

les y que no estará justificado el empleo de más de cuatro en los parciales.

El estado de cubrición así obtenido es susceptible de muchas aplicaciones durante la explotación de la obra, en la administración del agua, en el estudio de las pérdidas por evaporación y filtración, en la comprobación de la constancia de la capacidad o en la determinación de sus variaciones. Con motivo de este empleo se podrán hacer también patentes muchos errores que de otro modo hubieran pasado inadvertidos y que pudieran dar lugar a oportunas rectificaciones. El estudio de estos extremos sale fuera de los límites que para los presentes artículos nos hemos impuesto.

Antes de terminarlos, he de llamar la atención de los compañeros encargados de esta clase de obras sobre la conveniencia de reunir los datos precisos para la clasificación de los pantanos españoles, ya con arreglo a las bases de Sutherland o bien en la forma que

aconsejara la mayor o menor frecuencia de unos u otros tipos en nuestro país. Y sin perjuicio de las observaciones que les sugiriera su competencia y buen juicio, sería interesante el recoger desde luego para cada uno de esos embalses la curva logarítmica de su capacidad para las distintas alturas, a cuyo efecto bastaría señalar sobre la figura 17 (o en un calco de ella en el que figurara el marco como línea de referencia) los puntos representativos de los distintos volúmenes, para alturas de 10 en 10 metros o de 5 en 5. Los puntos podrían señalarse en negro y unirse con línea roja y no muy gruesa.

Los que así lo hagan podrían enviarlos al autor de este artículo a la Escuela especial de Ingenieros de Caminos, donde podrían quedar centralizados estos datos, siempre interesantes. Yo se lo agradecería y ellos habrían contribuido a aumentar y precisar el conocimiento de nuestras cosas propias.

Pedro M. GONZÁLEZ QUIJANO.

## Las obras de fábrica para la urbanización de la Ciudad Universitaria<sup>1</sup>

### II

En contraposición con las obras de masa, descritas en el artículo anterior, se levanta, por último, el viaducto llamado del Aire, ubicado en uno de los valles más hermosos de la Ciudad, valle muy encajado y sobre el cual la rasante del tranvía pasa alta, dando lugar a un perfil muy apropiado para una solución clásica de viaducto a toda luz.

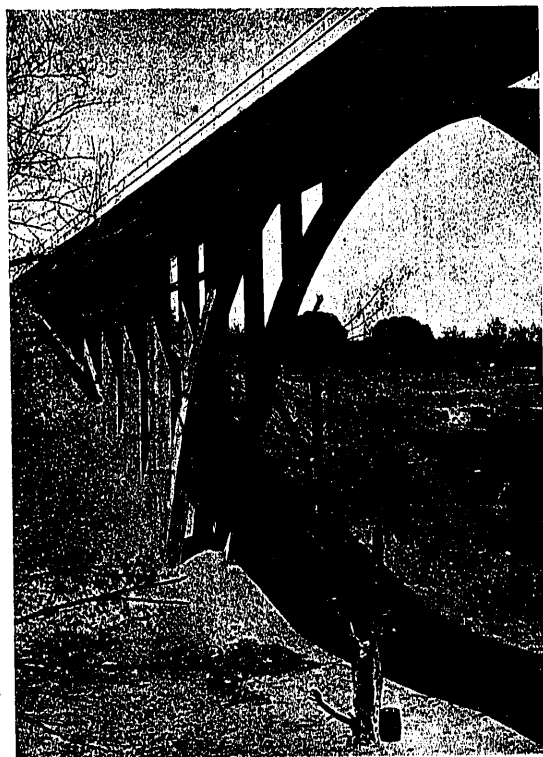
Con objeto de no perturbar la armonía del paisaje, se han construido dos arcos gemelos de 36 metros de luz y 18 de altura, muy esbeltos, y sobre los que apoya la palizada, también ligera, que sostiene el tablero.

Este, de hormigón armado como todo el resto de la obra, se desenvuelve con dos amplios voladizos sobre dos nervios o vigas longitudinales, que apoyan sobre los montantes colocados a una separación longitudinal media de 4 metros. Tanto las vigas como los montantes y los arcos, tienen 0,80 metros de anchura, con objeto de asegurar debidamente la rigidez transversal del conjunto.

Las juntas de dilatación se establecen por medio de dobles montantes adosados sobre los arranques del arco. Para evitar el pandeo de estos montantes dobles, que por efecto de la junta sufren la flexión total de la luz contigua del tablero, se han unido a mitad de altura de tal modo que permiten la dilatación del tablero por su propia elasticidad, calculándose a flexión compuesta. Esta solución presenta, a nuestro juicio, grandes ventajas sobre las juntas deslizantes por su mayor monolitismo y su mayor seguridad de cálculo, sin perjuicio para la estabilidad de la obra, ya que ésta viene asegurada por la sujeción del tablero sobre la clave del arco en la parte central, y por la sujeción de las partes laterales del tablero en los extremos opuestos a la junta, donde la altura libre de estos montantes es prácticamente nula.

