

# REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

## TÚNELES EN CARRETERAS

En dos grandes grupos pueden clasificarse los túneles que se construyen para el paso de las carreteras.

Al primero corresponden los grandes, los de longitud relativamente larga, que presentan todos los inconvenientes de esta clase de obras; costosos de ejecución, difíciles de conservar por la humedad casi constante que en ellos reina y que estropea el afirmado y de viabilidad más difícil aún por las precauciones que á su paso hay que tomar, pues la desigual superficie de rodadura y el efecto que la oscuridad produce en las caballerías entorpecen grandemente el tránsito.

Sólo en casos muy especiales, en que puede decirse que no hay otro medio de resolver el problema, y es éste el último recurso de la ciencia del Ingeniero de Caminos, deben proyectarse para salvar pasos muy difíciles, ya por la topografía del terreno, ya por circunstancias locales, grandes acumulaciones de nieves ó frecuentes y peligrosas avalanchas. Como ejemplo de ellos podemos citar el tan conocido de Lorian y algunos en los Alpes, en que la iluminación artificial sólo en muy pequeña parte atenúa los inconvenientes señalados.

Los del segundo grupo, los pequeños, con longitudes que no pasen en general de 100 metros, y sólo por excepción lleguen á 150 metros, tienen muy útil aplicación en gran número de casos, y son un excelente recurso para vencer los obstáculos que se encuentran en algunos trazados, constituyendo una solución á la vez técnica y económica.

De ellos hay tres ejemplos en la provincia de León: los de *Los Barrios de Luna*, *Peña Negra* y *Angoyo*, que describiremos con algún detalle, por si pudieran servir de alguna enseñanza.

**Generalidades.**—La cordillera cántabro asturiana, poderosa barrera de rocas, enlace de las provincias de León y Oviedo, lanza hacia el Norte y Sur numerosas y altas estribaciones que separan los valles por los cuales se desarrollan las carreteras que desde Castilla entran en el Principado, utilizando para el paso de una y otra vertiente los puertos ó collados de la división principal.

Todos estos valles, principalmente en la zona alta de la región montañosa, afectan en su topografía el tipo de *rosario*, como originados por los grandes trabajos de erosión de las aguas en la época glacial, que destruyendo las rocas más blandas formaron ensanchamientos de mayor ó menor ex-

tensión, hoy vegas separadas unas de otras por crestones ó contrafuertes de los terrenos primitivos, cuarcitas ó calizas metamórficas, que á causa de su mayor dureza resistieron al choque de aquellas imponentes fuerzas.

Resultan, pues, así las laderas interrumpidas de trecho en trecho por masas de roca que avanzan hasta el fondo del valle como enormes cuchillos ó redientes de poco espesor en general, ó como altísimos acantilados de más ó menos longitud.

La mayor parte de estos obstáculos pueden salvarse sin muchas dificultades, pero no económicamente, con grandes desmontes verticales ó en trampa y elevados muros; pero hay algunos que, ó por tener poco grueso el crestón que emerge de la ladera verticalmente, ó por ser completamente seguida y á pico sobre el río la pared del cantil, de no gran longitud por otro lado, la solución del túnel se impone por ser la más barata y técnica, la única posible, pudiéramos decir.

Pero hay más; como en estos valles las carreteras suben ciñéndose lo más posible al terreno con la pendiente del río, la travesía de los acantilados hay que hacerla en general á poca distancia del paramento, de tal modo que es fácil abrir una ventana intermedia para dar luz á los túneles, que resultan así perfectamente claros, desapareciendo su principal inconveniente.

**Túnel de Los Barrios de Luna.**—La carretera de La Magdalena á Belmonte, que sigue desde su origen el curso ascensional del río Luna hasta pasar á Oviedo por el puerto de Somiedo, entra de lleno en la categoría de las ya descritas por sus condiciones de trazado y las del valle que recorre, uno de los más ricos de León. Á poca distancia de su arranque, en el kilómetro 4, encuentra una enorme masa de roca que avanza su pie hasta el río, la que se puede salvar, no sin sostener la caja con algunos muros, subiendo la traza por encima de la peña para volver luego á buscar el fondo del valle; por éste continúa con un trazado muy sinuoso, y después de pasar otro estrechamiento sin grandes dificultades, porque viene el contrafuerte á morir suavemente al río y hasta una pequeña contrapendiente, se llega al ensanche ó circo donde se asienta el pueblo de Los Barrios de Luna, muy extendido y separado en grupos de casas (de ahí su nombre) y se presenta de frente el obstáculo mayor de toda la línea, las Peñas del Castillo, así llamadas porque en la estrecha meseta que las corona se asentaba el antiguo y famoso Castillo de Luna, una de las llaves de Asturias en las primeras épocas de la Reconquista. Sale este enorme crestón, todo de caliza, normalmente de la ladera y sin perder altu-

ra, y con elevadas paredes á pico á uno y otro lado y en el frente, muere en el río, cuyo curso casi cierra en unión del más pequeño que lanza la otra ladera, hasta tal punto que apenas dejan sitio á la corriente.

La figura núm. 1 da perfecta idea de la disposición que presentan.

