

## proyecto y ejecución del nuevo tramo de la autopista Londres-Yorkshire

513 - 15

### sinopsis

Describe el autor un tramo representativo de las nuevas autopistas inglesas, exponiendo con claridad y concisión los detalles del proyecto en sus características geométricas y estructurales e informando sobre el volumen y condiciones singulares de la obra.

El trabajo presenta el interés de las soluciones adoptadas para una vía de gran tráfico, especialmente en la composición del firme, con la definición de espesores y materiales de las distintas capas que lo integran, así como en la disposición del sistema de drenaje.

### 1 Preliminar

La autopista Londres-Yorkshire—conocida como Motorway M1—, que es una de las principales arterias de la red vial inglesa, avanza hacia el N. en sucesivos tramos que se van construyendo en plazos de ejecución mínimos bajo el imperativo de la demanda del tráfico creciente, en ese país de gran densidad demográfica y elevado índice de motorización en el que el parque automóvil cuenta hoy con 14 millones de vehículos.

En reciente viaje a Inglaterra con motivo del V Congreso Internacional de Carreteras hemos tenido ocasión de realizar una visita especial al tramo actualmente en construcción de la citada autopista. Con este motivo hemos conocido el proyecto y observado los diversos tajos de explanación, obras de fábrica y afirmado.

La longitud del tramo es de 22,720 km, dividida en dos trozos a efectos de contratación, que corresponden a los contratos «Q» y «R», y cuya longitud y costes se definen a continuación:

contrato «Q»: 11,840 km    1.191 millones de pesetas;  
contrato «R»: 10,880 km    904 millones de pesetas.

Los costes por kilómetro son del orden de 100 y 83 millones de pesetas, respectivamente, costes que pueden parecernos algo elevados para autopistas rurales sin contar expropiaciones, si se comparan con las proyectadas en España (\*); pero es preciso tener en cuenta que se trata de una vía de seis carriles con multitud de pasos superiores.

La empresa adjudicataria es «John Laing Construction Ltd.», conocida compañía constructora muy acreditada en obras de autopistas, y el plazo de ejecución es de dos años. La fecha de nuestra visita coincidió aproximadamente con la mitad de este plazo.

Los dos trozos se han llevado simultáneamente y espera entregarse la obra en el plazo previsto, con lo que será abierta al tráfico el 20 de agosto de 1967.

Pasamos después de esta exposición preliminar a describir y comentar las características técnicas de la obra y las circunstancias peculiares de su ejecución.

(\*) Los costes medios por kilómetro en las planeadas autopistas del Mediterráneo y Cantábrico ascienden a 78 y 87 millones, incluyéndose en éstos expropiaciones e indemnizaciones.



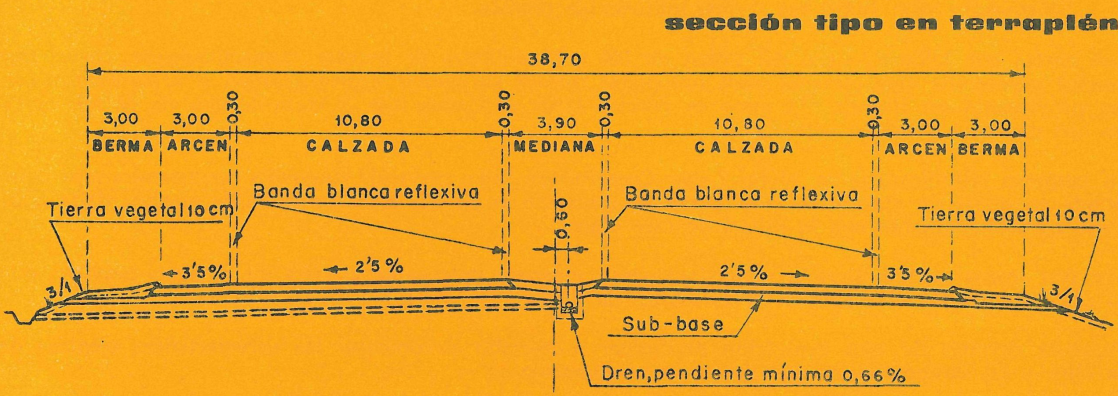
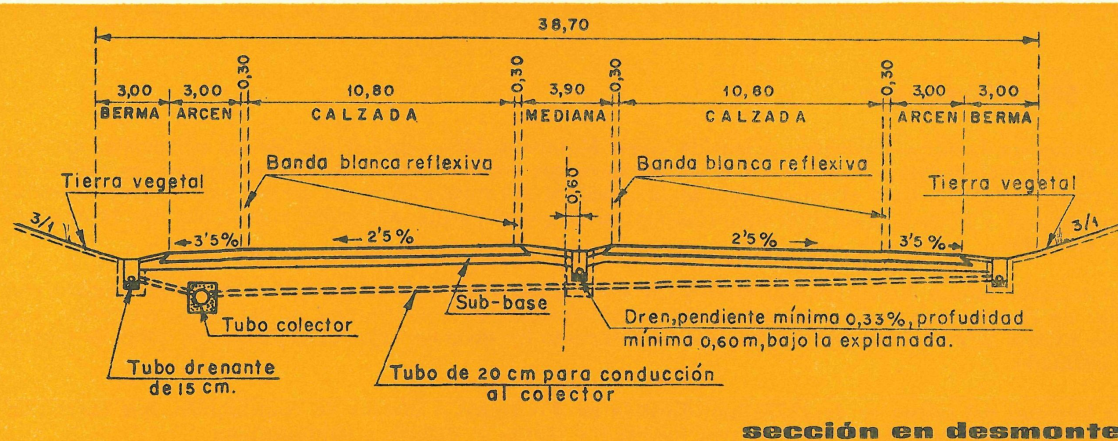
## 2 Características geométricas

