

GENERALIDADES

GENERALIDADES

1. Importancia de las vías de comunicación. — La importancia de los medios de comunicación, es por todos conocida; la vida moderna exige el rápido transporte de un punto a otro de personas y mercancías; transporte que solamente puede llevarse a cabo en condiciones de comodidad y economía, con unas vías de comunicación, caminos ordinarios o ferrocarriles, construídos con arreglo a una técnica perfecta.

Una red de caminos ordinarios bien construída, y coordinada con una red ferroviaria moderna y perfectamente conservada, constituyen las arterias centrales de vida de un país; su calidad y desarrollo, son índices del progreso nacional.

2. Historia del camino primitivo. — Desde los tiempos más remotos de la antigüedad, el hombre, para trasladarse de un lado a otro, buscaba las zonas más fáciles del terreno que había de recorrer, desembarazándolas de obstáculos para hacer su camino más cómodo y sencillo; estos caminos primitivos, senderos, fueron mejorando a medida que el hombre empezó a introducir para el transporte de sus mercancías, primero, animales de carga, y luego, vehículos arrastrados por ellos; fué necesario, entonces, ensanchar los caminos para darles la capacidad precisa para el paso de los vehículos, y dotarlos de una capa de rodadura, que tuviera resistencia para soportar las cargas; por otra parte, el camino para atravesar los diversos obstáculos naturales precisaba obras de arte, puentes, etc., que permitiesen salvarlos con más seguridad y menos trabajo. Asimismo, el hombre, recorriendo siempre la misma ruta, se dió cuenta de que era posible reducir las pendientes, cambiando localmente la configuración del terreno; y ello trajo consigo la realización de obras de movimiento de tierras y, en algunos casos, obras de fábrica importantes (fig. 1.^a).

3. Las carreteras griegas. — La civilización griega dió gran impulso a la construcción de sus carreteras, con características muy particulares. Los griegos fueron los primeros que llegaron a establecer un firme en aquellos sitios donde el terreno no era suficientemente resistente, para soportar las cargas a que había de estar sometido; para ello construían

verdaderos pavimentos con piedra, que iba soportada por fuertes cimientos.

Era característico en la construcción de las carreteras griegas, fijar las distintas vías de circulación, de 90 cm. de ancho, por pequeños cana-