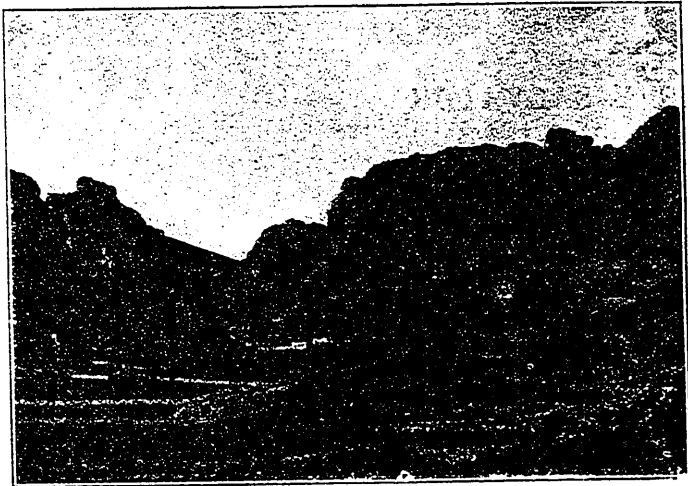


Fig. 1.ª

Ante paso de tal dificultad, hubo que estudiar detenidamente todas las soluciones posibles, y, desde luego, se presentó la de desviar la traza á la derecha según la línea azul (figura 2.ª), apoyándola en la ladera, y con pendientes no muy suaves, aun aprovechando el mayor desarrollo, alcan-

zar una pequeña depresión que presenta el contrafuerte de roca en su arranque, y descender luego del mismo modo al valle, continuando otra vez la dirección general del trazado.

Á más del aumento de recorrido que produce la desviación, y el gran movimiento de tierras, la necesidad de ganar aquella altura con fuertes rampas por uno y otro lado, constituía una limitación tal y unos perjuicios tan evidentes para el tránsito, que hubo que abandonar esta solución. Llevar la línea hasta el pie de la peña en el río, para rodearla apoyando la caja por un lado en muros, y por otro haciendo desmontes en trompa, tampoco se podía porque, no sólo la roca llena de grietas y profundas hendiduras no se prestaba á tal excavación, gravitando sobre ella todo el alto acantilado, sino que era costosísimo y difícil fundar los muros en el centro de la corriente que con grandes profundidades barría la roca.

Se pensó también hacer un puente en el desfiladero, aprovechando las buenas condiciones del emplazamiento, por su corta línea de agua y buen cimiento, á reserva de volver más adelante con otro puente la carretera á la ladera que se venía siguiendo, y que por otras consideraciones no podía abandonarse; pero aparte de lo caro de esta solución, era prácticamente inaceptable porque había que pasar terrenos completamente descompuestos y corredizos, imposibles de sostener, como no se sostienen en el estrecho camino de herradura que les cruza, y además en ladera de exposición al Norte, de que hay que huir á toda costa en estos trazados de montaña.

