_1 \text{sen } \beta,$$

“Tenemos entonces el sistema de las dos ecuaciones:

$$\begin{aligned} A_1 + B_1 \cos \gamma, + C_1 \cos \beta, &= 0, \\ B_1 \text{sen } \gamma, &= C_1 \text{sen } \beta, \end{aligned}$$

que nos permiten determinar β , y γ , (1)*Solución Gráfica*

“Con las 3 cantidades A_1, B_1, C_1 , construyamos un triángulo que llamaremos de los *gastos kilométricos* (fig. 3). Demostraremos que los ángulos exteriores α_1, β_1 y γ_1 de este triángulo representan precisamente los ángulos formados alrededor de P. En efecto, entre los lados y los cosenos de los ángulos exteriores, se verifica la relación:

$$A_1 + B_1 \cos \gamma_1 + C_1 \cos \beta_1 = 0$$

pues se tiene:

$$a = B_1 \cos \gamma \quad b = C_1 \cos \beta$$

y sumando:

$$a + b = A_1 = B_1 \cos \gamma + C_1 \cos \beta$$

y sustituyendo β y γ por sus suplementos:

$$A_1 = - B_1 \cos \gamma, - C_1 \cos \beta,$$

trasponiendo resulta finalmente:

$$A_1 + B_1 \cos \gamma, + C_1 \cos \beta, = 0 \quad (1)$$

En cuanto a la 2ª relación se deduce inmediatamente del triángulo:

$$\frac{B_1}{C_1} = \frac{\text{sen } \beta}{\text{sen } \gamma}$$

y sustituyendo los ángulos suplementarios:

$$\frac{B_1}{C_1} = \frac{\text{sen } \beta}{\text{sen } \gamma},$$

de donde:

$$B_1 \text{ sen } \gamma = C_1 \text{ sen } \beta, \quad (2)$$

“Las relaciones (1) y (2) prueban que los ángulos α_1 , β , y ψ , son los mismos ángulos hallados anteriormente formados alrededor de P y nos dice que si se construye un triángulo cuyos lados sean iguales a los gastos kilométricos, los ángulos exteriores de este triángulo representan los ángulos formados alrededor del punto P.

“De esta propiedad se deduce la siguiente construcción gráfica del *punto de convergencia*.

“Con los gastos kilométricos A_1 , B_1 , C_1 como lados, construyamos un triángulo sobre uno de los lados, el AB por ejemplo (fig. 4) del triángulo ABC formado por las 3 poblaciones dadas.

“Entonces por la propiedad anterior, los ángulos exteriores.

del triángulo $A_1 B_1 C_1$ representan los ángulos que deben formarse en P. Por A tracemos una paralela a B_1 hasta encontrar la prolongación de A_1 en M.

Los 3 puntos A, B y M determinan una circunferencia, que corta la recta CM en el punto P buscado. Este punto se llama *polo* de las poblaciones A y B.

El triángulo ABM, en este caso es también un triángulo de los gastos kilométricos; pero en escala mayor que la primera.

En cuanto a la dirección del tráfico de C a A y B, el polo M reemplaza a estos 2 puntos, de modo que el tráfico debe dirigirse desde C a M; pero solo hasta la intersección con el círculo o sea P, desde cuyo punto el tráfico se dirige hacia A y B.

El triángulo de los gastos kilométricos puede construirse sobre otro lado cualquiera como el BC. Para ello tomaríamos sobre BC una longitud $= A_1$ y sobre este lado construiríamos el triángulo cuyos otros dos lados fueran B_1 y C_1 , pero de modo que sean respectivamente opuestos a los vértices, B y C; trazariamos una paralela a C_1 y prolongariamos β , hasta encontrar aquella en un punto M_1 que con B y C determinan la circunferencia que cortaría a $M_1 A$ en el punto P ya encontrado antes, lo que serviría de comprobación.

Es evidente que el triángulo de los gastos kilométricos, se construye de acuerdo con una escala.

En cuanto a la distancia respectiva de P a los 3 puntos A, B y C depende del costo relativo de los 3 caminos.

Otra solución gráfica

“El punto de convergencia P puede determinarse cuando se conocen los ángulos α , y β , puesto que el tercero γ , es igual a $360^\circ - (\alpha + \beta)$. Por consiguiente, construido el triángulo de los gastos kilométricos y determinados α , y β , el problema se reduce a determinar un punto P tal que las visuales dirigidas de este punto

a A y B formen ángulos α , y β , respectivamente con la visual dirigida a C.

“La construcción es la siguiente: Por los puntos A y B (fig. 2) tracemos las rectas AM y BN que formen con las AC y BC respectivamente ángulos iguales a β , y α ; en A y B levantemos perpendiculares a AM y BN hasta interceptar en O_1 y O_2 las normales de los puntos medios de AC y BC; con centro O_1 y radio $O_1 A$ describamos una circunferencia y otra con centro O_2 y radio $O_2 B$. Estas circunferencias que tienen comun el punto C, se cortarían en otro punto, que es precisamente el punto P buscado.

En efecto, los ángulos β , semi-inscripto y APC inscripto, tienen por medida la mitad del arco ADC. Análogamente los ángulos α , y BPC están medidos por la mitad de arco BEC. Luego:

$\beta_1 = \text{APC}$ y $\alpha_1 = \text{BPC}$ y P satisface las condiciones anunciadas.

Observemos que el punto de convergencia P, es el punto de equilibrio de 3 fuerzas, cuyo valor está en relación a los gastos kilométricos de construcción, conservación y transporte y cuya dirección coincide con las de las vías de acceso.

Por consiguiente, podríamos construir el punto de convergencia de un modo mecánico: si se dibuja la posición de los 3 puntos A, B y C en una plancha y se la agujerea en estos puntos, pasando por estos agujeros hilos en los cuales graviten pesos proporcionales al valor de los gastos kilométricos de los 3 caminos, el punto de convergencia sería el que resultaría del equilibrio de estas 3 fuerzas.

La posición del polo M que hemos determinado antes (fig. 4) no solo es de importancia en cuanto se refiere a la dirección del tráfico, sino también al costo de transporte.