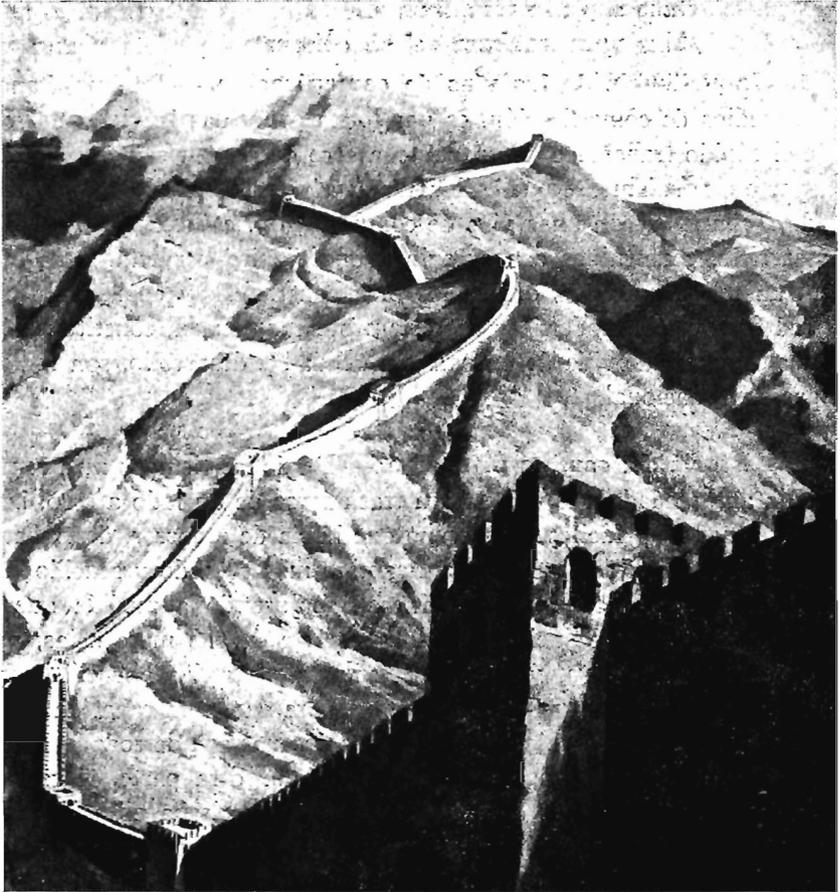


Fig. 1.ª — Gran Muralla de China. Camino y obra de defensa.

les longitudinales de piedra, con una profundidad de 7 cm., especie de cunetas, sobre las que corrían las ruedas; en estos pequeños canales se puede encontrar el origen de los carriles del ferrocarril; eran construídos para hacer más cómodo el movimiento de vehículos, y más económica la conservación del camino, ya que las ruedas solamente insistían sobre ellos y no destruían el resto del firme; era más fácil y económico dar a estos pequeños canales la debida resistencia.

4. **Las carreteras romanas.** — Roma, al extender su civilización por gran parte del continente europeo, construyó la red de caminos más grande de la antigüedad; red de caminos que, por su concepción y características, era un alarde de técnica. La red de caminos de Roma se puede



Fig. 2.^a — Via Apia.

evaluar en 140.000 kilómetros, y su trazado fué un verdadero modelo en su época, tanto que, aun hoy, gran número de antiguos caminos romanos sirven para marcar el trazado de las más modernas vías (fig. 2.^a).

Los caminos romanos estaban estudiados principalmente con fines militares, pues en aquella época el intercambio comercial era reducido; por esta causa, su trazado tendía a ser lo más directo posible entre los puntos a enlazar, aunque para ello hubiera que recurrir, en terrenos difí-

ciles, a pequeños radios en las curvas y fuertes pendientes; en la parte del trazado de los Alpes se llegó a radios de 7 u 8 m. y a pendientes de un 15 a un 20 por 100. El ancho de las carreteras romanas era muy variable, llegándose hasta un máximo de 12 m.

El proyecto y replanteo del trazado eran muy exactos, si se tiene en cuenta lo imperfecto de los medios auxiliares con que contaban los técnicos romanos. La construcción de los caminos, muy cuidada, máxime considerando la calidad de tráfico que tenían que soportar: robustas cimentaciones sobre las que se establecía una capa de piedra, casi tan importante como en las calzadas actuales. En la figura 3.^a puede verse el detalle de una sección típica de calzada romana. El espesor total llegaba a alcanzar en algunos casos hasta 1,50 m., y era corriente que la explanación fuera elevada sobre el plano del terreno; su trazado, en vertical, llegaba a tener grandes trincheras, y se construían importantes obras de arte, puentes, viaductos, algunas de las cuales todavía existen en nuestra Patria.

La conservación de los caminos romanos era muy perfecta; existía para ella una organización técnica muy compleja. En las provincias, dependía de los gobernadores, y dentro de éstas, en cada zona municipal, de los magistrados locales. Las carreteras estaban amojonadas con piedras que indicaban la distancia, en millas, a Roma. La circulación estaba escrupulosamente reglamentada; se fijaba el número de animales de tiro, la carga y las dimensiones de los vehículos. Puede decirse que fueron los técnicos romanos, los que en el mundo iniciaron la ciencia de la construcción y explotación de caminos, con técnica muy completa, teniendo en cuenta las exigencias de los medios de transporte de la época; su fino sentido político, les hizo ver la necesidad imprescindible de las vías de comunicación, para el esplendor de su hegemonía militar y económica.

