

URBANISMO SUBTERRÁNEO

UN TEMA Y UN PROYECTO

Por JUAN DE ARESPOCHAGA Y FELIPE,
Ingeniero de Caminos y Licenciado en Ciencias Económicas.

Con motivo de la reciente convocatoria del Congreso Internacional de Urbanismo Subterráneo, el autor resume en el presente trabajo un proyecto, que él mismo redactó, de una Avenida inferior a la actual de José Antonio, en nuestra capital, y que concuerda, a su juicio, con las actuales tendencias del urbanismo subterráneo.

La reciente convocatoria del Congreso Internacional de Urbanismo Subterráneo da cierta actualidad a un proyecto que realicé, hace ahora tres años, de una Avenida inferior a la actual de José Antonio, en Madrid, y cuya construcción, en este lapso de tiempo, no se ha logrado acometer por motivos que no afectan ni a la técnica ni a la economía, y que, por tanto, no restan posibilidades a la concepción de la obra cuyas razones y principales características expongo en este trabajo.

En aras de la más elemental metodología, se han de tratar, primero, sus razones, entroncándolas con las que posibilitan el urbanismo subterráneo en general, distinguiendo, dentro de ellas, unas, exógenas, ajenas a la propia estructura de la construcción, y otras, endógenas, interiores y consubstanciales con ella.

Estas últimas, superadas las posibles cuestiones de orden técnico que puedan presentarse, son exclusivamente económicas, como ocurre en todo proceso productivo, del cual, el que nos ocupa es sólo un caso particular, y que como tal ha de tratarse. Así, hemos de ver que en toda construcción urbana, la ecuación de costes es una función de los factores de la producción que fundamentan dicho proceso: su unidad de producción, que podemos considerar como "el metro cúbico de espacio habitable", tiene como factores primitivos los clásicos de tierra, trabajo y capital, de los cuales los dos primeros representan, por una parte, el terreno que la obra precisa y los materiales que, con el trabajo de toda clase, se consumen en la realización de la obra, respectivamente.

Haciendo abstracción del tercer factor, toda vez que sin gran error cabe ponerlo en función de los dos primeros, el coste de la construcción viene dado por el de la tierra, por un lado, y el del trabajo, por el otro. Como primera aproximación de su funcionalidad, tenemos que el metro cúbico de espacio habitable es, sensiblemente, equivalente a la cubicación del edificio, que a su vez depende de la superficie de su planta y de su altura, la primera de las cuales coincide con

la del terreno que la construcción precisa. Suponiéndola constante, obtenemos la funcionalidad buscada, según la altura de edificación; son las curvas que se dibujan en la figura 1.^a En abscisas se representan las alturas del edificio (fácilmente traducible en número de plantas) y en ordenadas, los costes. La curva de puntos representa los del terreno y parte en el origen de una ordenada T , que representa el precio del metro cuadrado de aquél, en el lugar de ubicación de la obra y es asíntótica con el eje de las X , según una función cuya tendencia es la de una armónica simple.

La curva de trazos es la del coste de materiales y mano de obra que la construcción en sí representa. Para el estudio de su morfología vemos que en el origen existe una ordenada, C , que equivale a la construcción de una primera planta, y después una curva que, salvo cierto descenso en sus comienzos que supone el reparto en función de la altura de una parte — que es constante — del coste de las cimentaciones, el resto tiene una forma que es monótona creciente, toda vez que las estructuras son más costosas unitariamente según aumentan en altura.

Tenemos ya la forma general de las dos curvas, que al ser decrecientes y crecientes, respectivamente, dan, al sumarse, una curva con un punto de tangente horizontal mínimo o máximo, cuya situación y clase depende de los parámetros de las curvas y de la forma de sus funciones derivadas. Curva AA' .

Esta curva, que es la de costes medios, tiene una forma general muy corriente entre las usuales en la teoría de la producción, y hubiera podido obtenerse partiendo de la curva de costes totales. El punto de equilibrio a lo largo de esta curva es, indiscutiblemente, el mínimo de ella, coincidente con la intersección de dicha curva y la de costes marginales. Ahora bien: si suponemos que sea variable uno de los factores productivos, concretamente el de la tierra, para cada valor de ésta existirá una curva como la citada (1),

(1) Curvas de puntos $A_1 A'_1, A_2 A'_2, \dots$

y sus puntos de equilibrio estarán a lo largo de otra línea que será de la forma EE' . Sobre esta curva se encuentran los puntos de equilibrio que definen la altura de construcción, al variar el precio del terreno sobre el que se asienta, y por su forma nos indica claramente que el aumento del coste de la tierra hace aumentar también la altura de la edificación.