En efecto, la suma total de los gastos para los 3 caminos, AP, BP y CP es:

$$S = \overline{AP} \cdot A_1 + \overline{BP} \cdot B_1 + \overline{CP} \cdot C_1,$$

Siendo el triángulo $A_1 B_1 C_1$ de los gastos kilométricos, se-

mejante al AMB, hemos dicho que este sería el triángulo de los mismos gastos kilométricos, pero en escala mayor.

Entonces, si como unidad para representar los gastos, se considera aquella en que está dibujado el triángulo ABM, la expresión anterior se convierte en:

$$S = AP \cdot BM + BP \cdot AM + CP \cdot AB.$$

Ahora, en todo cuadrilátero inscripto en un círculo, la suma de los productos, de los lados opuestos es igual al producto de las diagonales, es decir:

$$AP \cdot BM + BP \cdot AM = AB \cdot PM$$

luego:

$$S = AB \cdot PM + AB \cdot CP = AB (PM + PC) = AB \cdot CM$$

o bien:

$$S = CM \cdot C_1.$$

Lo cual quiere decir que: la suma de los gastos de construcción, conservación y transporte entre los 3 puntos A, B y C, es igual a los que se originarían si todo el tráfico se dirigiera de uno de los puntos hacia el polo de los otros dos.

La posición del polo M no depende de la posición del punto C, sino de los gastos kilométricos. Así si C ocupara la posición C', M sería el mismo y para obtener el punto de convergencia habría que unir C' con M.

Variando los gastos kilométricos varía M.

“Existen casos en que conviene mas hacer el trazado según los lados del triángulo ABC. Esto depende del tráfico. Si el trazado se hace según los 3 lados del triángulo ABC, resulta que C

está unido con A y B por rectas y el tráfico es mas directo que cuando se emplea el punto de convergencia.

Caso particular

“Consideremos el caso en que el triángulo ABC sea equilátero y supongamos para simplificar que sus lados sean cada uno igual a 1.

Llamemos Q el tráfico por el trazado ACBA y supongamos que sea el mismo para cada uno de los 3 caminos AB, BC y CA. (fig. 5).

Designando con f la tarifa, con A el capital invertido en la construcción y con i la tasa del interés, tendremos indicando con S la suma total de los gastos para el trazado ACBA.

$$S = (Ai + Qf) 3. \quad (a)$$

Para el otro trazado tendremos, observando que el tráfico para los caminos AP, BP, CP es doble del anterior, que la suma de los gastos kilométricos será:

$$Ai + 2 Qf \quad (b)$$

“Para tener la suma total S_1 de los gastos, habrá que multiplicar esta expresión por:

$$AP + BP + CP.$$

“Para calcular esta suma tendremos:

$$CN = 1. \text{ sen } 60^\circ \text{ y } \text{ sen } 60^\circ = 0.866.$$

y por consiguiente:

$$CN = 0.866.$$

— 89 —

Ahora como el punto P coincide en este caso con el centro de gravedad del triángulo y que debe hallarse sobre CN a $\frac{2}{3}$ de C, se tiene:

$$CP = \frac{2}{3} 0.866.$$

luego:

$CP + AP + BP = \frac{2}{3} 0.866 \times 3 = 2 \times 0.866 = 1.732$ y multiplicando la (b) por este valor para obtener S_1 :

$$S_1 = (Ai + 2 Qf) 1.732.$$

comparando esta suma con la (a), se elegirá el trazado correspondiente a la suma menor.

En general existirá un cierto punto de convergencia P para el cual resulten las 2 sumas iguales, es decir:

$$(Ai + Qf) 3 = (Ai + 2 Qf) 1.732$$

y dividiendo por 3:

$$Ai + Qf = 0.577 (Ai + 2Qf) = 0.577 Ai + 1.254 Qf$$

$$Ai (1 - 0.577) = Qf (1.154 - 1)$$

$$0.423 Ai = 0.154 Qf$$

$$(x) Ai = \frac{0.154}{0.423} Qf = 0.37 Qf$$

“Para que el 2° trazado sea conveniente (el ABC—) Ai debe ser menor que 0.37 Qf. Si se tiene que $Ai > 0.37 Qf$, conviene emplear el punto de convergencia. De aquí se deduce:

$$Q < \frac{Ai}{0.37 f}$$

(x) Esto nos dice: Que para que sea indiferente emplear uno u otro trazado se necesita que: el capital A α por el interés i sea igual a 0.37 Qf.

— 90 —

“Esta es la relación que debe efectuarse para que convenga emplear el punto de convergencia.

Supongamos que $A = 6.000$ \$, $i = 5\%$ y $f = 0.50$, luego:

$$Q < \frac{30.000}{0.185}$$

es decir, que se debe tener $Q < 1.621$ tonel-kilómetros para que convenga emplear el punto de convergencia.

Problema del empalme

“Otro problema a que puede dar lugar el trazado de un camino, es el que consiste en unir un punto con un camino ya construído entre otros dos.

Sea C el 1er. punto y A y B los que están unidos por un camino (fig. 6); se trata de determinar el punto de empalme.

Supongamos que sea D y unámoslo con C, desde el cual bajamos la perpendicular CN sobre AB. Hagamos:

$$AN=a, NB=b, CN=c, DN=x \text{ y } \overline{DCN}=a$$

Tendremos:

$$CD=(c^2+x^2)^{1/2}, AD=a-x \text{ y } DB=b+x.$$

“Representemos con K, C, f, u los gastos de construcción, el tráfico, la tarifa y gastos de conservación, respectivamente para el camino CD; con K_1 , A, f_1 , u_1 y K_1 , B, f_1 , u_1 los mismos elementos para los caminos AD y BD respectivamente; tendremos que los gastos de construcción, conservación y transporte para cada camino, serán:

$$\text{para CD} = (K_i + C_f + u) (c^2 + x^2)^{1/2}$$

$$\text{para AD} = (K_1 i + A f_1 + u_1) (a - x)$$

$$\text{para BD} = (K_1 i + B f_1 + u_1) (b + x)$$

— 91 —

llamando S la suma total de gastos para los 3 caminos, será:

$$S = (K_i + C_f + u) (c^2 + x^2)^{1/2} + (K_1 i + A f_1 + u_1) (a - x) \\ + (K_1 i + B f_1 - u_1) (b + x)$$

suma que debe ser un mínimo y como es función de la variable x, se tendrá:

$$\frac{dS}{dx} = 0$$

es decir:

$$\frac{dS}{dx} = \frac{(K_i + C_f + u) x}{(c^2 + x^2)^{1/2}} - (K_1 i + A f_1 + u) \\ + (K_1 i + B f_1 + u_1) = 0$$

pero,

$$x = CD \operatorname{sen} \alpha : \frac{x}{CD} = \frac{x}{(c^2 - x^2)^{1/2}} = \operatorname{sen} \alpha \quad (1)$$

sustituyendo y simplificando se tiene:

$$(K_i + C_f + u) \operatorname{sen} \alpha - A f_1 + B f_1 = 0$$

$$(K_i + C_f + u) \operatorname{sen} \alpha = A f_1 - B f_1 = (A - B) f_1$$

Para A=B, resulta A-B=0, $\operatorname{sen} \alpha=0$ y por tanto $\alpha=0$.