El trazado se desarrolla por terreno ondulado, y de acuerdo con esto y con la demanda de tráfico futuro que han estudiado los servicios de planeamiento del Ministerio de Transporte se han fijado las características geométricas del tramo.

La velocidad de proyecto es de 112 km/h (70 millas/h) (\*). La IMD prevista exige calzadas de tres carriles, adaptándose éstos al ancho normal inglés de 3,60 m. De acuerdo con la experiencia de los tramos anteriores de la autopista se han proyectado arcenes exteriores de 3 m, pero se omiten los interiores. Las calzadas están limitadas por bandas blancas reflexivas, y los arcenes se complementan con amplias bermas también de 3 m de ancho, fajas verdes que alojarán conducciones de alumbrado y teléfono, así como drenes en las secciones en desmante. También sobre la berma se dispondrán la señalización y las barreras de seguridad en las zonas en que éstas sean precisas.

El ancho de la mediana es de 3,90 m, que ofrece una separación suficiente entre calzadas para que no sea necesaria la barrera. El ancho total de la plataforma es de 38,70 m, integrado por los siguientes elementos de la sección transversal:

|                       | Metros |                       | Metros |                         | Metros |
|-----------------------|--------|-----------------------|--------|-------------------------|--------|
| Calzada de 3 carriles | 10,80  | Calzada de 3 carriles | 10,80  | Arcén                   | 3,00   |
| Berma                 | 3,00   | Banda separadora      | 0,30   | Berma                   | 3,00   |
| Arcén                 | 3,00   | Mediana               | 3,90   |                         |        |
| Banda separadora      | 0,30   | Banda separadora      | 0,30   | Ancho de la plataforma: | 38,70  |



(\*) Para facilidad del lector español todas las dimensiones que figuran en el presente trabajo se han reducido a unidades métricas.



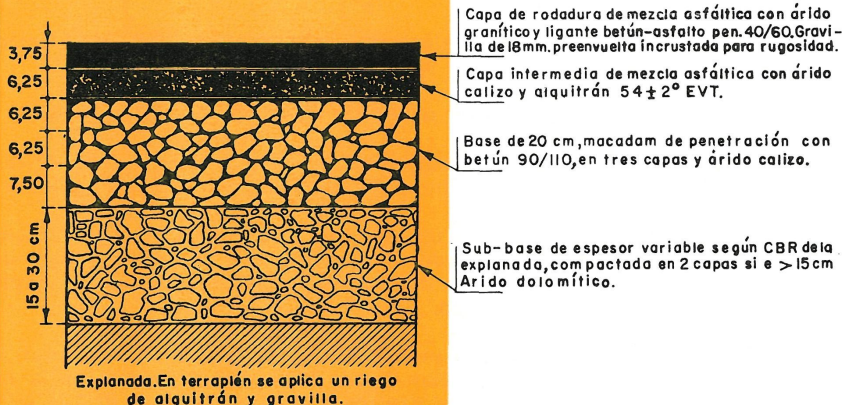
Los taludes de terraplén y desmonte son de 1 en vertical por 3 en horizontal. Estos tendidos taludes cubiertos del verde césped, tan fácil de conseguir en el húmedo clima inglés, serán uno de los elementos básicos de la estética de la autopista, como hemos podido apreciar en los tramos anteriores. En algunas zonas en que la naturaleza del terreno permite la estabilidad de los taludes con mayor pendiente, se adopta ésta reduciendo volumen de obra y ancho de expropiación.