Veamos cuál es la curva de costes en la construcción subterránea. De los dos factores productivos anteriores, uno de ellos, la tierra, es prácticamente gratuita, excepción hecha de ciertas necesidades superficiales mínimas y determinados cánones por servidumbre del subsuelo, que en el proceso total cabe despreciar.

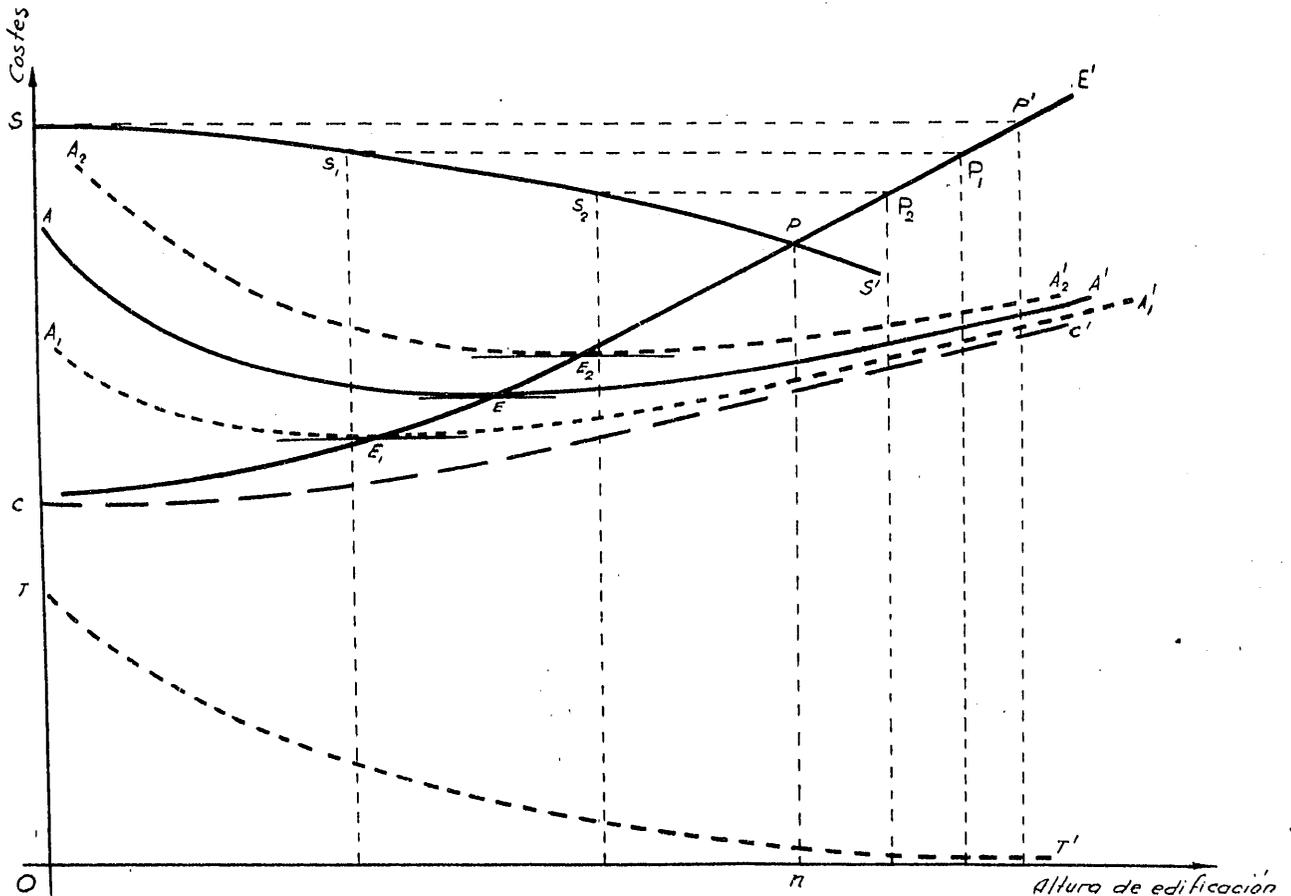


Figura 1.ª

Con ello se explica perfectamente el proceso que en el desarrollo de las grandes urbes ha seguido la edificación, marcando con su altura las categorías de precios de los terrenos sobre que se cimenta.