En este caso, CD es perpendicular a AB.

Si el tráfico para A es mayor que para B, el punto D se acerca a A.

“Cuando el tráfico para A es máximo habrá que unir directamente C con A.

$$(1) \operatorname{sen} \alpha = \frac{(A - B)}{(K_i + C_f + u)}$$

Observación general sobre el punto de convergencia

Correlación de los 3 puntos dados.

La posición de P (fig. 4) debe ser tal que el camino que tenga menor longitud se dirija hacia los puntos de mayor tráfico.

“Así en el caso que hemos considerado, el camino APB se aproximará tanto mas al camino rectilíneo AB, cuanto mayor sea el tráfico entre A y B los caminos CPA y CPB se aproximarán tanto mas a los caminos rectilíneos CA y CB, cuanto mayor sea la importancia del tráfico de C con respecto a los puntos A y B.

Trazado comercial

“El trazado comercial de un camino, entre dos puntos A y B, al cual afluyen lateralmente mercaderías desde los puntos C, D, E, F, ha de ser en general una poligonal de cuyos vértices se desprenden los empalmes con los puntos laterales (fig. 7).

“Para cada uno de estos vértices ($P_1, P_2 \dots$) hay que llenar las condiciones que establece el teorema del punto de convergencia, de modo que las líneas AP, CP, PP_1 , que concurren al punto P, puedan considerarse como tres fuerzas, con un punto comun de aplicación P, que se equilibran si su dirección y longitud es proporcional a los gastos kilométricos de explotación y coinciden además con la dirección mas ventajosa del tráfico.

“De ahí se desprende un modo muy sencillo para deducir el trazado comercial mecánicamente. Es decir solo es necesario dibujar las poblaciones representándolas por puntos en una mesa, agujerear ésta en aquellos puntos, colocar roldanitas y hacer pasar en ellas, hilos que sostienen, por la parte inferior de la mesa, pesos proporcionales a los gastos kilométricos.

“En el extremo opuesto, cada hilo está provisto de un anillo por el que pasa otro hilo que saliendo de A, termina en B. Librados los hilos a las fuerzas aplicadas en los mismos, se produce un estado de equilibrio que representa el Trazado comercial.

“Para construir geoméricamente el trazado comercial, se procede como sigue. Se calculan los gastos kiloméricos de explotación en todas las líneas de empalme PC, P₁ D, P₂ E, etc., y en todas las secciones AP, PP₁, P₁ P₂, P₂ B de la línea principal y con todos estos valores se construye el polígono de los gastos kiloméricos, cuyos radios vectores (fig. 8) que se dirigen al punto S representan los gastos correspondientes, a las secciones de la línea principal, mientras que las líneas de unión de los radios vectores, representan los gastos de los empalmes. Los ángulos de estos triángulos, son los suplementos de los ángulos formados alrededor de los puntos de empalme.

“Se determina en seguida: 1ro. El polo O de las poblaciones A y C (fig. 9) mediante el triángulo de los gastos kiloméricos respectivos; 2do. El polo O₁ del polo O y población D; 3ro. El polo O₂ del polo O₁ y población B; y trazando los círculos ACO, OO₁ D, y O₁ O₂ B, deben hallarse en ellos los puntos de empalme P, P₁ y P₂ respectivamente.

“Al efecto se une E con O₂ mediante una recta y donde esta corta al círculo O₁ O₂ B se encuentra el punto de empalme P₂ del que parten los ramales P₂ E y P₂ B

“Uniendo despues P₂ y O₁ y cortando con el círculo OO₁ D se tiene el punto de empalme P₁ que determina la dirección del ramal P₁ D.

“Finalmente, trazamos la recta P₁ O y su intersección con la circunferencia AOC nos dá a conocer el punto de empalme P y los ramales CP y AP.

“De este modo hemos hallado muy sencillamente el trazado comercial entre los puntos dados.

Puntos fijos del trazado

“Pocas veces podrá hacerse efectivo en un todo y sobre largas extensiones, el trazado comercial, porque generalmente, por las

condiciones locales del terreno u otras causas, es necesario modificarlo.

“Estas dificultades locales se presentan muy a menudo cuando el camino pasa en las cercanías de pueblos o puertos, o tiene que atravesar grandes ríos o serranías o es preciso seguir los valles naturales, etc. Estos puntos llamados fijos u obligados, influyen sobre el trazado y lo dividen en secciones, limitadas por dos de aquellos puntos. En cada uno de estos casos, se busca el trazado comercial por separado, es decir, se consideran esos puntos fijos como otros tantos por los que debe pasar el camino y se hace el trazado como antes.

“Si tenemos por ejemplo, que construir un camino que ligue cinco puntos, de los que tres se hallen de un costado, de un río y los dos restantes del lado opuesto, despues de elegir el punto mas conveniente para construir el puente, se buscaría el trazado entre aquellos tres puntos y el puente y despues entre tres puntos, es decir, el puente y los dos pueblos situados en la banda opuesta del río.

PARTE III

Elementos de transporte

Motores animados y mecánicos. Carros empleados en el transporte

“Para comprender mejor las reglas de un trazado, es necesario tener algunas nociones sobre los vehículos que deben recorrerlo.

“Nos ocuparemos exclusivamente de los utilizados en el transporte de cargas, que son carros de dos o cuatro ruedas atalajados con caballos. Su construcción está sometida a ciertas reglas generales de las que indicaremos las principales.

La estructura inferior de un carro de cuatro ruedas consta del avant-tren que puede girar libremente alrededor de un eje vertical situado en el punto medio del eje anterior, y de derriere-tren sólidamente fijado a la caja del carro.