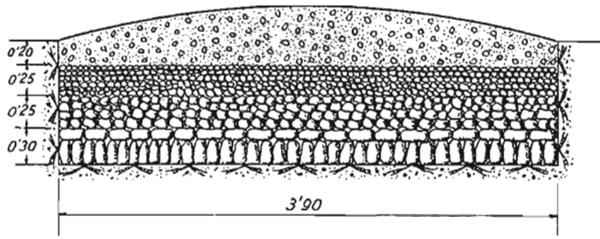


Figura 3.^a

5. Los caminos en la Edad Media. — El trazado y construcción de caminos progresó poco, durante la Edad Media. Se conservó prácticamente la técnica de la construcción de los caminos romanos, tanto por lo que se refiere a sus características, como a su pavimentación. La técnica de los vehículos avanzó poco también, aunque algo se perfeccionó respecto a la época romana, iniciándose el estudio del vehículo como tal; LEONARDO DE VINCI fué el primero en estudiar el fenómeno de la adherencia del vehículo y el firme, así como el movimiento de tierras.

En el siglo XIII, en Francia e Italia, existía un imperfecto servicio postal, destinado a mantener las relaciones entre los escolares y sus familias, y al transporte de la correspondencia entre los príncipes y señores; sin embargo, el verdadero servicio postal no se inició hasta el siglo xv. La velocidad de los vehículos era de 30 a 40 km. al día para el transporte normal, y 60 km. para el transporte rápido, en viajes largos.

En la Edad Media se construyeron obras de arte importantes, así como algunos túneles para salvar macizos montañosos.

El trazado de la mayor parte de las carreteras, siguió teniendo carácter esencialmente guerrero, para unir puntos estratégicos fortificados del país. En Centro Europa, durante la época del Sacro Romano Imperio, la amplia visión política de Carlomagno, hizo que se construyesen algunas vías de gran longitud, con fines militares, e incluso en la dirección de las grandes corrientes comerciales.

6. Los caminos en la Edad Moderna. — En la Edad Moderna, a mediados del siglo xvii, se dió nuevo impulso a la construcción de caminos para unir, entre sí, ciudades de importancia; los medios de transporte progresaban lentamente, pero las velocidades comerciales, prácticamente, seguían siendo las mismas que en la Edad Media, aunque los vehículos eran más resistentes y de mayor comodidad.

A fines del siglo xviii, la necesidad cada vez más acuciante de regularizar los servicios postales y el transporte de viajeros y mercancías, hizo sentir la necesidad de una técnica de construcción de caminos; nació entonces la Escuela de Puentes y Calzadas, francesa. En Inglaterra, MACADAM, en 1820, y en Francia TRÉSAGUET, fijaron las dimensiones racionales de un firme, y el primero construyó los de piedra que llevan su nombre; pero el trazado de los caminos, especialmente en terrenos difíciles, era todavía muy imperfecto (figs. 4.^a y 5.^a).

En el año 1769, CUGNOT, seguido poco después de EVANS, construyeron un pequeño automóvil de vapor. En la época de Napoleón, necesidades militares dieron, como en el Imperio romano, un gran impulso a la construcción de caminos. La carretera de Simplon, inaugurada en sep-

tiembre de 1807, con una pendiente de menos de 7 por 100 en terreno difícilísimo, fué un verdadero alarde de trazado en zonas montañosas: en ella se construyeron los primeros túneles para caminos ordinarios.