No había otra solución que la del túnel, que resultaba,

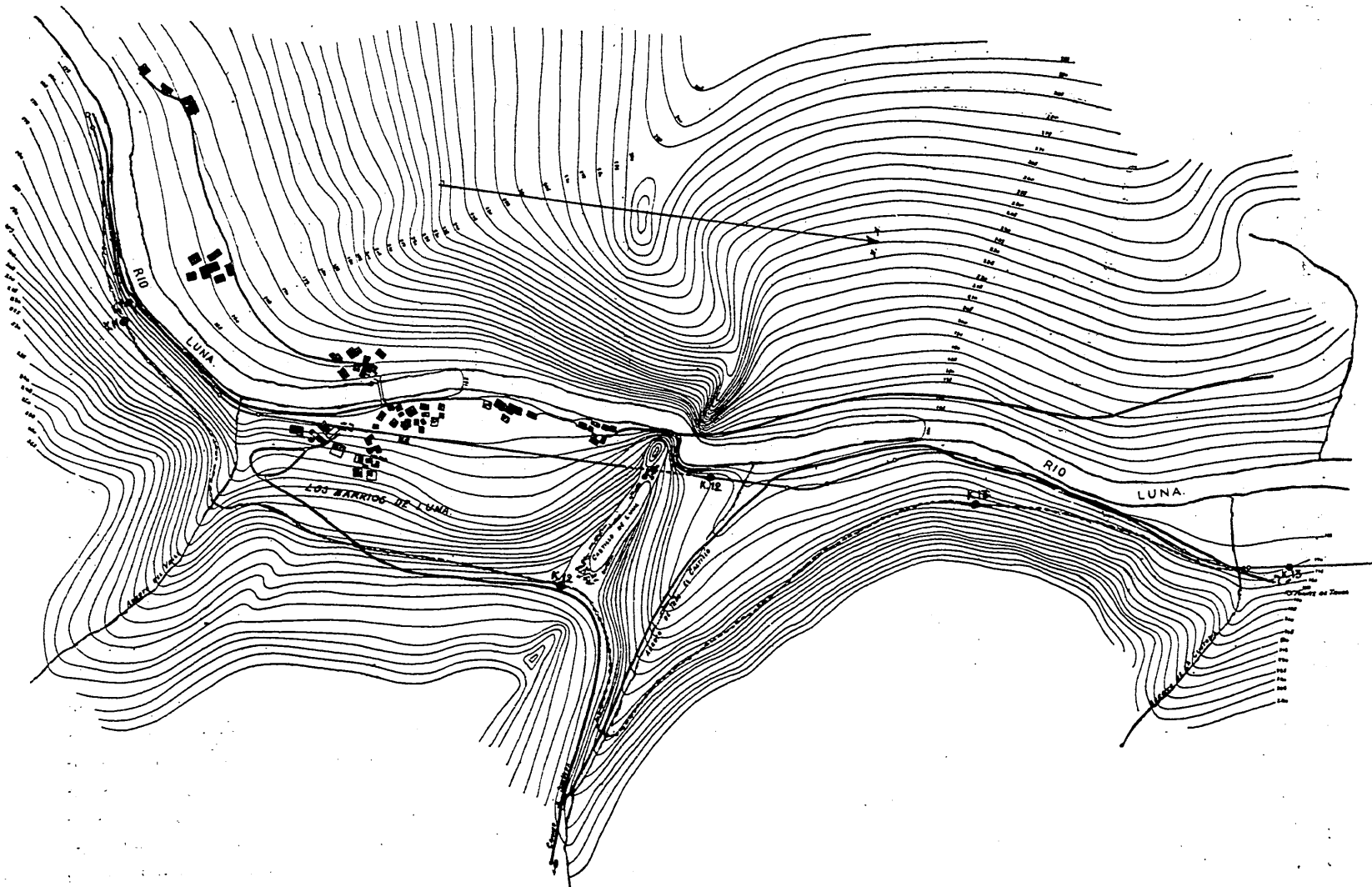


Fig. 2.ª

hecha la comparación con la del rodeo, más económica y más técnica desde luego.

Escogido el sitio en que el enorme crestón tenía menor espesor, allí se dirigió la carretera con una hermosa recta de 815,20 metros de longitud, con la que se pasa al otro lado; pero como el contrafuerte se ensancha mucho en su base como indica el perfil longitudinal (fig. 3.<sup>a</sup>), para disminuir la longitud de la perforación, así como la altura y volumen de las trincheras de acceso, se proyectó subir con una rampa de 282 metros de larga al 5 por 100 á la horizontal del paso, desde la que se bajaba después con más suavidad á la margen del río.

Según el proyecto, la longitud en subterráneo debiera

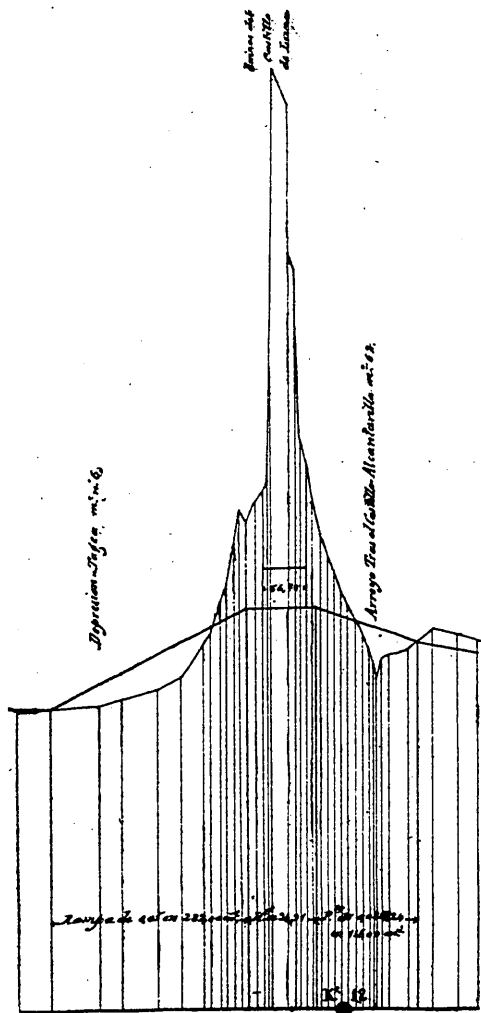


Fig. 3.ª

ser de 74,91 metros, la misma de la rasante horizontal, pero se calculaba que sólo la parte central podría abrirse en roca viva y que las boquillas y pequeñas longitudes á uno y otro lado llevarían revestimiento por ser poco compactos y duros los terrenos de la base.

Al efectuar la obra, se vió que estos derrames ó ensanches del crestón estaban formados por tierra y piedras de diferentes tamaños, algunas muy grandes, producto de la descomposición de la masa por los agentes atmosféricos en largo transcurso de siglos y fué imposible en absoluto emboquillar el túnel hasta llegar á la roca viva. Resultó así muy disminuído de longitud, 56,98 metros; pero, en cambio, las trincheras de avenidas alcanzaron en el eje las cotas máximas de 16,38 y 10,49 metros.

La apertura de la galería, boca Sur (fig. 4.<sup>a</sup>), se hizo por los procedimientos ordinarios, sin dificultad alguna, en una caliza azulada de gran dureza; tan sólo en la boca Norte (figu-

ra 5.<sup>a</sup>), aparecieron bancos de pizarra oscura más blanda, en los que se produjeron algunos pequeños desprendimientos.

Los taludes de las trincheras se sostienen perfectamente á pesar de no ser muy tendidos; el túnel resulta perfectamente iluminado, y en los ocho años que lleva abierto no se ha producido incidente alguno y el tránsito se hace sin el menor entorpecimiento, patentizando así la excelencia de la solución elegida.