La longitud de los ejes varía de 1 m. 50 á 2 m. 50; su espesor es proporcional a la carga y en general está comprendido entre 0 m. 04 y 0 m. 16 de altura por 0 m. 03 á 0 m. 13 de ancho.

El diámetro de las ruedas varía entre 0 m. 50 y 2 m. Conviene aumentar el diámetro en cuanto sea posible para disminuir el tiraje que varía en razón inversa del radio de las ruedas.

Sin embargo hay un límite que no debe excederse. En efecto, la distancia del eje a la calzada, no puede ser mayor que la altura de tiro del caballo que es generalmente de 1 m. á 1 m. 30, pues si aumenta la altura del eje por arriba de este límite, la fuerza de tracción F es oblicua con respecto a la dirección del tiro y puede descomponerse en dos componentes (fig. 10) una horizontal a y otra vertical b .

Esta última produce un peso sobre el caballo, que gastará una parte de su fuerza en reaccionar contra este peso y por tanto es una fuerza perdida para la tracción.

Por otra parte aumentando el radio de las ruedas, se aumenta el peso de estas y por consiguiente el tiraje que es proporcional a la carga.

El ancho de las llantas es variable, debiendo tenerse en cuenta que cuanto mayor es el ancho menor es el peso que soportan y que aquel debe depender de la clase de material y de la carga a transportar. Se empezó por hacer llantas muy anchas, pues así se repartía la presión en un espacio mayor; pero sucedía que con el uso se desgastaban de los costados y redondeándose desaparecía la ventaja que se perseguía.

Varía entre 0 m. 06 y 0 m. 17, pudiendo llegar a tener hasta 0 m. 20 y 0 m. 25 en los carros destinados al transporte de piedras, máquinas y en general de materiales pesados.

“Los ejes no deben sobresalir mas de 0m. 06 sobre la extremidad de las cajas de las ruedas y estas cajas no deben tener, como parte saliente sobre el plano exterior de las ruedas, mas de 0m.12 ó 0m.14.

Peso

“En un carro y en general en todo vehículo se distingue, el *peso muerto*, *peso útil* y *peso bruto*. El primero es el peso del carro o vehículo mismo; el segundo representa el peso de la carga y en cuanto al peso bruto, es la suma de los dos anteriores.

Si representamos con k el peso muerto, con u el peso útil y con P el peso bruto tendremos la siguiente relación:

$$P = k + u.$$

El peso muerto varía entre 500 y 2.000 kilos y el peso útil entre 900 y 6000 kilos.

La relación anterior puede escribirse así:

$$P = a + b u$$

Fórmula en que se admite que el peso bruto se compone de 2 partes una constante y otra proporcional a la carga, siendo inciertos los valores de a y b . Se observa que el peso muerto aumenta menos rápidamente que el peso útil. Cuando se quiere cargar en un carro una cantidad mayor de peso es necesario que sea mas fuerte; pero su fuerza no debe aumentar tanto como el peso que recibe.

Si se hace $a = 150$ kilos y $b = 1.35$, se tiene:

$$P = 150 + 1.35 u.$$

Límite de la carga

Sería conveniente emplear grandes carros tirados por gran número de caballos; pero las experiencias hechas por M. Schwilgué han demostrado que entonces disminuye el esfuerzo y la fuerza

de tracción es menos utilizada cuanto mas numerosos son los caballos, como lo prueban los resultados siguientes:

1440	Kilos para tiro de 1 ó 2 caballos
1310	” ” ” ” 1 á 3 ”
1275	” ” ” ” 1 á 4 ”
1085	” ” ” ” 1 á 5 ”

números que como se vé están en la relación de 1, á 0.91, á 0.89 y á 0.76 y representan el promedio del peso bruto arrastrado por cada caballo en las condiciones de la experiencia.

“Estos resultados se explican fácilmente por varios motivos. Además de la resistencia debida al rodamiento, los caballos cuando están en varias filas, tienen que vencer la rigidez de los tiros que reunen sus collares unos con otros. En segundo lugar, sobre todo en las curvas, no tiran exactamente según las mismas líneas y sus esfuerzos se contrarían y destruyen parcialmente.

“A medida que el peso bruto aumenta, se hace necesario aumentar el número de caballos y le pérdida de fuerza debida a su multiplicidad, concluye por compensar los beneficios que resultan del aumento relativo de peso útil. De esta observación se deduce que para tirar una carga determinada, es mejor tener caballos menos numerosos y mas robustos”.

Trabajo del caballo

“El peso de un caballo varía entre 300 y 600 kilos. La marcha puede ser al paso, al trote o al galope, variando la velocidad entre 0m.40 y 1m.80 por segundo.

Conociendo el *esfuerzo* de tracción se puede deducir el trabajo. Si consideramos un cuerpo cualquiera P y a este aplicada una fuerza F cuando moviéndose el cuerpo, el punto de aplicación de F ha recorrido una cierta distancia d, se llama *trabajo de la fuerza F*, al producto de la intensidad, medida en kilogramos, por

la distancia d , medida en metros, que ha recorrido su punto de aplicación; es decir:

$$T = Fd$$

La unidad de trabajo es el kilogrametro o sea el trabajo necesario para elevar un kilogramo de peso á 1 metro de altura y en 1 segundo de tiempo.

El trabajo se expresa pues en kilográmetros.

Conocida la noción de trabajo y de la unidad que sirve para determinarlo pasemos a estudiar el *trabajo del caballo*.

“El caballo considerado como motor es una máquina susceptible de ceder una parte de su potencia propia bajo forma de trabajo y que conserva indefinidamente esta potencia si ella es convenientemente alimentada y entretenida, es decir, si el caballo está bien nutrido y se le concede el reposo necesario.

“En estas condiciones él podrá reanudar cada día los mismos servicios de la víspera y soportar de nuevo la misma fatiga.

“La potencia absoluta de esta máquina no ha sido determinada, admitiéndose que es proporcional al peso del animal.

Su valor expresado en kilográmetros, es aproximadamente igual a 10.000 veces el peso del caballo, según veremos después.

“Su *rendimiento* en trabajo útil es mas fácil de conocer. Basta medir los esfuerzos que el caballo hace para vencer las resistencias que le son opuestas y las velocidades con que marcha. El producto de estos elementos, multiplicado por el recorrido diario es el trabajo producido.