Los dos arcos gemelos van rígidamente empotrados en sus cimientos y tienen espesores variables de 1,50 metros en los arranques a 0,50 en la clave; los estribos se han suprimido totalmente, quedando las últimas palizadas envueltas por el terraplén. El precio medio de esta obra ha resultado 235 pesetas por metro cuadrado de viaducto.

Aparte de estas obras, que por su tamaño puede considerarse como las principales, ha sido necesario construir también un viaducto de menor importancia



Viaducto del aire, visto desde abajo.

<sup>1</sup> Véase el número anterior, página 289.



Viaducto del aire. Vista lateral.

sobre la vaguada actualmente destinada a campo de deportes, para unir la zona residencial con la zona docente; este viaducto está formado por tramos aislados de hormigón armado, formados por cuatro nervios longitudinales, unidos por el tablero que forma su cabeza de compresión en la forma corriente de viga  $\pi$  múltiple.

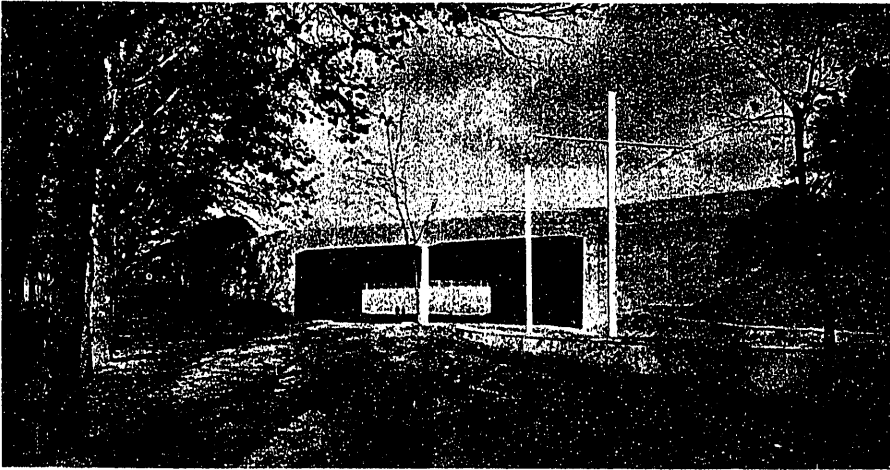
Los apoyos están formados por pilotes de hormigón armado de  $60 \times 80$  centímetros, cimentados por una amplia zapata del mismo material. El tablero con su misma estructura se prolonga sobre los estribos que se quedan reducidos a cuatro muros de hormigón en masa de 50 cm. de anchura en prolonga-

ción de los nervios del viaducto y que quedan rodeados, tanto interior como exteriormente, por el terraplén de acceso, lo mismo que se ha explicado anteriormente para uno de los estribos del viaducto de Quince Ojos. Como es corriente en este tipo de viaducto, el andén forma un amplio voladizo por fuera de los nervios exteriores, y la obra toda acusa la rigidez sencilla de su estructura, armonizando sus líneas rectas y horizontales con las de los campos de juego, entre los que las pilastras exentas permiten la máxima visualidad.

Entre las estructuras de paso inferior, citaremos dos pasos por debajo de la Avenida de Puerta de



Viaducto de los deportes.



Estación de la Fuente de las Damas.

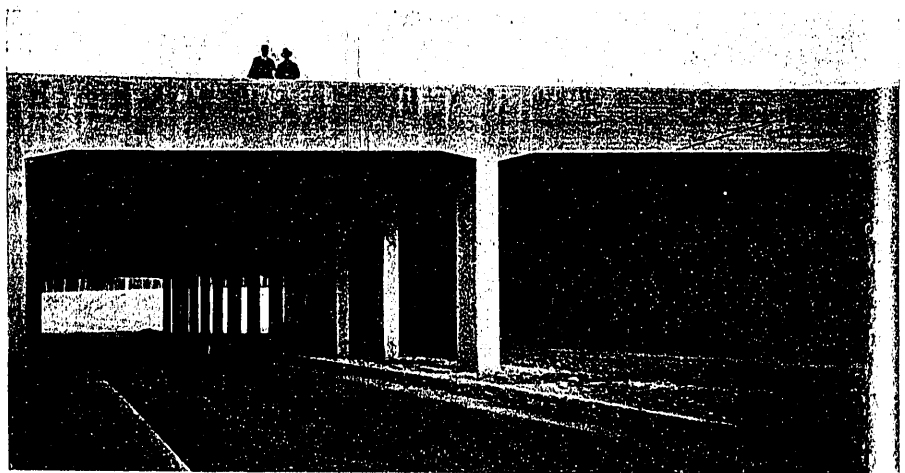
Hierro que se consideraron necesarios para evitar todo cruce a nivel en la misma, ya que ésta, por ser una de las principales salidas de Madrid y por el enorme tráfico que ha de soportar, se proyecta con anchura suficiente para dos calzadas de tráfico lento en cada sentido y dos de tráfico rápido, cuyo establecimiento exige, naturalmente, la supresión de todo cruzamiento o paso a nivel. El primer paso sirve el camino del palacete, tiene 10 metros de anchura y está formado por un simple pórtico de montantes y cartabones robustos y relativamente delgado, para no perder altura.