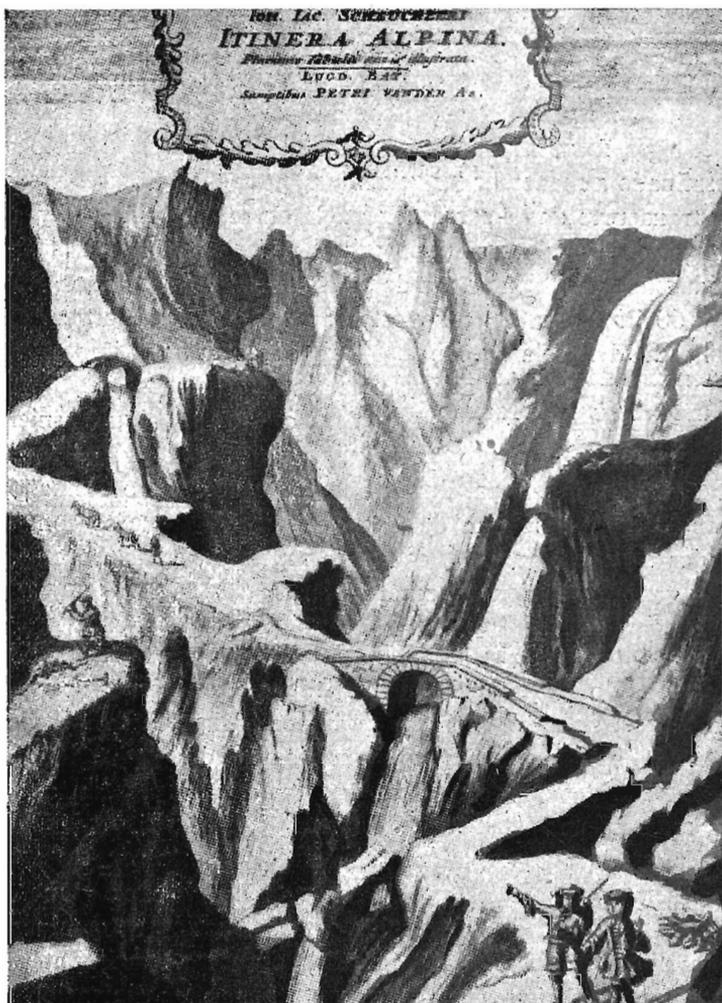


Fig. 4.^a — Camino de S. Gottardo, a principios del siglo XVIII.

El motor de gas, de BOLLÉ, apareció en 1875, y el primer motor de gasolina, en 1893, aplicado a una motocicleta, con una potencia de $1/3$ HP., y poco después a un pequeño vehículo de cuatro ruedas con un motor de $2 \frac{1}{2}$ HP.

Mientras tanto, había aparecido otro importantísimo medio de transporte: el ferrocarril. En el año 1767, REYNOLDS, propietario de las minas de carbón de Colebrook, en Inglaterra, en vista del tráfico intenso que tenían que soportar las carreteras que a ellas servían, tuvo la idea de construir un carril de rodadura de fundición, asentado sobre unos largueros de madera, con objeto de poder hacer transitable la vía para el tráfico intenso y pesado. Este carril fué la iniciación de la vía del ferrocarril (fig. 6.^a). En España existe algo semejante en las carreteras que



Fig. 5.^a -- La bajada de Grimsel, en los Alpes, según un cuadro de 1843.

unen Valencia con el Grao y la Huerta, donde el tráfico de carros es muy intenso; las ruedas marchan sobre una plancha de acero como elemento resistente.

En 1829, STEPHENSON construyó su primera locomotora de vapor; el siglo XIX puede decirse fué el siglo del ferrocarril; la aparición de este medio de transporte, de rapidez muy superior a la que era posible desarrollar en las carreteras ordinarias, hizo que el tráfico pesado y gran parte del tráfico militar se desviasen hacia él; por ello, en la última mitad del siglo XIX, los países, empeñados en desarrollar lo más intensamente posible sus líneas ferroviarias, abandonaron bastante la construcción de nuevos caminos ordinarios y la conservación de los existentes.

A fines del siglo XIX, el uso del automóvil empezó a extenderse, y a principios del siglo XX, la gran importancia adquirida por él hizo po-

ner de nuevo sobre la mesa el problema de la construcción y conservación de caminos, que reunieran condiciones de resistencia y características totalmente distintas a los, hasta entonces, existentes; en muchos casos, es preciso cambiar no sólo el firme, sino la planta y perfil.

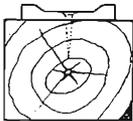


Figura 6.^a

Solamente hay que pensar en la enorme diferencia que existe entre las antiguas carreteras, construidas para vehículos que desarrollaban velocidades comerciales de 50 a 60 Km. al día, cifra que hoy fácilmente alcanza a la hora, como velocidad comercial, el más modesto camión o automóvil; los caminos modernos se calculan para velocidades específicas de 150 Km. hora; las exigencias de su planta y perfil son totalmente distintas a las de la antigua carretera. La mayor tarea, que corresponde actualmente a los ingenieros encargados de la construcción de caminos, es el acondicionamiento de las vías existentes a las modernas necesidades del tráfico.