Las calzadas se disponen con pendiente del 2,5 por 100 hacia el arcén, estableciéndose peralte solamente en las curvas con radio inferior a 1.560 metros. El peralte máximo normal es del 3 por 100, llegándose excepcionalmente al 4 por 100.

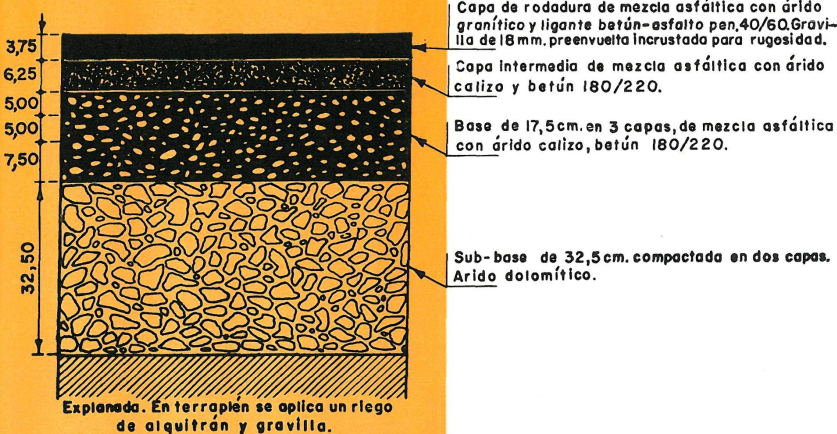
La mínima distancia de visibilidad de parada que se ha tomado para una altura de 1,12 m sobre la calzada es 285 m. El gálibo, en lo que se refiere a altura libre mínima, es de 4,95 m. Tal altura se respeta tanto sobre la calzada como sobre los arcones, en la autopista y en las carreteras secundarias que se cruzan en paso superior. Ambas dimensiones son superiores a las que prevé nuestra vigente Instrucción de Carreteras (\*).

### Composición del firme en las calzadas de la autopista

trozo "Q"



trozo "R"



## 3 Obras de explanación

Afecta la traza a terrenos constituidos principalmente por estratos de arcilla de reducida potencia, pizarras blandas, esquistos arcillosos y algunas areniscas. Pero la principal peculiaridad de la obra que describimos es que está emplazada en una zona minera y cruza tanto galerías abandonadas como filones aún sin explotar. Tales circunstancias han obligado a una serie de trabajos complementarios para rellenar e inyectar de las galerías o para descubrirlas por excavación a cielo abierto si están cerca de la rasante. También es preciso el desmonte del carbón en los venteros interferidos donde se exige llegar a una cota de 6 m por debajo de la explanada, con vistas a la seguridad en la futura explotación. El carbón extraído debe transportarse a los lugares designados por la compañía minera concesionaria de aquel coto hullero y esto ha sido tenido en cuenta al calcular el precio de la excavación.

(\*) Orden Circular 3.1-IC de la Dirección General de Carreteras.

Los volúmenes de movimiento de tierras son de 3,7 y 2,2 millones de m<sup>3</sup> para ambos trozos, «Q» y «R», respectivamente. La totalidad del desmonte, incluso en las areniscas más duras, se ha hecho por «ripado», habiéndose empleado explosivos exclusivamente en la excavación de zanjas de drenaje y cimentación de obras de fábrica.

En el movimiento de tierras se emplean gran número de traíllas —han llegado a trabajar 40 simultáneamente—, gran parte de ellas de 27 metros cúbicos.

Se ha llegado a mover 1 millón de m<sup>3</sup> en un mes entre los dos contratos.