Ahora bien: el estirón hacia arriba de las construcciones para compensar el gran coste de uno de los factores que concurren en su producción, ¿es el único posible? Económicamente es preciso argumentarlo, y podemos decir rotundamente que no. A partir de un determinado coste por "metro cúbico habitable", puede resultar más económico la ampliación de la construcción no "hacia arriba", sino "hacia abajo", con lo que se posibilita el urbanismo subterráneo.

El otro factor es el definitivo. La forma de su curva en función de metros cúbicos de espacio habitable (unidades anteriores), tiene una cifra inicial alta de costes generales, S , independiente de las unidades a construir, y después baja, como en todo proceso de costes decrecientes, cual es el que nos ocupa, y al que se refiere el proyecto de que trata este artículo, en el cual las unidades habitables se extienden todas horizontalmente a una cota determinada. La ordenada en el origen es, desde luego, enormemente alta, pero su forma decreciente nos da, más cerca o más lejos (depende de los parámetros), una intersección con la curva anterior.

En la figura 1.ª, la curva de trazo grueso, $S'S'$, es

la del coste subterráneo, y el punto P , de intersección con la del coste "aéreo", nos marca el punto a partir del cual es más económica la realización subterránea que la aérea, siempre que la producción total sea de n metros cúbicos habitables, y al propio tiempo, refiriendo a la curva EE' , la ordenada inicial S , tendremos el punto P' , a partir del cual es más conveniente la ampliación subterránea de los edificios que el aumento de su altura. A este punto se llega antes en cuanto las unidades subterráneas se construyen aumenten en número, puntos $S_1 S_2$, con intersecciones $P_1 P_2$.

La traducción a cifras reales de cuanto se ha expuesto no proporciona ningún dato más en lo que respecta a las cualidades del problema, pero sí es aleccionador en lo que respecta a sus magnitudes.

La obtención de las curvas reales, bien por ajustes estadísticos o por cálculo sobre costes, merece, por su extensión y resultados, un amplio estudio y comentario que alargaría mucho este bosquejo del problema, pero como perfeccionamiento a lo expuesto he de añadir que, con motivo del proyecto de construcción subterránea a que este trabajo se refiere, he de hacer un tanteo sobre las curvas citadas, determinadas por datos reales, y obtuve una curva EE' , cuya ordenada nP , equivalente al coste medio de 8000 metros cúbicos habitables en el subsuelo, se obtenía a la altura de 60 metros (piso 20), con un coste de terreno de 2500 ptas./m.², es decir, del orden de las 200 ptas./pie cuadrado.

Estas cifras no pueden tomarse rígidamente según su cantidad, y sí solamente en su calidad de índices demostrativos de un proceso que se produce en realidad como hemos expuesto, aunque con variaciones inherentes a una serie de variables y concausas que no se han tenido en cuenta y que es preciso admitir en el detalle del problema, sin que desvirtúen en absoluto la esencia del proceso.

Su desarrollo se efectúa además rápidamente, en una especie de resonancia, toda vez que las hipótesis para las curvas de costes estudiadas suponen un mercado de los factores de producción en competencia perfecta, estado que se pierde rápidamente, puesto que las ofertas de terreno en las zonas que se convierten en comerciales se agotan bien pronto, y en su equilibrio de oligopolio se alcanzan en seguida cifras astronómicas en el precio de los solares con alturas gigantescas de edificios; caso del Down Town, de Nueva York.

Es, pues, indiscutible, que en casi todas las grandes urbes se llega a ese punto en que la habitación subterránea llega a ser rentable, y por ello, en los edificios de zonas como las ya citadas, es corriente la habitación de dos o tres plantas bajo el nivel de

calzada, aunque las necesidades de cimentación puedan no exigir tales excavaciones. Esta expansión hacia abajo está solamente restringida por una razón de explotación: la evacuación de residuos, que en cuanto se pierden unos metros de cota, deja de poderse efectuar por las redes existentes, a no ser que se instalen para ello medios apropiados, siempre costosísimos de adquisición y entretenimiento.

El problema del acondicionamiento del aire no ofrece graves dificultades, y en lo que respecta a luminotecnia, los adelantos efectuados desde hace unos años aseguran el éxito en lo referente al servicio de luz.

Hasta aquí los factores endógenos que concurren a hacer posible la habitación subterránea.