La técnica del firme, ha cambiado también profundamente; la existencia del polvo es incompatible con la comodidad y la seguridad del tráfico moderno; el polvo representa, por otra parte, la disgregación del firme del camino, que rápidamente se hace intransitable, si el tráfico es de cierta importancia. Poco a poco, por *antieconómicos*, van desapareciendo los firmes de caminos de superficies no unidas, de gran desgaste, que producen polvo. En el ferrocarril, la técnica ha progresado también rápidamente; hoy día, se alcanzan velocidades comerciales superiores a 100 kilómetros a la hora en las grandes vías internacionales; la electrificación y las modernas locomotoras han permitido trenes de mucho mayor peso, y la aparición de los automotores, el establecimiento de servicios rápidos de viajeros de velocidades comerciales insospechadas.

7. Coordinación del ferrocarril y la carretera. — Al alcanzar los vehículos de los caminos ordinarios las altas velocidades que hoy día alcanzan y reducirse en gran proporción el consumo de gasolina por caballo de potencia, se ha hecho comercialmente posible el transporte de gran número de mercancías y viajeros por carretera; éstas se han constituido en competidoras del ferrocarril, planteando un grave problema económico en la mayor parte de los países. Este problema sólo es posible acometerlo con una visión total de los intereses nacionales; coordinando debidamente el trazado y explotación de estas dos vías de comunicación, fundamentales para lograr la mayor economía del transporte, en beneficio de los intereses nacionales, máxime teniendo en cuenta que ambos medios no solamente no son incompatibles, sino que deben ser complementarios para el desarrollo de la Nación y su defensa militar.

8. **Posibilidades ante el futuro.** — Caminos y ferrocarriles para 150 km. por hora; las autopistas alemanas (fig. 7.^a), el progreso de las modernas locomotoras (fig. 8.^a), con velocidades comerciales completamente desconocidas hace unos años. Ante un futuro muy próximo será