Designemos con E el esfuerzo de un caballo en un instante dado, con v la velocidad y con t el tiempo o duración de la marcha. Supuesta variable la velocidad, el espacio elemental será vdt (Recordando que el espacio recorrido es igual a la velocidad multiplicada por el tiempo empleado en recorrerla — esto es — $s = vt$ el espacio elemental será $ds = vdt$) y el espacio recorrido en el tiempo t :

$$\int ds = \int_0^t vdt.$$

— 99 —

La expresión del trabajo elemental será $Evd\,t$ y en el tiempo t :

$$\int dT = \int_0^t E\,ds = \int_0^t E\,v\,dt.$$

Si la velocidad fuese uniforme, así como el esfuerzo, el trabajo diario T sería:

$$T = E\,s \qquad T = E\,v\,t.$$

Considerando que el caballo marcha al paso con velocidad de un metro por segundo y que t sea igual a 10 horas, se tendrá un recorrido de:

$$s = v \cdot t = \frac{v}{60 \times 60} \cdot \frac{t}{10} = 36.000 \text{ m.}$$

Supongamos un caballo que pueda desarrollar en 1'', un esfuerzo que algo exagerado sea de $E = 75$ kilóg. Luego el trabajo diario será en kilográmetros.

$$T = E\,s = E\,v\,t \quad T = 75 \times 36.000 = 2.700.000$$

Este trabajo es una función del peso p del caballo que podemos representar por

$$T = J\,p$$

“Siendo J un coeficiente que se determina experimentalmente. Se ha calculado el trabajo para diferentes caballos, teniendo en cuenta su peso y se ha deducido el valor de J por medio de la fórmula anterior, es decir:

$$J = \frac{T}{p}$$

“Los resultados experimentales a que se ha llegado, están contenidos en el cuadro siguiente debido a Gasparini:

Esfuerzo de Tracción	Duración del Trabajo	Recorrido Diario	Trabajo Diario T	Peso del Caballo P	Trabajo Específico J
Kilógramos	Hora	Kilómetros	Kilográmetros	Kilógramos	Kilográmetros.
98	10	16.2	1.620.000	320	5.063
53	10	34.2	1.832.000	340	5.389
45	10	42.8	1.928.000	360	5.356
40	10	43.2	1.728.000	320	5.400

“Resulta de este cuadro que, en condiciones normales, el trabajo diario específico varía de 5.350 á 5.400. En la única experiencia que él ha descendido a 5.063, el esfuerzo de tracción alcanzó a 98 kilos para un caballo de 320 kg. de peso, pero este esfuerzo es exagerado y entra en la categoría de los que, ejercidos continuamente, disminuyen el rendimiento diario de la fuerza del animal.”

Según Navier, se admite generalmente que un caballo atalajado marchando regularmente, hace una jornada de 10 horas, con la velocidad constante de 0m.90 por segundo. El recorrido será entonces por día:

$$3.600 \times 0.90 \times 10 = 32.400 \text{ m.}$$

y el trabajo:

$$T = 32.400 \text{ E.}$$

Tomando el último valor que para J nos dá la tabla, tendremos:

$$T = 5.400 \text{ p.}$$

Igualando estos valores de T y despejando E, obtenemos para el esfuerzo de tracción:

$$E = \frac{5.400}{32.400} \varphi = \frac{1}{6} \text{ p}$$

“Es decir que un caballo puede hacer normalmente y de un modo continuo, un esfuerzo igual a $1/6$ de su peso.

Trabajo Pasivo-determinación del coeficiente de resistencia pasiva) fatiga.

“Véase “Cours de Routes”, por Durand Claye, N° 40 á 43 inclusive.

Trabajo Pasivo

El caballo no solamente se fatiga para arrastrar las cargas que debe transportar, sino también para vencer las resistencias que encuentra en su organismo al ponerse en movimiento.

Los movimientos musculares que debe hacer, originan un trabajo que es lógico suponer proporcional a su peso, pero variable según la velocidad; ese trabajo es el llamado pasivo, y se le puede representar por Kp para la unidad de recorrido, siendo p el peso del caballo y K un coeficiente, llamado de resistencia pasiva.

Determinación del coeficiente de resistencia pasiva

“El valor de K a diferentes velocidades, no puede determinarse sino por experiencias.

Según Tredgold, un caballo no atalajado recorre al paso 70.000 metros por día, debiendo en estas condiciones vencer solamente las resistencias pasivas que se oponen a su marcha. El trabajo desarrollado será de consiguiente 70.000 Kp .

En el cálculo que vamos hacer, supondremos que el coeficiente K es el mismo ya se trate de un caballo atalajado o no. Ahora bien, si el caballo está atalajado, el trabajo diario se compondrá del trabajo necesario para vencer las resistencias que le oponen las cargas que debe arrastrar, y del trabajo pasivo que requiere su marcha progresiva.

El valor del 1er. trabajo sabemos, según lo visto anteriormen-

— 102 —

te que es 5.400 p; en cuanto al segundo, admitiendo el recorrido de 32.400 m. diarios establecidos por Navier, será 32.400 Kp.

De modo que el caballo no atalajado puede desarrollar en un día un trabajo igual a:

$$70.000 \text{ Kp.}$$

y un caballo atalajado, uno de:

$$5.400 \text{ p} + 32.400 \text{ Kp.}$$

Estas dos expresiones representan de consiguiente, la potencia disponible en un día de trabajo, las que pueden igualarse, obteniendo así la expresión:

$$(1) 70.000 \text{ Kp} = 5.400 \text{ p} + 32.400 \text{ Kp.}$$

de la que se deduce que

$$K = \frac{1}{7}$$

“Por tanto el valor del coeficiente de resistencia pasiva para la marcha al paso será de $\frac{1}{7}$

“Para la marcha al trote K será forzosamente mayor, pudiendo admitirse que oscila alrededor de $\frac{1}{5}$

Fatiga

“Se llama fatiga del caballo, a la suma del trabajo para vencer las resistencias de las cargas que debe arrastrar, con el correspondiente a las resistencias pasivas.

Hemos visto que con los datos de Tredgold la potencia varía del caballo es 70.000 Kp, y si reemplazamos K por su valor $\frac{1}{7}$, obtenemos 10.000 p como expresión de esa potencia.