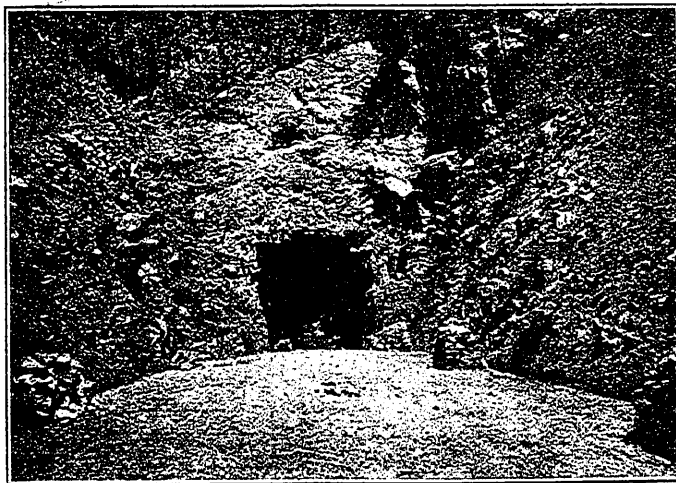


Fig. 4.ª

La sección adoptada es de bóveda de medio punto sobre estribos en talud, como indica la figura 6.<sup>a</sup>, con las siguientes dimensiones:

Ancho en la base, 4 metros, correspondiendo 3<sup>m</sup>,50 al firme y 0<sup>m</sup>,25 por cada lado de los paseos, y dos cunetas de 0<sup>m</sup>,40 X 0<sup>m</sup>,40, suficientes para recoger el agua de filtración de la bóveda y paredes, que aquí es muy pequeña, tanto que en la mayor parte de las épocas el túnel está completamente seco.

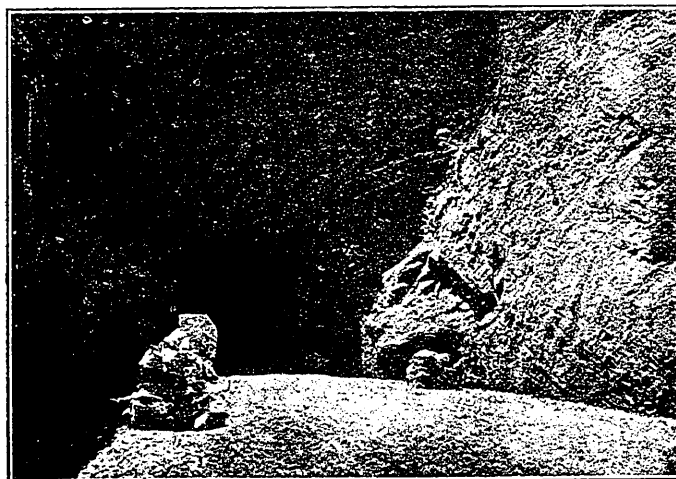


Fig. 5.ª

Altura bajo la clave, 6,25 metros.

Anchura máxima á 3,25 metros de altura, 5,60 metros.

Idem en el arranque de la bóveda á 3 ídem íd., 5,55 metros.

Radio del círculo, 2,80 metros.

Con esta forma y altura libre pasan perfectamente el túnel los carros, que circulan mucho por la comarca, cargados de heno, paja y leña, materiales que por su poco peso ocu-

pan mucho espacio, tanto en alto como en ancho. Puede decirse que es la sección indicada para estos transportes.

En cuanto á la latitud de la explanación, claro está que no permite el cruce de dos carros, pero no es este inconveniente para el tránsito, dada la corta longitud del subterráneo, en línea recta, y; por tanto, viéndose perfectamente las dos bocas. Además, en las entradas se ha ensachado algo la carretera, constituyendo semiapartaderos.

En el proyecto figuraba también una sección con revestimiento (figuras 7.ª y 8.ª) de mampostería concertada curva en la bóveda de 0,50 metros de espesor, sobre estribos de

Sahagún á las Arriondas, que arrancando del ferrocarril de Palencia á la Coruña, sube por el valle del río Cea, para pasar después al del Esla, que sigue hasta su nacimiento y atravesando la cordillera Cantábrica por el puerto de Pontón, en las estribaciones de los Picos de Europa, entrar en Asturias.

La bajada de este puerto presenta los mismos caracteres que las de todos los de más altos collados de aquella, pues

*Sección en roca.*

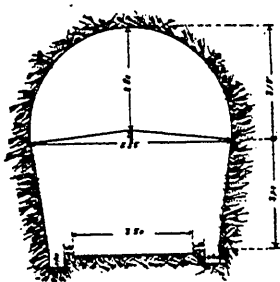


Fig. 6.ª

*Sección con revestimiento.*

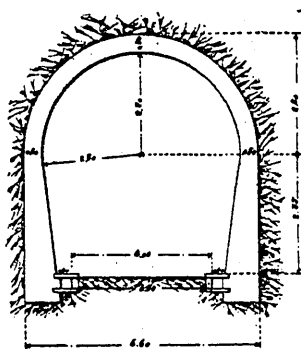


Fig. 7.ª

*Sección transversal.*

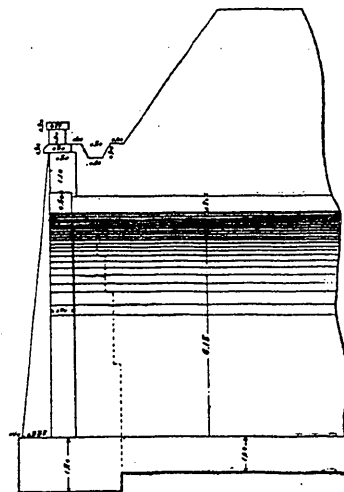


Fig. 8.ª

la misma fábrica recta, con el paramento interior vertical y con cunetas revestidas con solera y cubierta.