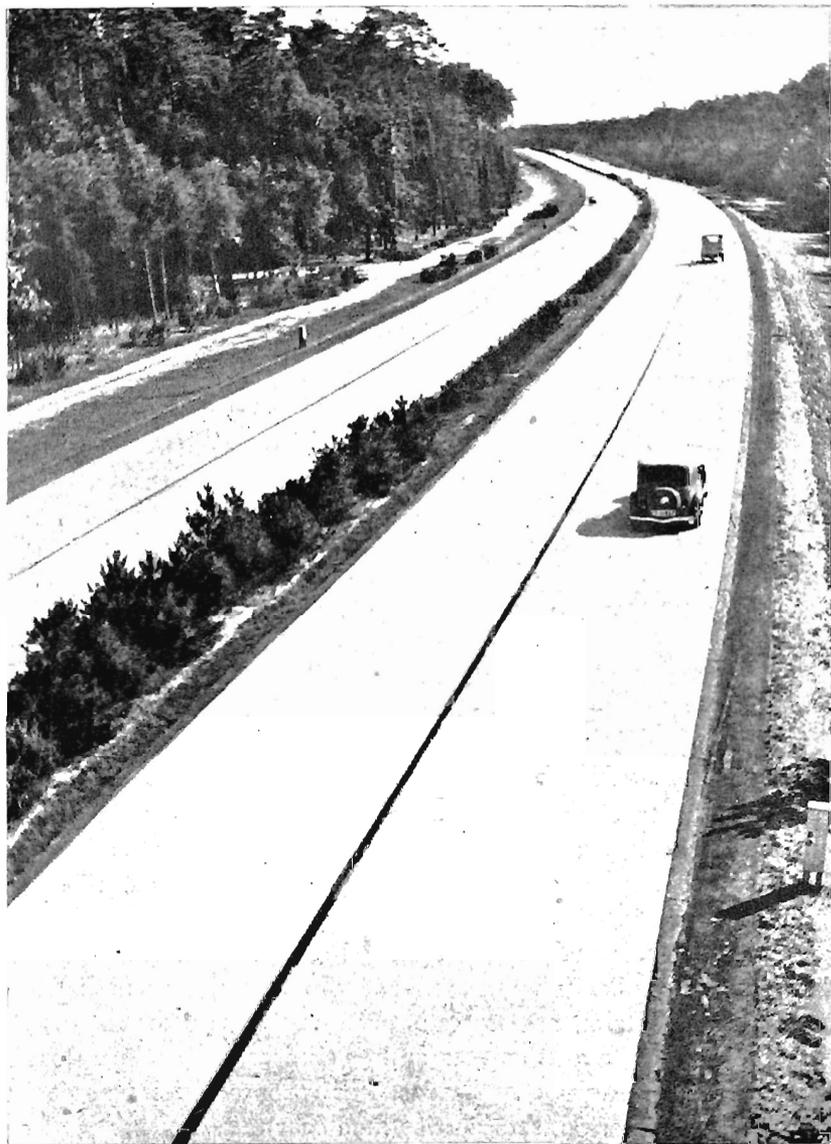


Fig. 7.^a, a. — Autopista.

absolutamente imprescindible transformar totalmente las viejas redes de caminos y ferrocarriles, si se quiere lograr que el desarrollo de la economía nacional siga el ritmo que marcan los países que marchan a la cabeza del progreso.

9. Definiciones. — Cuando en un terreno determinado es preciso unir dos puntos con un camino, hay que buscar entre ambos un *trazado*



Fig. 7.^a, b. — Autopista.

que permita hacer el recorrido en condiciones adecuadas de planta y perfil; es decir, con unas pendientes y unas curvas que cumplan determinados requisitos; una pendiente excesiva, puede hacer el trazado antieconómico e incluso intransitable; unas curvas verticales u horizontales inadecuadas, además peligroso y difícil. Podremos realizar la mayoría de las veces las condiciones precisas, buscando el camino natural, sin modificar prácticamente el terreno; esto, que en algunos casos será posible, llevará probablemente a soluciones antieconómicas, con grandes longitudes de recorrido y trazas complicadas. Por razones económicas de establecimiento y explotación, será preciso modificar más o menos el terreno, *moviendo las tierras*, desmontando unas zonas y terraplenando otras, para que sea posible construir un camino con la longitud estrictamente

precisa, de explotación económica, y que cumpla las condiciones que la técnica moderna exige.

En todo proyecto de trazado de un camino hay que estudiar una

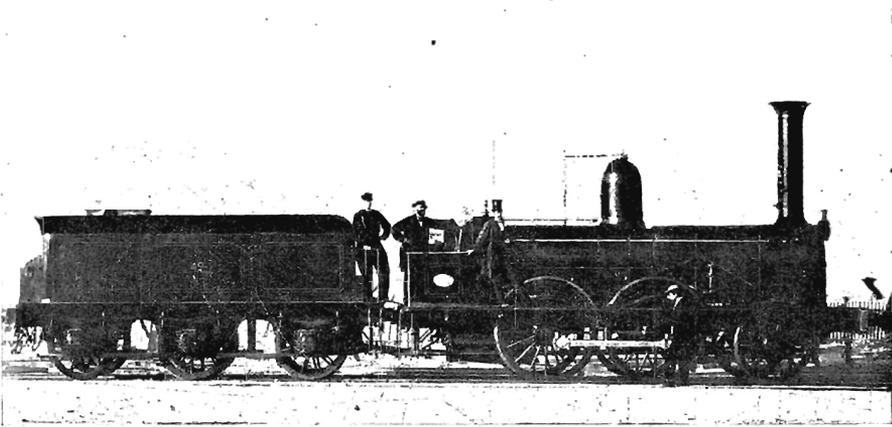


Fig. 8.^a — Primera locomotora de M. Z. A. (1858).

planta, un perfil longitudinal y unos perfiles transversales. El trazado en planta del eje del camino, da, por la intersección con el terreno de