Teniendo en cuenta esto, y observando la fórmula (1), vemos que el trabajo útil diario es 5.400 p, luego el rendimiento útil es de:

$$\frac{5.400 \text{ p}}{10.000 \text{ p}}$$

o bien el 54 % en la marcha al paso.

Ventajas del motor mecánico sobre el animado

“El rendimiento en los motores mecánicos perfeccionados es mayor que en los animados, pero en cambio estos últimos tienen las ventajas de desplazarse de por sí, y de prestarse a mayor variación en los esfuerzos.

Vistas así las partes generales más vitales del camino diremos que siempre deben considerarse otros factores complementarios de su estudio como ser:

Tracción en terreno horizontal — Problemas sobre frotamiento — Rodamiento de las ruedas en la calzada — Obstáculos, resistencia, sobre la calzada, coeficiente de tracción — Carga y esfuerzo del caballo, sus límites — Pendientes; sus límites — Declives, quebradas — Estudio de trazado definitivo en llanuras y países montañosos — Perfiles transversales — Estudio del trazado en un plano representado en curvas de nivel, empalme, trazado en curvas de herradura — Comparación de los trazados; Sus diferentes métodos de cálculo — Elección del trazado — Estudio del terreno vecino al camino.

“Arcas de los perfiles transversales — Trazado de la línea del proyecto sobre el perfil longitudinal — Cálculo de pendientes — Cotas del proyecto y rojas — Determinación de los puntos de paso, de la línea del proyecto sobre los perfiles transversales y de

(1) Procedimientos mecánicos rápidos y modernos para la construcción de caminos.

las cotas rojas — Areas de los perfiles transversales — Diferentes métodos, rápidos, geométricos, y algebraicos — Casos de terrenos con pendientes uniformes y terreno horizontales — Fórmulas para el cálculo. Transportes de las tierras. Sus diferentes clases, a pala, carretilla, carros-carriles, etc. — Cargas de los mismos — Relevos — Cuadrillas — Precios — Duración del recorrido y descargas — Influencia de los declives — Elección del medio de transporte — Repartición de las tierras — Formación de plataformas y taludes — Terraplenamientos — Apisonado, altura de los terraplenes — Constitución de los terrenos, desmoronables, arcillosos — Consolidación de taludes — Desmoronamientos — Obras preventivas de consolidación — Muros, drenajes, etc. — Movimiento y repartición de las tierras — Procedimientos y centros de compensación — Movimiento de tierra — Distancia media y cálculo de los transportes — Distribución de tierras — Su distribución gráfica — Elección del método de transporte — Calzadas — Consolidación — Espesor de las calzadas — Materiales; su dureza, aseo, tamaño y unión — Machaqueo — Calzadas antiguas y empedradas — Métodos de Trésaguet, Mac-Adam — Polonceau— Conjunto de piezas de un proyecto — Extracto de la carta-planó general — Perfiles longitudinales y transversales — Obras de arte — Pliego de condiciones — Cómputos métricos — Análisis de precios y precios aplicados — Memoria descriptiva — Cuadros, planillas y planos parcelarios — Presupuestos (1), etc., etc.

Factores que no deben olvidarse en ningún caso, para que responda el trazado de un camino, a los anhelos de hombres y Gobiernos, dejando completamente de lado intereses particulares o de conveniencias políticas partidistas que no responden jamás a concepto racional alguno.

PARTE IV

Diríase, lógicamente que todos los caminos que existen y se trazan han respondido y responden en todo a tales exigencias

técnicas — ¡Esto sería lo ideal! — pero desgraciadamente no es así, pues, a través de las distintas épocas y dentro de los métodos y medios de trabajo se han omitido factores importantes por causas que no hacen al caso indicar; bastando solo saber que muchos caminos fueron trazados o mejor dicho abiertos, entre dos puntos, por personas no técnicas y hasta por los mismos vecinos, que en la mayor parte de las veces con bien intencionados propósitos encontraron una salida a los productos de sus establecimientos, respondiendo así a fines personales, tal trazado; y otras veces las mismas autoridades han consentido en trazados de caminos que cruzando zonas que no responden a plan técnico ni económico alguno, llenaron solo fines políticos del momento. Y si a esto agregamos que tan rudimentarios trazados, caen en el abandono tan luego se deterioran, llegamos a la conclusión que no es posible aceptar tales arterias trazadas al acaso, sin estudio ni plan previo.

Innumerables ejemplos podría citar a este respecto, conformémonos no obstante con ver algunos, los de la primera Provincia argentina (Buenos Aires) y hagamos extensible a sus homólogas centrales, al territorio de La Pampa y otros (1), este ejemplo: y vemos que en esta floreciente región cruzada en todas direcciones por caminos de ancho y categorías variables existe bien caracterizado lo dicho anteriormente, pues se observan caminos trazados al acaso, unos con bombeo y otros sin él, unos que siguen directos trazados entre dos poblaciones y otros que no se alcanza a comprender porque son llevados por lugares que no responden absolutamente a nada técnico, etc.

Claro está que los caminos muy distantes de las poblaciones por ahora y debido a muchas causas fáciles de comprender, no obedecen a reglas fijas por lo que no tendrán el bombeo que deben tener los caminos reales por ejemplo o los absolutamente necesarios, para el tráfico en las comunas o de acceso a lugares im-

(1) Por ser la llanura el caso general en el País.

portantes, donde en muchos casos los mismos vecinos costean tales trabajos.

Siempre existe una lógica en las cosas y esta es precisamente la que aconseja a proceder con el mas acertado criterio al trazar y conservar el camino lo que se conseguirá siempre escuchando al Ingeniero especialista, cuya opinión será una garantía de éxito, por basarse en la técnica correspondiente; evitando así el malgasto de energías y dinero en la construcción de una vía de comunicación sin importancia y sin duración.

Decíamos antes que en la región central del País tenemos caminos trazados al acaso, etc., y en efecto: Tenemos el caso comun que no difiere mucho del camino primitivo, un trazado directo entre los puntos que se quieren unir, sin tener en cuenta pendientes, desmontes, terraplenes necesarios, bombeos, obras de arte, etc., etc., y demás construcciones para salvar los obstáculos que se opongan en su dirección, pues como carece de nivelación longitudinal y transversal seguirá las inflecciones del terreno, salvando los obstáculos en las formas rudimentarias y primitivas; siendo desde ya fácil darse cuenta que la existencia de un camino en tales condiciones es sumamente efímera y esto contando con tránsito de vehículos livianos.