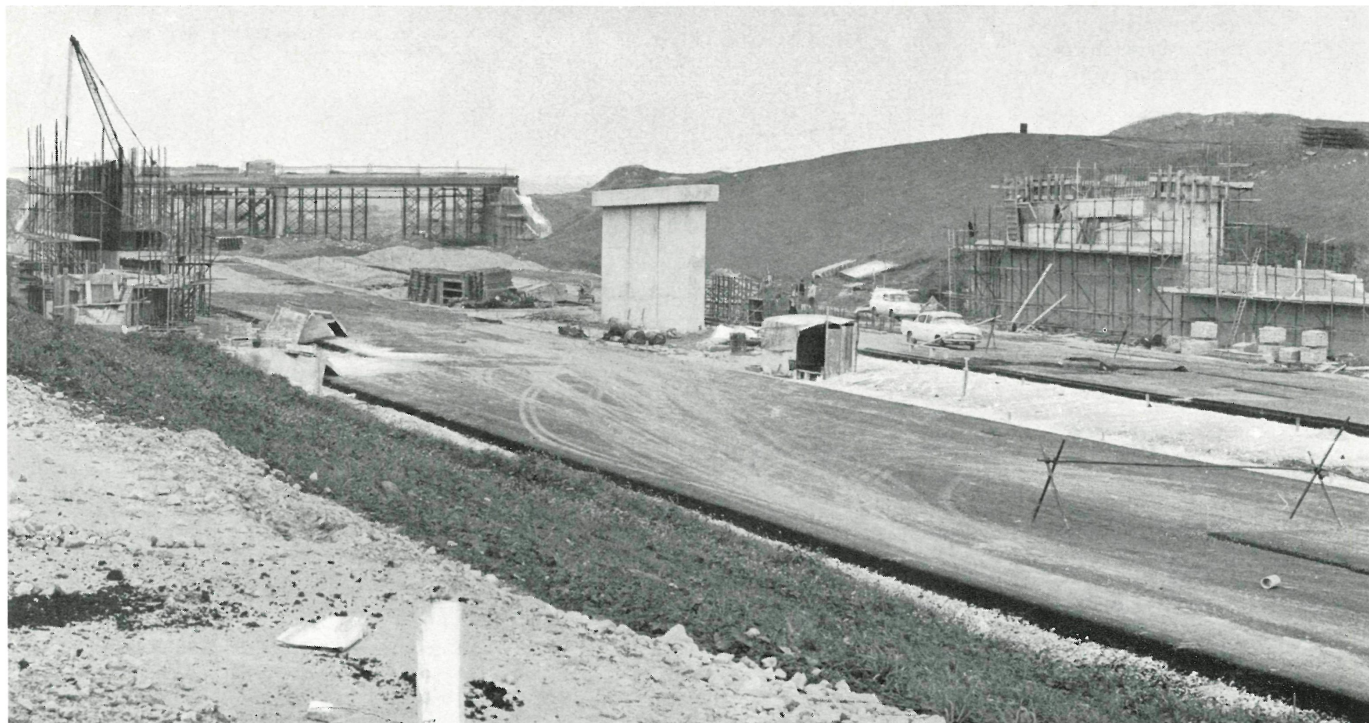
Para la compactación se emplean rodillos de placas y también rodillos de rejilla en las zonas donde hay fragmentos de roca. Los compactadores vibratorios sólo se utilizan en la coronación del terraplén.

Para el control de densidades en el terraplén no se emplea el método Próctor, sino, como es corriente en Inglaterra, se comprueba el grado de compactación por el porcentaje de huecos, exigiéndose como mínimos el 5 y 10 por 100 según se trate de capas de la coronación o explanada (0,60 m de la parte superior) o del cuerpo del terraplén.

Una vez concluido el terraplén, con objeto de impermeabilizarle y mejorar las condiciones de paso de los equipos de afirmado—circunstancias dignas de tenerse en cuenta en la tan húmeda zona del emplazamiento de la obra—se aplica a la explanada un riego a razón de 1,25 kg/m<sup>2</sup> de alquitrán y la correspondiente gravilla de cobertura.

## **4** Firme

Como en tramos anteriores, se ha adoptado la solución de firme flexible, pero en este caso con base estabilizada con ligantes hidrocarbonados.



Construcción de una de las estructuras tipificadas de dos tramos para un paso superior sobre la autopista.





Para el cruce de carreteras a distinto nivel y reposición de servidumbres es preciso construir 46 estructuras. La fotografía muestra una pasarela de peatones.

El espesor oscila entre 45 y 60 cm, correspondiendo el valor mínimo a una parte del trozo «Q» en el que la explanada presenta la mayor capacidad portante.

Se ha dimensionado el firme por el clásico método inglés del Road Research Laboratory (\*), que utiliza el CBR como índice resistente. Las secciones corresponden aproximadamente al tipo 2P de las normas españolas (\*\*), pero tienen mayores espesores de base y sub-base con los que se sustituye el equivalente de explanada mejorada que aquí no se ha dispuesto.