El otro paso inferior sirve no solamente al paso del llamado Camino Bajo, que va por la zona arbolada y ajardinada de la Ciudad, sino también al cruce del tranvía de Puerta de Hierro por debajo de la gran avenida, dando lugar a la llamada estación de la Fuente de

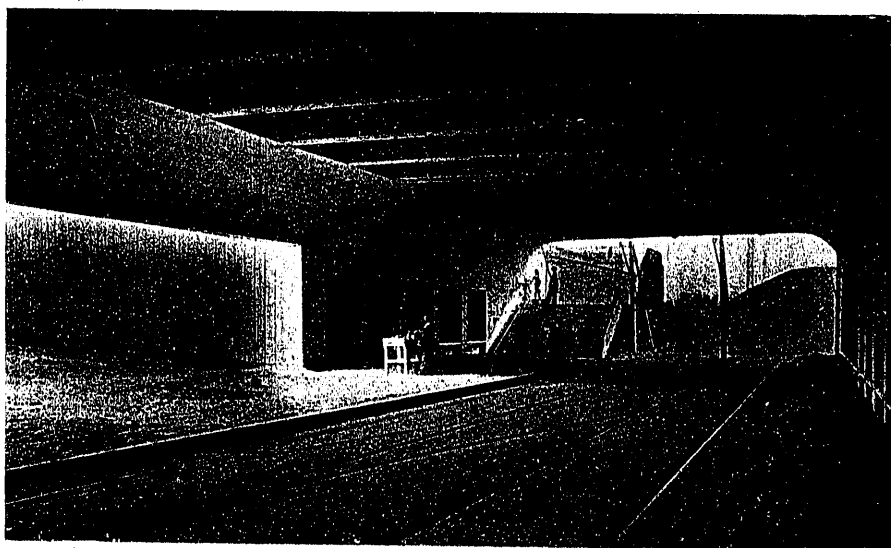
las Damas, por estar junto a esta antigua fuente, en el Pinar de Puerta de Hierro.

Está constituida esta estructura por forjados y vigas de hormigón armado, formando dos luces de 13 metros, separadas entre sí por una alineación de pilares también de hormigón. La gran oblicuidad de este paso, unido a la gran anchura de la vía, hace que la obra resulte de una longitud total de unos 50 metros, pero a pesar de ello, la doble calzada y la esbeltez de los pilares intermedios bastan para disimular bastante el defecto de túnel que siempre representan los pasos de esta longitud. Los terraplenes, al acometer contra la obra, están contenidos

por pantallas verticales de hormigón, formando grandes ménsulas empotradas en la zapata de cimenta-



Estación de la Fuente de las Damas



Estación del Estadio.

ción y separadas unas de otras por medio de juntas verticales, para evitar los agrietamientos, debidos a los efectos de torsión que siempre tienen lugar en estas pantallas tanto por efecto de la desigual altura de la cimentación, como por la coacción que establece la rigidez del ángulo de esquina de la pantalla de contención.

Por último, encontramos también en forma de paso inferior, pero de mayor importancia, la estación del Estadio, que ha de dar acceso a todo el público que vaya en tranvía. En esta estación, y teniendo en cuenta las grandes aglomeraciones que se han de producir, el proyecto ha venido obligado por la necesidad de evitar en absoluto los encuentros mutuos entre el tranvía, los peatones y el tráfico automóvil.

Como el Estado tiene otras vías de circulación de coches, el

servicio más cómodo y seguro, tanto a las horas de entrada a los espectáculos como a las de salida, ha de consistir en polarizar la circulación de automóviles en la vía principal, alcanzando de este modo con facilidad los coches a una gran parte del perímetro del Estadio, y para evitar que los peatones que bajan por la vía principal tengan que cruzar la calzada para llegar a la puerta central del Estadio o al andén de contorno del mismo, al que dan acceso las puertas secundarias, ha sido necesario establecer una circulación interior, bajando los peatones por escalera a la estación y saliendo de ésta directamente al andén de la puerta central por medio de una amplia rampa situada entre las dos ramas de la bifurcación de la calzada; de este modo, los peatones se juntan en la estación con los que bajan del tranvía, siguiendo todos la misma dirección.