No obstante existe la práctica de seguir siempre la huella del camino, lo que motiva que ésta se profundice, deteriore en tiempo de seca y en épocas lluviosas se transformen en verdaderas avenidas que conducen el agua hasta puntos donde, sea porque está ya en mal estado el camino, sea porque es bajo, etc., producirá los pantanos consiguientes y mas frecuentes son éstos si el agua corre normal al camino.

Naturalmente los transeuntes se ven obligados en tales casos a salvar el pantano, para lo cual cortan los alambrados límites, y el propietario del campo recién resuelve hacer algún arreglo y ellos consisten en construir:

- 1°) Terraplenes a base de faginas con ramas verdes asentadas sobre el mismo barro y sobre ellas la tierra, hasta tener

una altura de unos centímetros superior al nivel general del agua o barro que presenta el pantano en su superficie.

- 2°) Otros sencillamente amontonan tierra en el pantano hasta tener un terraplén análogo al anterior y de un ancho igual a la huella.
- 3°) Finalmente otros dueños de campos entran el alambrado a fin de que puedan pasar los vehículos costeano el pantano.

Pero si los dos primeros procedimientos apenas duran unas cuantas semanas, porque no se sacó el barro antes de terraplenar, el tercero es muy poco durable también porque el pantano avanza,

Tal sucede en los caminos en terreno llanos horizontales y sin bombeos, siendo tanto mas grave esta cuestión cuanto mas bajo y quebrado es el terreno.

Por eso se prefiere el camino con bombeo pues es mas duradero y permite un rápido escurrimiento de las aguas con relación al sin bombeo.

Naturalmente en estos caminos también se producen grandes defectos cuando no son bien nivelados, tanto ellos como las cunetas de desagüe que deben tener una suave pendiente y sus alcantarillas o caños que se emplean para los desagües, a niveles precisos, para evitar que queden muy altos o bajos, con respecto a las aguas que corren por las cunetas.

Por otra parte las cunetas no deben ser tampoco demasiado anchas ni profundas porque así es como llegan a constituir mas peligros que los mismos pantanos, dado que echan abajo por la erosión de las aguas los alambrados y hasta corren el riesgo de ahogarse los que caen en ellas en épocas de lluvias o que permanecen llenas de aguas estancadas, mientras que en épocas de seca en mas de una ocasión son constantes peligros; porque un vehículo que por casualidad quiera dar vuelta en un camino vecinal por ejemplo, es fácil que vuelque o quede sepultado dentro de la cuneta.

transformada en zanja (Este caso lo he presenciado a inmediaciones de la Capital Federal).

Subsánace muy fácilmente estos inconvenientes manteniendo las dimensiones de ancho y profundidad en las cunetas siempre que lleven la pendiente que le corresponde y estas se pueden practicar de varias maneras y aún valiéndose del arado especial oblicuo tirado por bueyes que aunque no dá la forma característica de la cuneta, la reemplaza ventajosamente, pues la tierra que saca en chanfle de la cuneta la arroja al centro del camino, vese lo fácil que es practicar así el bombeo.

Actualmente se están ensayando con éxito, vehículos mecánicos especiales, destinados al perfeccionamiento de estas tareas, habiéndose ensayado entre otros en Bella Vista (Prov. de Bs. Aires) en el año corriente, con muy buenos resultados, tanto en la faz económica como en la rapidez, llenando su misión en forma satisfactoria.

Tengo la convicción que construyendo las diferentes categorías de caminos, de tierra que cruzan nuestras dilatadas pampas, por hoy, empleando de preferencia el sistema de arados, tiro a sangre o mecánicos expresados y observando rigurosamente al construirlos, los resultados acusados por los cálculos técnicos en todas sus múltiples partes que mencioné oportunamente en este trabajo, se conservarían por mucho mas tiempo (el doble o triple del que duran ahora los caminos), y si se atendiera igualmente a su reparación constante se tendría un camino igual en duración y viabilidad, que aseguraría el bienestar a todos los habitantes por donde él cruzara.

Lo contrario sucederá con un camino bien estudiado, trazado y construído, si se lo abandona o se deja al cuidado de gente inexperta en la localidad, que con toda la mejor buena voluntad por conservar el camino, contribuyen a su destrucción, por sus malas reparaciones.

Indudablemente que lo mas conveniente siempre son los ca-

minos afirmados sea del sistema que fueren, pero estos son siempre costosos y mas en una Nación tan extensa como la nuestra (1).

Razón por la cual, debe optarse por los caminos de tierra bien hechos y mejor conservados; y la elección satisfecha, de acuerdo al mayor número de soluciones positivas del trazado técnico, mejorando sistemáticamente a medida que sea posible estas arterias, sea asfaltándolas, macadanizándolas, etc.

Lógicamente que el Ministerio de O. P. de la Nación, por intermedio de su división Puentes y Caminos, mucho ha hecho, pues así su misión lo impone a diario, respondiendo en lo posible a las múltiples exigencias que debe atender.

No obstante, considerando nuestro vasto territorio y el gran impulso que debe dársele al desenvolvimiento industrial y económico fomentando las grandes riquezas existentes justamente en lugares apartados, nos demuestra que aún queda mucho por hacer todavía.

Estas obras públicas de vialidad que son costosas, deben mantenerse y cuidarse una vez construídas para que resulten útiles y económicas y para conseguir esto preciso es que los vecinos ayuden a las autoridades y gobiernos a mantener y conservar los caminos.

Es en virtud de todos estos considerandos y en la creencia de haber solucionado la tesis que he sostenido al desarrollar el tema "Selección y estudio técnico de los caminos existentes — Su aprovechamiento y rendimiento", que propongo el siguiente voto al Congreso:

- 1°) El primer Congreso Nacional de Vialidad, recomienda a los poderes públicos Nacionales, que de acuerdo con los Provinciales, intervengan por medio de sus divisiones técnicas correspondientes, en todos los trazados y construcciones de caminos sean de la clase que fueren.

(1) Máxime si consideramos los caminos que se extienden fuera de la planta urbana a través de todo el País.