La composición del firme en cada uno de los dos trozos es la siguiente:

#### Sección estructural del trozo «Q»

- pavimento: 3,75 cm de capa de rodadura de mezcla asfáltica;  
6,25 cm de capa intermedia de mezcla asfáltica;
- base: 20,00 cm de macadam de penetración en tres capas de 7,50, 6,25, y 6,25 cm;
- sub-base: variable de 15 a 30 cm de árido dolomítico de machaqueo, con granulometría drenante, compactado en dos capas si pasa de 15 cm.

(\*) Road Note n.º 29. «A guide to the structural design of flexible and rigid pavements.»

(\*\*) Instrucción de carreteras. Firmes y pavimentos flexibles. Norma 6.1-IC.





Montaje de tubería de hormigón vibrado, de 3 m de diámetro interior, para un paso de peatones bajo la autopista.



Se ha dispuesto en la autopista y sus intersecciones un sistema de subdrenaje muy completo. Véase en la fotografía la colocación en zanja de un tubo colector para la evacuación de las aguas infiltradas y de las superficies que se recogen en la berma hundida de las secciones en desmonte.

En los arcenes el pavimento se reduce a una capa de 3 cm de tarmacadam, sobre el que se aplica gravilla de 6 mm de color claro para su diferenciación de la calzada. La base se ha proyectado de acuerdo con el espesor y tipo de la calzada y lo mismo la sub-base, para conseguir continuidad en la sección.

Fotos: JOHN LAING AND Son Limited

El árido es granítico en la capa de rodadura y calizo en la capa intermedia; el árido fino es arena. En la base también se emplea árido calizo. Las mezclas son del tipo H.R.A. (Hot rolled asphalt) y en ambas se emplea como «filler», polvo calizo.

Los ligantes que se utilizan en las distintas capas son:

betún con asfalto de Trinidad, penetración 40/60, en la capa de rodadura;

alquitrán con temperatura de equiviscosidad  $54 \pm 2^\circ \text{C}$ , análogo al tipo AQ-54 de las nuevas prescripciones españolas en la capa intermedia, y

betún de penetración 90/110 en la base.

Sobre la capa de rodadura y a efectos de conseguir una textura superficial rugosa, se incrusta por cilindrado gravilla granítica de 18 mm preenvuelta con el mismo ligante empleado en esta capa. El ligante para la mezcla se ha elegido especialmente considerando el clima de la región y el tráfico pesado que debe soportar la autopista.

#### — Sección estructural del trozo «R»

En este trozo el pavimento es el mismo que el del anterior, en espesor y composición de sus capas. La base es, sin embargo, de mezcla asfáltica, con espesor de 17,5 cm y se compacta en tres capas de 7,5, 5, y 5 cm. No se emplea alquitrán en la capa intermedia, sino que en ésta y en la base el ligante es betún de penetración 180-220.

La sub-base es de árido dolomítico, de 32,5 cm de espesor, compactado en dos capas.

En las vías de cambio de velocidad se mantiene en general el mismo firme; en algunas de menor tráfico se reduce la base asfáltica a 12,5 centímetros.

## 5 Obras de fábrica

Las obras de fábrica en estado muy avanzado de construcción comprenden 20 caños de desagüe y 46 cruces a distinto nivel, en intersección con carreteras existentes, ferrocarril y reposición de servidumbre a fincas colindantes; para el acceso a éstas han sido precisas 14 obras.

Las estructuras de los pasos son todas de hormigón armado tradicional, con acero especial corrugado; en los pasos sobre el ferrocarril se han empleado vigas prefabricadas. Todas estas estructuras son isostáticas, habiéndose proyectado así por temor a asentamientos en la zona de minas donde están emplazadas. Por la misma razón se han previsto juntas cada 12 m en los caños.

El hormigón se fabrica en una planta central con capacidad de producción de 45 m<sup>3</sup>/h y se distribuye a los distintos tajos con camiones-hormigonera; actualmente existe una flota de 18, pero ha llegado a haber 23 en obra.

Se cuida mucho la calidad del hormigón, que se controla por su resistencia característica—fijándose unas dosificaciones solamente a título indicativo—y el aspecto de los paramentos. Uno de los pasos fue demolido por decisión del contratista y reconstruido a su costa, a la vista del aspecto deficiente de la obra que no cumplía el grado de perfección a que allí se llega en las estructuras de hormigón.