Igualmente se proyectaron los frentes (figuras 8.ª y 9.ª), en forma sencilla, pero al mismo tiempo de buen aspecto, con esquinas, cadenas y boquillas de sillería recta y aplan-tillada, frentes de mampostería concertada recta y muros de acompañamiento de mampostería ordinaria.

Son modelos que pueden tener perfecta aplicación en ca-sos análogos, pues resultan económicos y con dimensiones de buena resistencia.

como se desciende desde alturas de 1.300 á 1.400 metros hasta el nivel del mar en poca distancia horizontal, los arro-yos son verdaderos torrentes, los valles se convierten en de-rumbaderos y por todas partes aparecen precipicios, masas de roca en cantil ó desplomadas y laderas con fuertísimas inclinaciones, como si un cataclismo geológico hubiera pro-ducido el hundimiento repentino de toda la comarca. Las ca-rreteras en estos terrenos tienen que serpentear, rodeando todas las estribaciones, metiéndose en todos los valles y va-llejos, ciñéndose, en una palabra, á todas las inflexiones de

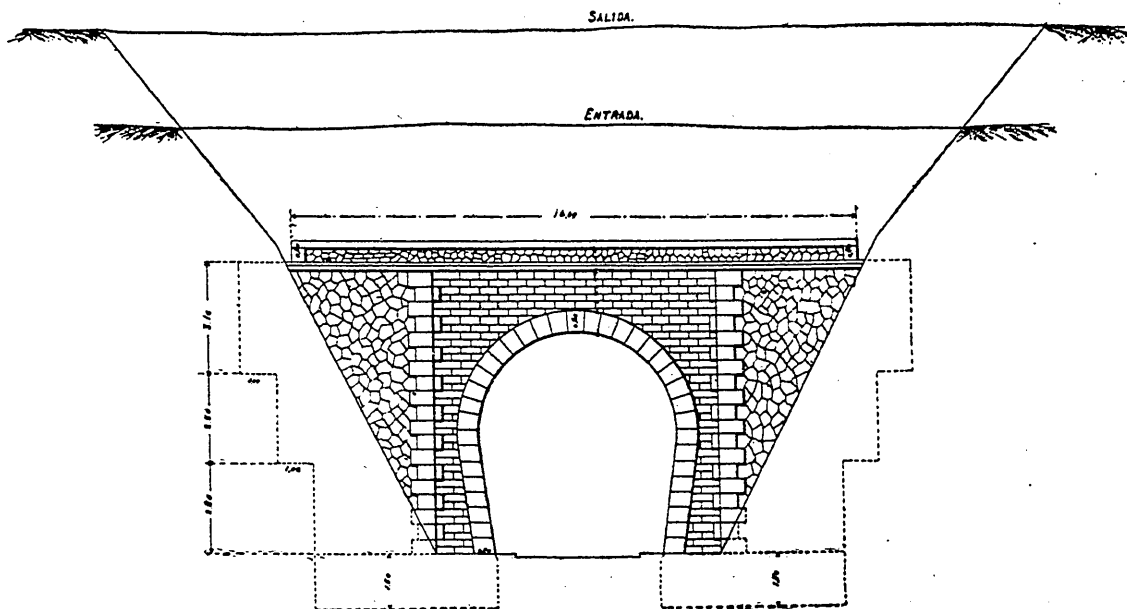


Fig. 9.ª

El coste de excavación del metro cúbico de caliza en tú-nel resultó de 12,50 pesetas, y el del metro lineal de 361,60 pesetas,

**Túnel de Peña Negra.**—Una de las carreteras de mayor longitud y más antiguas de la red de esta provincia es la de

la superficie para llegar al fin de la bajada con un trazado natural. En muchas ocasiones, y la que nos ocupa es una de ellas, no se consigue esto sino empleando algún zig-zag.

En medio de la abrupta bajada del puerto de Pontón, en que casi sin interrupción hay que levantar muros para

sostener la caja, y alternar los grandes desmontes y las profundas trincheras con altas obras de fábrica, pontones, pequeños viaductos, etc., tropieza repentinamente la línea con una enorme mole rocosa que avanza á pico sobre el río desde la ladera con un ancho de 440 metros y una altura media de 150 metros.

Nada tan imponente como el aspecto que, visto desde el fondo del torrente que se precipita á su pie, presenta este macizo de cuarcitas y calizas, con sus altísimos acantilados y sus escarpes, verticales en unos puntos, y en otros con profundas trompas naturales que ruedan hasta 8 ó 10 metros, y toda la superficie hendida y agrietada con lisos de cortes

ja ó profunda depresión vertical del contrafuerte, salvada con un puente de arco escarzano con estribos perdidos, que sigue la forma del corte de tal modo que la luz del frente de aguas abajo 15 metros, se reduce á 7,50 metros en la de aguas arriba (fig. 11).

Da idea esto de lo difícil de aquel paso.

Resulta el túnel, á pesar de su longitud, bastante claro, porque hacia su mitad y por medio de una pequeña galería normal de 7,50 metros de longitud, se ha abierto una ventana de  $2^m,50 \times 3^m,50$  de superficie, por la que entra en abundancia la luz.