- 2°) Ningún camino podrá trazarse sino consulta las condiciones técnicas económicas y aún estratégicas, cuando deba correr este por puntos así considerados; para lo cual las oficinas técnicas correspondientes deben contralorar debidamente esto antes de extender el conforme, requisito indispensable para la ejecución del camino.
- 3°) Los caminos deben ser conservados, reparándose periódicamente por quien corresponda según que el camino sea nacional, provincial, vecinal o departamental y los existentes deben ser mejorados sistemáticamente.
- 4°) Los inspectores de caminos (1) llevarán un minucioso contralor de ésto.
- 5°) Al estudiar el trazado de un camino se tendrá muy en cuenta los desniveles de la región que debe cruzar sean normales o paralelos a él y desde distancias prudenciales a fin de que el nivel general del camino, no sea un obstáculo a las corrientes de agua en épocas de lluvias y crecidas proyectando al efecto las obras de defensa necesarias.
- 6°) La selección del camino se efectuará entre los que mejor consulten, las partes *económicas, técnicas y estratégicas*, conviniendo que la importancia a dar cuando reuna las tres condiciones expuestas sea de 1ro. o 2do. orden.
- 7°) El tipo de afirmado a emplear en el camino será el que mas abunde en la región, próxima a ella o que menos cueste su transporte, siempre que el material responda a la duración requerida (2).
- 8°) Recomiéndase en general para los caminos de tierra que

(1) Los inspectores de caminos deben tener conocimientos prácticos sobre caminos en general.

(2). Bueno es recordar que se deben considerar también del punto de vista de los vehículos que por ellos transitan y, a qué velocidades máximas corren: carros, coches, livianos, pesados, automóviles y camiones de gran tonelaje.

sean abovedados y ejecutados con arado oblicuo *ad-hoc*, tiro a sangre o mecánico, aceptando como cunetas de desagüe, los declives laterales y naturales dejados en el abovedamiento.

- 9°) Se penará con multas o arrestos según lo establecerá la reglamentación de esta ley, o la que se dictare al respecto, a toda persona que viole la misma, destruyere alambrados o el camino mismo por cualquier circunstancia.
- 10) el *fondo especial de caminos* (1) (a crearse) servirá hasta tanto cuente con fondos suficientes para solventar los gastos, como una ayuda a los fondos, que asignen los presupuestos al efecto.
- 11) El porcentaje de los presupuestos anuales destinados a los caminos o vialidad se aumentará en una proporción equitativa de acuerdo a los dictámenes técnicos de los Ministerios que intervienen en estas obras (2).

APENDICE

Puede suceder que se tenga que establecer una vía de comunicación a través de:

- 1°) Regiones especiales, terrenos cubiertos de montes, de suelo duro, etc., y que su configuración morfológica sea tal, que no exija muchas obras de arte para salvar los obstáculos que se pudieran presentar.
- 2°) Que la región a cruzar sea susceptible de inundaciones o que muy próximo a la dirección a seguir se encuentre un curso de agua, tan extenso como la distancia a salvar, entre dos puntos.

(1) Ver "Mantenimiento y conservación de los caminos. — Mantener y conservar los caminos es un deber general e ineludible". Art. 4° de Conclusiones.

(2) A estos artículos debe agregarse los del Apéndice.

En el primer caso, al hacer el estudio del camino en su faz económica, se verá si conviene mas el trazado y empleo de un ferrocarril económico, pues en muchos casos resulta conveniente este medio de comunicación, porque además de ser económico facilita la rapidez.

En el segundo caso, se verá si conviene mas la utilización del curso de agua, arroyo, riacho, rio etc., haciendo como es natural todos los trabajos necesarios para ponerlos en condiciones navegables. Este caso siempre que pueda aplicarse, será el mas práctico en lo que a economía se refiere.

Existiendo en el sistema hidrográfico del País, numerosos cursos de agua que bien pueden ser utilizados sin mayores erogaciones, para establecer servicios regulares de transporte e intercambio comercial entre los pueblos o lugares de unión, debe estudiarse seriamente, tal sistema de comunicación, que en muchos casos tendrá que ser mixta, es decir, terrestre y fluvial por la combinación del camino y la continuación del transporte por los cursos de agua.

No obstante son estos dos casos especiales y siendo así, si corre un camino próximo a un futuro trazado comprendido en el *art. primero* o en el *art. segundo*, se consultará bien la faz económica que puede existir entre uno y otro, considerando la materia prima que transportan y prevalecen.

Por esto propongo al Congreso el siguiente voto:

El primer Congreso Nacional de Vialidad, recomienda a los poderes públicos:

- 1°) Que siempre que se trate de trazar un camino entre dos o mas puntos, existiendo la posibilidad del trazado de un ferro-carril económico o de la utilización de un elemento hidrográfico; se estudiará en todos sus aspectos, económico, técnico, etc., si conviene mas la adopción de uno de estos sistemas de comunicación optando de entre ellos por el que mas convenga.
- 2°) Se aconsejará en cada caso a la autoridad superior correspondiente la aceptación de uno u otro, fundamentándola.

- 3°) Los Gobiernos oirán la opinión de los propietarios de campos interesados, armonizando en lo posible, antes de resolverse en definitiva.
- 4°) Que el Primer Congreso Nacional de Vialidad antes de terminar su cometido y a objeto de que las resoluciones tomadas por él tengan eficacia y no caigan en la indiferencia o el olvido, nombre una "*Comisión Nacional de Vialidad*" con asiento en la Capital Federal y delegaciones en toda la República. Para su mejor desempeño será autónoma y tendrá en general por misión:
- a) Será la encargada del archivo de todos los trabajos y resoluciones del Congreso de la Vialidad actual y futura en caso de no ser estos permanentes; y en caso contrario en los períodos de receso será la encargada de gestionar en la mejor forma ante quien corresponda y hasta donde sea posible, el cumplimiento de las resoluciones del Congreso.
 - b) Será la intermediaria entre los Gobiernos Nacional, Provinciales, autoridades comunales de los municipios, comisiones de fomento, propietarios de campos y vecinos interesados en la vialidad.
 - c) Asesorará a los Gobiernos, sociedades correspondientes, propietarios y vecinos interesados en la vialidad de todo lo relativo a ella y ayudará a sus gestiones.
 - d) Intervendrá en la administración y movimiento de "Fondos de Caminos" (a crearse), como así en todo el movimiento con ellos relacionado.

ADRIÁN RUIZ MORENO
(Ingeniero)