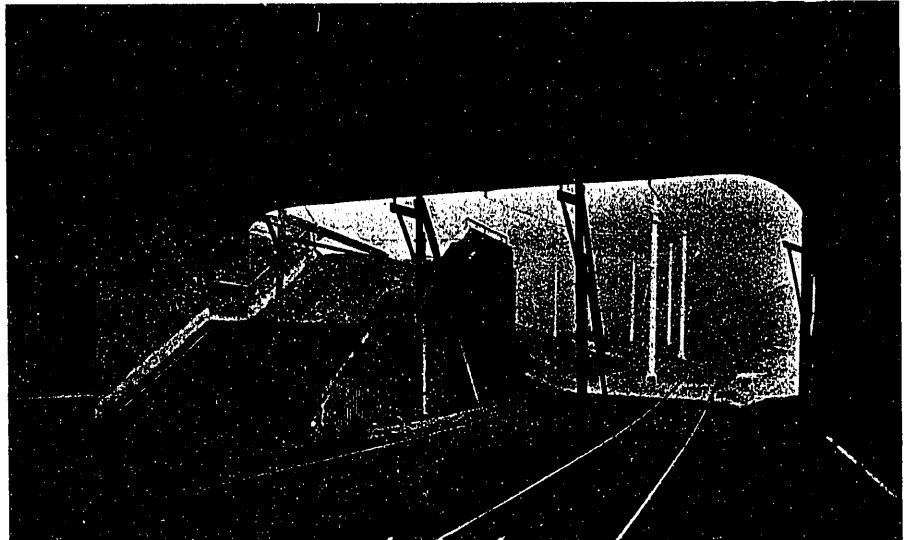
La amplitud del andén permite el movimiento y la espera cómoda de los coches. La circulación de tranvías se cambiará de mano, yendo por la derecha a la salida y por la izquierda a la entrada, con objeto de que los peatones bajen siempre por el andén del lado del Estadio, que es, como decimos, el que tiene gran amplitud.

Para hacer más rápido el embarco de público a la salida, se ha dejado extensión de terreno a propósito para un abanico de dos o tres vías a la vista de la estación, con objeto de tener coches preparados.

La estructura de la estación está formada por pórticos de hormigón armado, en los que el forjado sigue siempre la cara de compresión del nervio, aligerando así el techo y dejando nichos en la parte baja para alojar una línea de bancos a lo largo de cada andén. Los pórticos centrales apoyan por un lado sobre un

gran dintel de 13 metros de luz que da paso desde la estación a la rampa de acceso de peatones al Estadio.

Toda la obra de hormigón va desnuda con el paramento picado a martellina, y por consiguiente, la decoración, si así puede llamarse, nace de la misma



Estación del Estadio.

necesidad funcional de la estructura, y aun en los grandes paños de escaleras y muros de contención, cuya monotonía podía dar sensación de pesadez, nos hemos valido solamente del encofrado para obtener económicamente efectos de luz y sombra que, respondiendo a los principios estructurales, permitiera obtener a poco costo una obra de aspecto agradable.

La iluminación que se ve en la fotografía, es provisional, pues la definitiva irá con reflectores embutidos en el hormigón y dispuestos y calculados para obtener la máxima uniformidad e iluminación sobre el andén.

Eduardo TORROJA,  
Ingeniero de Caminos.

## Cálculo mecánico de hilos colgados

El tema que vamos a tratar, se refiere principalmente a las líneas eléctricas. Hay muchos métodos para calcular mecánicamente estos hilos colgados, la mayor parte de ellos son aproximados solamente, y los que son teóricamente exactos, son, en general, molestos de aplicación. Esto hace que los cálculos de líneas eléctricas, en su parte mecánica, sean desagradables, y como consecuencia, defectuosos.

En el presente artículo vamos a detallar dos métodos de cálculo, uno aproximado, y otro exacto, por lo menos teóricamente, pero ambos sencillos y de posible utilidad para quien tenga que calcular una línea.

La curva funicular de un hilo colgado de dos puntos es una catenaria, suponiendo el hilo perfectamente flexible y con peso uniforme por unidad de longitud. Cuando se supone que el peso es uniforme por unidad de proyección horizontal, tenemos una parábola como curva funicular.

### PROCEDIMIENTO APROXIMADO.

Supone que la curva es una parábola, en lo que no hay gran error cuando la flecha es pequeña. La ecuación

$$z = \frac{p}{2 T_0} \alpha^2 \quad [1]$$

de la parábola, corresponde a tomar sólo los dos primeros términos del desarrollo en serie de la ecuación de la catenaria, y la longitud del arco, tomando análogamente los dos primeros términos del desarrollo en serie correspondiente, es

$$s = \alpha + \frac{\alpha^3 p^2}{6 T_0^2} \quad [2]$$