La sección adoptada es la de las figuras 12, 13, boca Nor-

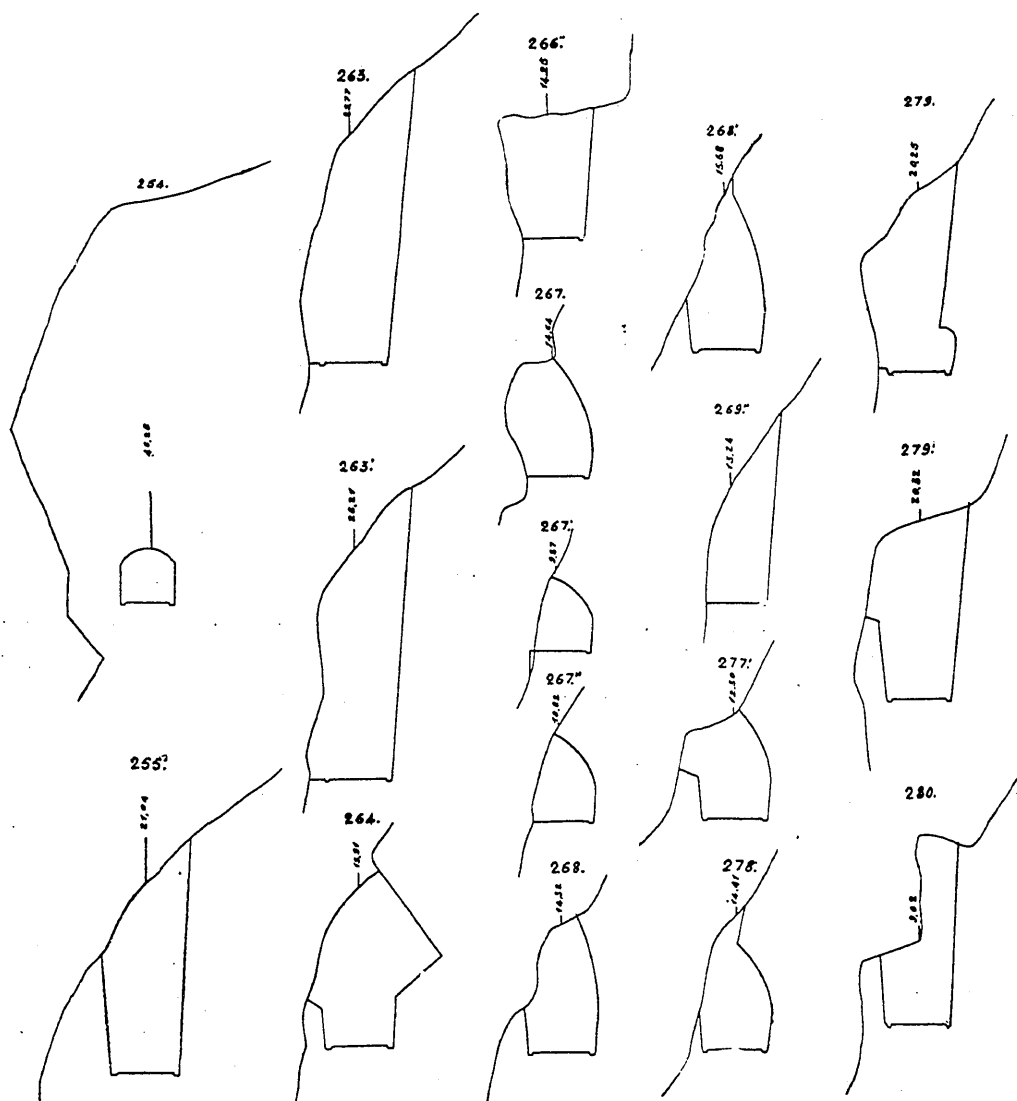


Fig. 10 a

hasta 40 y 50 centímetros, que dividen la peña en todas direcciones.

Á este paso difícil, como de los más peligrosos que puede encontrarse en un trazado, llega la carretera por la mitad de su altura, próximamente, y si bien en la segunda parte del enorme contrafuerte pudo hacerse la caja merced á grandes desmontes, trincheras y trompas, con los trabajos y dificultades de estudio y ejecución de que dan pálida idea los perfiles transversales (fig. 10), en la primera era imposible ni aun intentarlo por el estado de agrietamiento de la roca en la pared del cantil, que no permitía abrir desmontes en trompa, única excavación á cielo abierto en que podía pensarse.

Se impuso, pues, la solución de perforar la roca con un túnel de 96 metros de longitud que desemboca en una valle-

te, y 14, boca Sur, de estribos verticales de 4 metros de altura, sobre la que se apoya un arco rebajado de 3,08 metros de radio y  $1^m,50$  de flecha, lo que da una altura total de 5,50 metros.

El coste del metro lineal en túnel abierto en cuarcita ascendió á 24 pesetas y el del metro lineal á 665,90 pesetas.

La anchura de la carretera se redujo á 4,50 metros, de los que corresponden 3,50 metros al firme y 0,50 metros á cada uno de los paseos, con dos cunetas de  $0,40 \times 0,40$  metros. En realidad, la latitud que se ha dado en este caso permite que se crucen dos carros, pero como esto ha de ser difícil y peligroso por la disminución de luz, es preferible siempre adoptar desde luego la solución económica de túnel estrecho para que un sólo vehículo circule con amplitud, con semiapartaderos en las entradas como en el de Los Barrios de Luna.