Para completar su cuadro metodológico se han de citar, además, aquellos otros exógenos cuya existencia es una afirmación más a la realidad del urbanismo subterráneo, y que proyectándose hacia el futuro, en unión de los otros factores ya tratados, llevará el proceso a realidades insospechadas. De ellos, el primero es la necesidad, cada vez más apremiante, de habilitar en los sitios citados y de gran concentración urbana, vías supletorias de circulación, para ampliar las que, proyectadas hace años, se ofrecen hoy como absolutamente insuficientes y cuya ampliación a su mismo nivel es prácticamente imposible por razones de todo orden, técnicas, económicas y aun jurídicas, que se oponen a ello.

La separación de tráficos, segunda de las razones, es, además, un paso imprescindible en lo que respecta a su ordenación; esto, junto a la anterior circunstancia, abunda en la necesidad de calzadas inferiores, a las que hay que dotar, si están proyectadas para el tránsito de peatones, de comercios, restaurantes, bares, locales de esparcimiento, servicios, accesos a los edificios colindantes cuyas plantas inferiores están ya habilitadas y fácil concurrencia a los medios de comunicación subterráneos ya existentes, que efectúan la evacuación del tráfico sin que éste salga a la superficie.

Otra razón que se nos ofrece es la precisión de habilitar aparcamiento a los vehículos que se estacionan en las zonas que venimos estudiando. Sobre la gravedad en aumento del problema, no se necesita decir nada nuevo, pero es indiscutible que la realidad de Nueva York, donde es preciso a veces dejar el vehículo a una milla de distancia del lugar a donde su propietario se dirige, es lo suficientemente áspera para exigir un perfeccionamiento por el medio que sea posible.

Y, finalmente, otra razón más exterior aún que las expuestas, pero que por desgracia no puede desecharse al hablar de los fundamentos del urbanismo sub-

terráneo, es la gran ventaja que éste ofrece a los humanos para su defensa en caso de ataques a la urbe. En momentos de tan poca estabilidad y con las armas que se afilan, valga el eufemismo, desde buena parte de las naciones del Globo, el argumento tiene una fuerza decisiva en pro de la tesis expuesta, aunque sea de desear que nunca fuera preciso utilizar las obras preconizadas para fines tales.

para su utilización comercial. Menciono estas razones por orden de su interés, público en el primer caso y privado en el segundo.

La calzada sólo se utiliza para tránsito de peatones; flanqueándola en toda su longitud, se ofrecerá al usuario la policromía de los escaparates de las tiendas de Subavenida, locales de esparcimiento y accesos a los edificios existentes (fig. 2.^a).

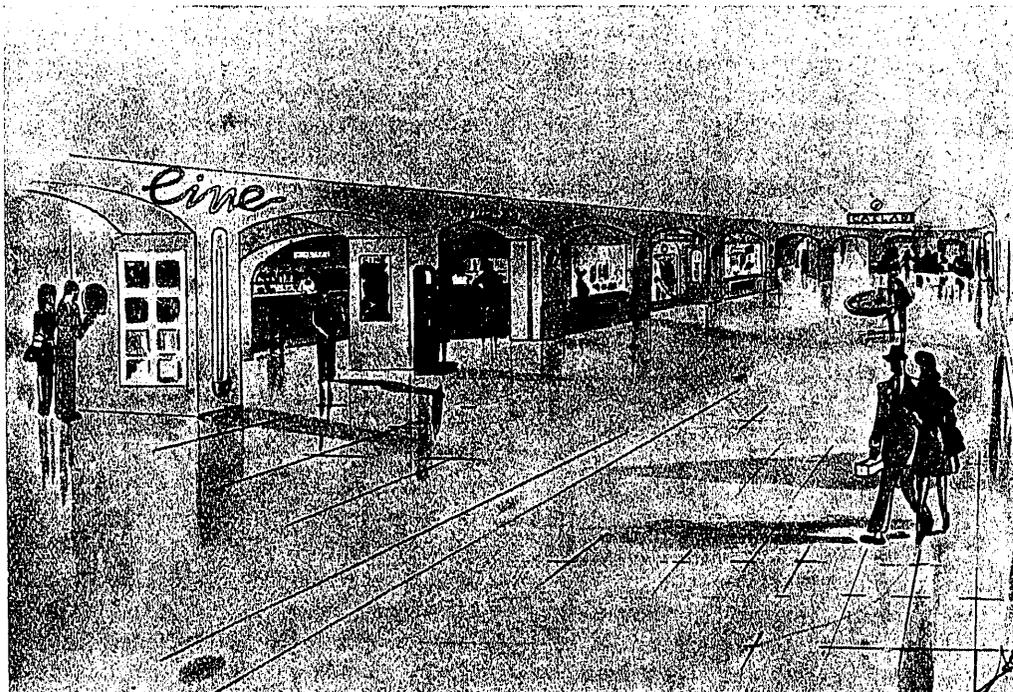


Fig. 2.^a — Interior de Subavenida.