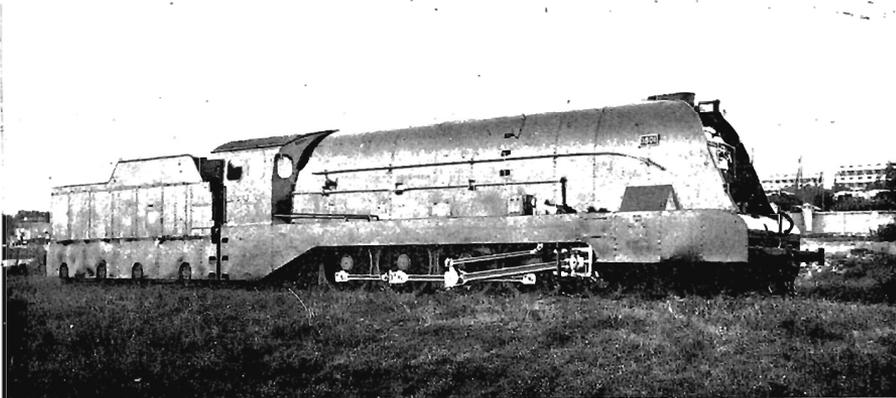


Fig. 8.^a, a. — Locomotora tipo "Montaña", serie 1800 (1942).

la superficie cilíndrica de generatrices verticales que tiene su eje por directriz, el perfil longitudinal de éste; la línea de intersección se denomi-

na línea del terreno o línea negra. Las condiciones técnicas que el trazado tiene que cumplir, obliga a modificar esta línea del terreno, cambiándola por la línea de la *rasante proyectada* o *línea roja*, que quedará unas veces por encima de la línea de terreno, dando lugar a trazados

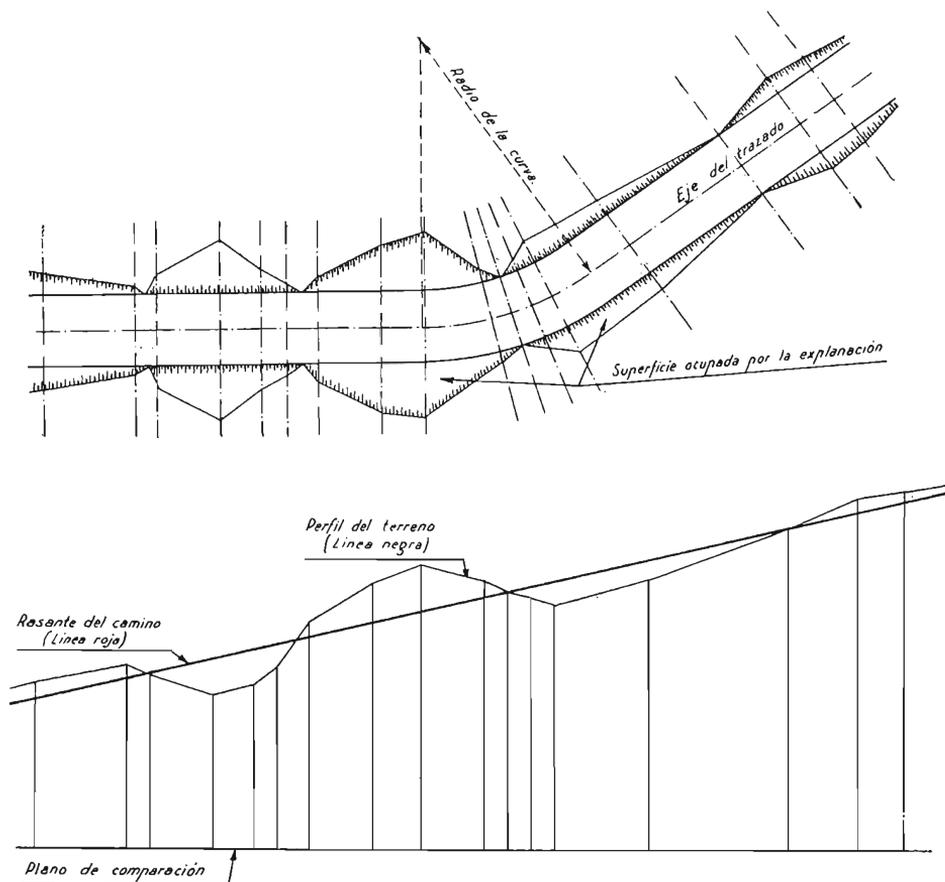


Fig 9.^a — Planta y perfil. La escala de verticales del perfil es normalmente 10 veces mayor que la de horizontales.

en que es preciso añadir tierras, zonas en *terraplén*, y otras veces por debajo, dando lugar a excavaciones, zonas en *desmante* (fig. 9.^a).