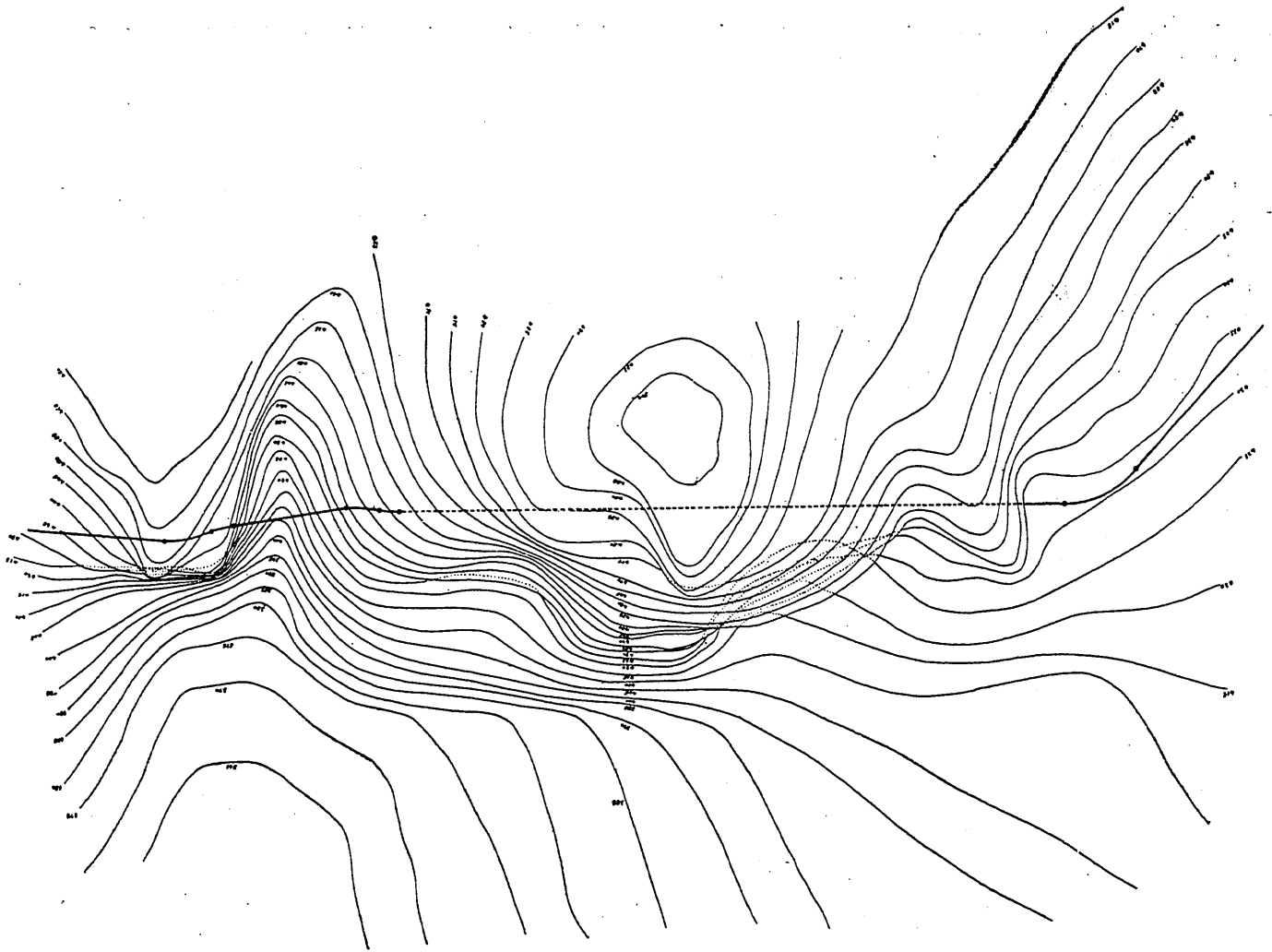


Fig. 11.ª

Las dos secciones que hemos estudiado tienen las superficies siguientes:

Túnel de Los Barrios de Luna, 29,728 metros cuadrados.

Túnel de Peña Negra, 27,712 ídem íd.

Comparándolas se ve desde luego la conveniencia de adoptar la primera que con la suficiente anchura en la base ensancha más hacia la altura de 3 y 4 metros, que es donde los carros de transporte rurales cargados de ciertos materiales necesitan mayor amplitud.

### *Sección en roca.*

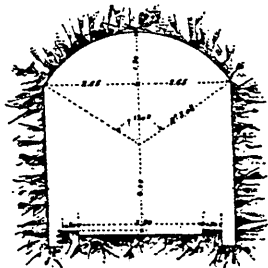


Fig. 12.ª

En cuanto á la altura, pudiera adoptarse en algunos casos la de 5,50 metros; pero, en general, creemos preferible, para tener en cuenta todas las contingencias, la de 6 metros, pues el aumento de sección que resulta no es grande.