Y hasta aquí, y a modo de enfoque, los fundamentos que considero más esenciales para basar el desenvolvimiento del urbanismo subterráneo.

Como ejemplo práctico de lo dicho se da a continuación una idea concisa y gráfica de las características de la Subavenida, nombre con el que, en fácil etimología, fué bautizada la vía-vivienda subterránea, que se menciona al comienzo de este trabajo.

Descripción.

En armonía con lo expuesto, dos características señaladas definen la obra: la construcción de una calzada que amplíe la capacidad de la Avenida de José Antonio, solucionando el intrincado problema de circulación que en ella está planteado actualmente, y la realización, por ser rentables, de una serie de locales subterráneos, que por razones obvias se proyectan

En esencia, la obra consiste en un túnel "ciego", que comienza en la Plaza del Callao y que, siguiendo sensiblemente el eje de la actual Gran Vía de José Antonio, termina en la confluencia de esta Avenida con la calle de Caballero de Gracia, esto es, a pocos metros de la calle de Alcalá. Dos secciones distintas tiene este pasaje subterráneo: la primera, con luces de 10 m. en el paso central, que es la vía de peatones, y 6,50 m. a cada lado para habilitación de locales comerciales, es decir, 23 m. de luz total; la segunda, con igual ancho de calzada central, difiere de la anterior solamente en que los huecos para tiendas sólo tienen 5,50 m. de anchura (en sentido normal al eje de la obra), es decir, un metro menos que los del primer trozo.

Estructura. — Su elección ha estado subordinada a la idea de que la obra, en su totalidad, se realizara

con ausencia de impedimentos en la calzada superior, cuyo tránsito no se podía prohibir, ni tan siquiera restringirse, y a la de que la construcción no precisara de armaduras metálicas; ello, tanto por su encarecimiento como por las dificultades que para su adquisición inmediata habían de presentarse. Bajo estos dos aspectos, realización en mina de la totalidad de la excavación y hormigonado en masa de su es-

son machones de 1 m. de espesor, 3,30 m. de altura y 6 m. de profundidad en el sentido normal a la bóveda descrita, estando separados uno de otro a 4,50 metros, con lo cual, además de servir de apoyos a la bóveda principal, forman a ambos lados de ella una tabicación que se utiliza para la formación de los locales laterales de que consta la obra.