## 6 Drenaje

Para el drenaje de las aguas superficiales y de las infiltradas a través del firme, se disponen en las secciones en desmonte 3 drenes longitudinales con tubos de 15 cm: uno en la mediana y los otros en el fondo de la cuneta muy tendida que constituye la berma. Las aguas recogidas por los tres drenes afluyen a un tubo colector.

En las secciones en terraplén sólo se conserva el dren de la mediana, ya que el agua filtrada es drenada por la sub-base que sale a los taludes, en zonas que al efecto no se revisten de tierra vegetal. El agua recogida por el dren central, en que como en los laterales se disponen los correspondientes pozos, sale por colectores transversales que desde estos pozos la llevan a una cuneta que sigue el pie del terraplén.

Los drenes longitudinales son normalmente paralelos a la rasante, fijándose pendientes mínimas de 0,33 por 100 en el desmonte y 0,66 por 100 en el terraplén. La disposición de drenes y de las capas integrantes del firme figuran en las secciones adjuntas, lo que nos releva de más prolija descripción.

## 7 Plazo de ejecución

El plazo de ejecución fijado es, como se dijo, de 2 años y en él podrá concluirse la obra gracias a la concentración de maquinaria, la simultaneidad de diversos tajos y la seguridad en el suministro de materiales. Los trabajos se han programado teniendo en cuenta las condiciones climáticas, y para su desarrollo se da mucha importancia a la predicción del tiempo, recibiendo información diaria de lluvias y temperaturas.

No obstante, las condiciones atmosféricas anómalas del presente año han dado lugar a grandes variaciones respecto de los volúmenes previstos para los distintos meses en el plan de obra, como hemos podido apreciar en la comparación de los dos diagramas de espacios-tiempos: el supuesto y el real.

---

Concluimos el presente trabajo sobre uno de los más modernos tramos de la red de autopistas del Reino Unido; en él hemos pretendido informar sobre las características principales de la obra visitada, ejemplar por la concepción y precisión de proyecto, así como por la planificación y rapidez en la ejecución, lo que honra a las empresas consultora y constructora adjudicatarias, «Sir Owen Williams & Partners», encargada del proyecto, dirección e inspección de obra, y la ya citada «John Laing Construction, Ltd.», que construye la autopista.

Pensamos que nuestra información pueda ser útil para los compañeros de la Administración y de la Contrata en esta hora en que incorporados ya a la nueva técnica de carreteras se ha iniciado la construcción de las anheladas autopistas, piezas clave en el desarrollo del país, señuelo y cauce para la ya desbordante corriente turística, tan beneficiosa para la economía nacional.

OLEGARIO LLAMAZARES GÓMEZ  
Dr. ingeniero de caminos

118



### **Projet et exécution du nouveau tronçon de l'auto-route Londres-Yorkshire**

Olegario Llamazares Gómez, Dr. ingénieur des Ponts et Chaussées

L'auteur décrit ici un tronçon représentatif des nouvelles autoroutes anglaises. Il expose d'une façon claire et concise les détails du projet dans ses caractéristiques géométriques et structurales et fait mention du volume et des conditions particulières de l'ouvrage.

Ce travail démontre l'intérêt des solutions adoptées pour une voie de grande circulation, en particulier pour la composition du revêtement, et définit les épaisseurs et les matériaux des différentes couches qui le forment, ainsi que la disposition du système de drainage.

---

### **Design and construction of the new section of the London Yorkshire motor road**

Olegario Llamazares Gómez, Dr. civil engineer

The author describes a representative section of the new British motor roads. He states briefly the main features of the design, including its topographical and structural characteristics, and gives data on the magnitude and special aspects of the project.

The significance of many of the solutions adopted for a motor road carrying a large traffic load is specially emphasized. Attention is given to the pavement construction, its thickness and the materials of the various layers, as well as to the drainage system.

---

### **Die Planung und Ausführung der neuen Strecke der Autobahn London-Yorkshire**

Olegario Llamazares Gómez, Dr. Bauingenieur

Der Verfasser beschreibt eine Strecke der neuen englischen Autobahnen und zeigt die Einzelheiten des Entwurfes in ihren geometrischen und strukturellen Charakteristiken und berichtet über dem Volumen und besonderen Zustände des Baues.

Die Arbeit hat das Interesse der angenommenen Lösungen für eine grosse Verkehrsbahn, besonders in der Zusammensetzung der Strassendecke, mit der Erklärung von Dicke und Materialien der verschiedenen Schichten, die sie bilden, so wie in der Anordnung des Dränagesystems.