**Túnel de Angoyo.**—Al final de la bajada del puerto de Pontón, la cuenca, de forma casi circular, comprendida entre la cordillera principal y dos altas estribaciones donde se recogen las aguas origen del río Sella, aparece cerrada por

dos enormes macizos de roca tan próximos, que apenas dejan paso á la carretera y al río que casi confundidos entran en el estrecho y largo desfiladero denominado los Veyos.

Nada hay en las carreteras de España comparable á este paso, que sin perder su carácter abrupto y salvaje se prolonga en una longitud de más de 4 kilómetros.

En ninguna parte se presenta la Naturaleza más imponente en su grandiosidad y rudeza y en ningún sitio se ven más patentes los efectos de las fuerzas del dinamismo terrestre, levantamientos del terreno, grandes erosiones en las rocas, etc. Si fuese más conocido y no tan distante del ferrocarril (27 kilómetros á la estación de Arriendas en el ferrocarril de Oviedo á Santander), sería, con más razón que otros de nuestra Nación y aun del extranjero, obligado punto de visita de los turistas.

En todo este trayecto el río corre y salta en rápidos y cascadas, sobre su estrecho cauce de roca y la carretera ocupando parte de él, porque no tiene otra salida, apoya la mitad de la caja en muro y excava la otra media en los manantiales del desfiladero con altos taludes verticales ó en trompa.

Cuando son muy grandes los obstáculos y muy costosos de vencer, la línea cambia de ladera, pasando ya sobre un puente natural formado por enorme roca, que desprendida de lo alto quedó en su caída acuñada sobre otras de ambos márgenes, ya sobre arcos de diversas luces, algunos no completos, que estriban también directamente sobre las masas de caliza.

Y así, á costa de enormes gastos y de grandes trabajos, se llega á un punto al final del estrechamiento en que casi se cierra por dos poderosos contrafuertes, y no hay medio posible de pasar ni por una ni por otra margen, no quedando

otra solución que entrar en un túnel de 94 metros de longitud, el primero construido en León el año 1870.

La sección (fig. 15) es la misma que la del de Peña Negra, que sirvió de tipo para éste, y tiene también hacia el

deramente práctica, y que no resulte una solución costosa y antieconómica, y por tanto antitécnica también.

Es evidente que se han de utilizar más y más cada día á

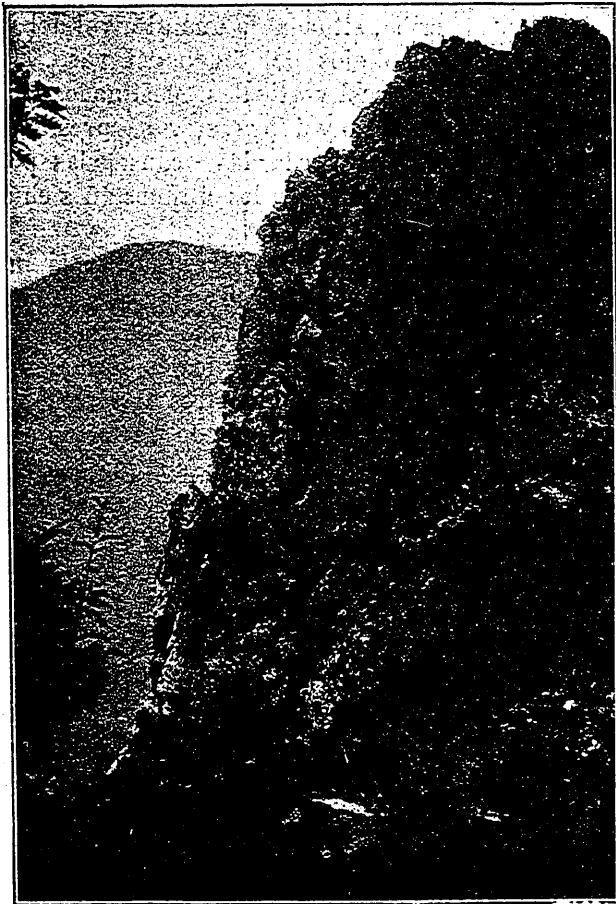


Fig. 13.ª

medio de su longitud un gran ventanal que lo ilumina, admirable punto de vista para el cañón del río aguas arriba.

Bastan estos tres ejemplos para dar á conocer los grandes servicios que pueden prestar los túneles en los pasos di-



Fig. 15.ª

medida que la locomoción automóvil se desarrolle y generalice, porque desaparece para ella uno de sus mayores inconvenientes, la obscuridad.

M. DIZ Y BERCEDÓNIZ.



Fig. 14.ª

fáciles, tan frecuentes en los trazados de montaña, pero su empleo exige siempre un detenido estudio de la topografía del terreno y numerosos tanteos para elegir la línea verda-

## LAS OBRAS DE RIEGO EN LOS ESTADOS UNIDOS

POR

DON JOSE NICOLAU

Y

DON NARCISO PUIG DE LA BELLACASA

(CONTINUACION)

Planta y perfiles de presas de fábrica.— Como está ocurriendo en todos los países, aun en aquellos que naturalmente gozan de lluvias abundantes y regulares, la construcción de presas ha adquirido gran desarrollo en los Estados Unidos en los últimos treinta años, no sólo en la región árida y semiárida, sino también en la húmeda, pues las necesidades de las poblaciones, siempre crecientes, han reclamado el establecimiento de embalses, que constituyen en la mayoría de los casos, para los grandes centros urbanos, la única solución práctica del problema del abastecimiento