Sólo con la intersección de la superficie cilíndrica que la traza determina con el terreno y la rasante del camino, no se puede valorar, con la exactitud necesaria, el volumen del movimiento de tierras; es preciso tener en cuenta la configuración del terreno normalmente a la traza;

para ello hay que estudiar las secciones por planos normales a ella, que, al cortar al terreno y al camino, determinan los perfiles transversales que permiten obtener el volumen del movimiento de tierras, con suficiente aproximación (fig. 10).

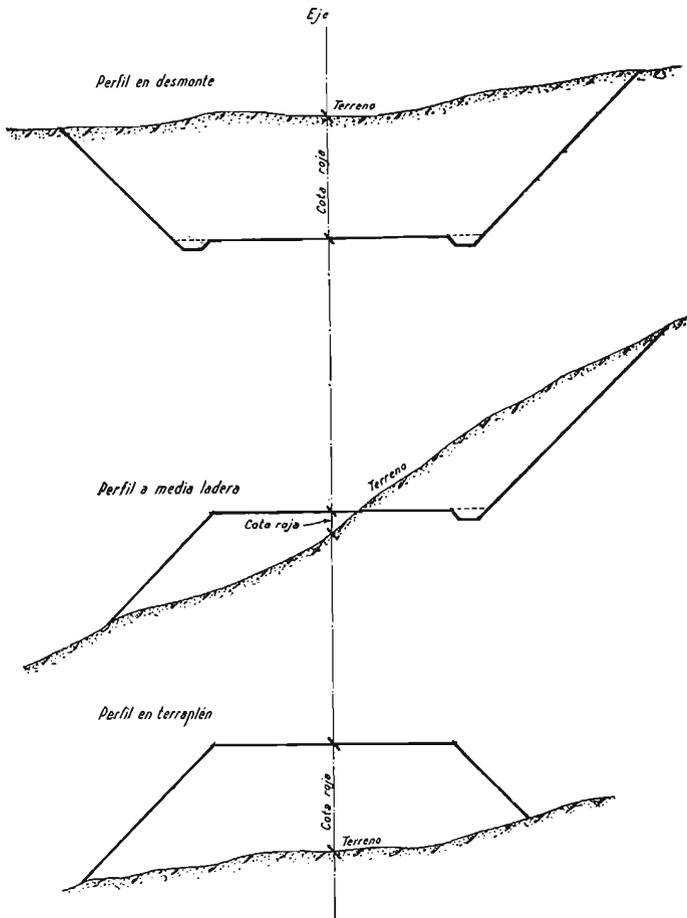


Figura 10.

Se denomina zona ocupada por un camino, la que realmente ocupa el movimiento de tierras que la explanación exige. Habrá zonas en las cuales será preciso establecer obras de arte, puentes, viaductos, para salvar barrancos, atravesar ríos, y será preciso en otros casos, por conveniencia económica, perforar macizos de tierra, construyendo túneles; por último, hará falta completar la obra del movimiento de tierras con mu-

ros de sostenimiento, obras de protección contra el agua superficial, cunetas y tajetas.

Lograda artificialmente la configuración precisa del terreno, no está terminado el camino; el tráfico no puede marchar directamente sobre la superficie de la explanación; es preciso construir una superestructura, de resistencia adecuada; en el caso del camino ordinario o carretera, la resistencia se alcanza con la construcción de la caja y el pavimento o firme; en el caso del camino de hierro o ferrocarril, por el establecimiento de la vía.

10. Plan de la obra. — Los caminos, sean ordinarios o ferrocarriles, tienen una parte cuya técnica es idéntica: la construcción de la explanación; la superestructura, en cambio, difiere totalmente, según se trate de una clase u otra de caminos.

El plan de la obra es el siguiente:

- 1.^a parte. Proyecto de trazado.
- 2.^a " Construcción de la plataforma.
- 3.^a " Túneles.
- 4.^a " Superestructura de caminos ordinarios. Pavimentos.
- 5.^a " Explotación de los caminos ordinarios.