El segundo orden de bóvedas es el de aquellas

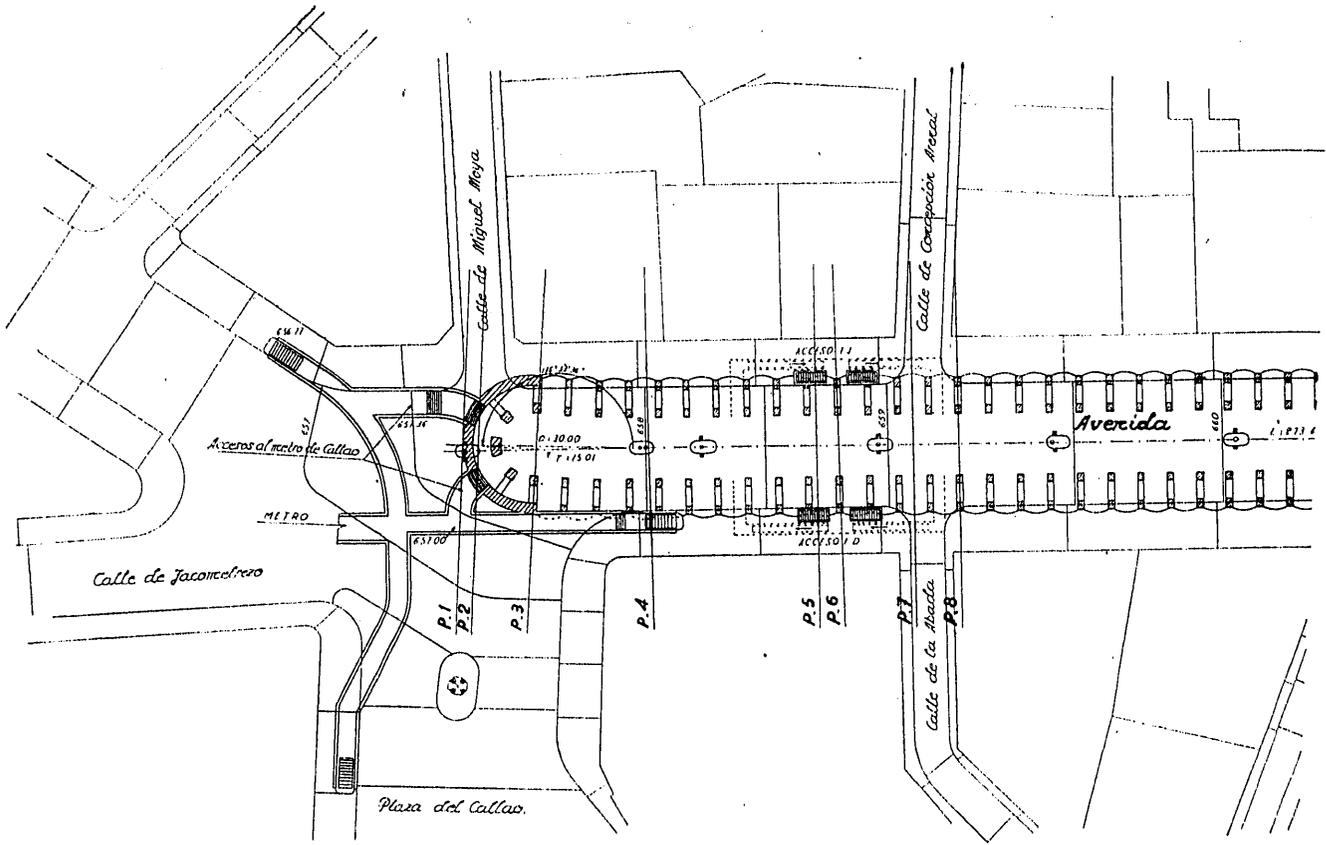


Fig. 3.^a — Parcial de la planta de Subavenida, extremo de Callao. Se señalan cuatro escaleras mecánicas de acceso.

tructura resistente, se hicieron múltiples y laboriosos tanteos, de los que surgió la solución proyectada, y que se compone, en esencia, de tres órdenes de bóvedas cilíndricas con ejes ortogonales. (Ver un parcial de la planta en la fig. 3.^a, y el transversal en la figura 4.^a). El primero tiene su eje coincidiendo con el longitudinal de la obra; es una bóveda única, con espesor en clave de 0,60 m., que llega en arranques a 1,80 m.; radio de 11 m. en intradós y 15 m. en trasdós, que cubre los 10 m. de luz que tiene la calzada central para paso de peatones, y refiere sus empujes laterales a una serie de cuchillos sobre los que apoya y que forman a sus dos lados estribos discontinuos o aligerados. Estos contrafuertes o cuchillos

que, con sus generatrices y eje verticales, se voltean de cuchillo a cuchillo por la parte posterior de éstos, con lo cual los empujes transmitidos a ellos por el arco principal se trasladan a estas bóvedas verticales, que, refiriéndolos al terreno, devuelven a los estribos su deseada continuidad.

El tercer orden de bóvedas se voltea también de cuchillo a cuchillo, pero por su parte superior, formando una serie de cañones cuyo eje es transversal a la obra, que se intestan en la bóveda central y que terminan de compartimentar los espacios laterales. Finalmente, tenemos las contrabóvedas inferiores en la calzada y en los locales que la flanquean.

Así concebida la estructura, se puede ejecutar en

mina con la facilidad que luego se describe, y la ausencia absoluta de tracciones en el trabajo de las bóvedas, la carga de todas las cuales es, en la práctica, completamente uniforme, posibilita el empleo del hormigón en masa.

La carga máxima con que la estructura general solicita al terreno es (con una sobrecarga en la calzada actual uniformemente repartida de 1,6 Tn./m.²) de 1,14 Kg./cm.², cifra del todo prudente. Sobre cada

lerías se excavan y hormigonan los contrafuertes, al llegar a la ubicación de cada uno de ellos.

Realizados todos estos cuchillos, se puede ya acometer la ejecución de la bóveda según los métodos corrientes de avance y ensanche, utilizando como cimbras formas metálicas y hormigonando hasta los estribos que van quedando al descubierto con dicho ensanche.

Volteada la bóveda, se efectúa la destroza de la

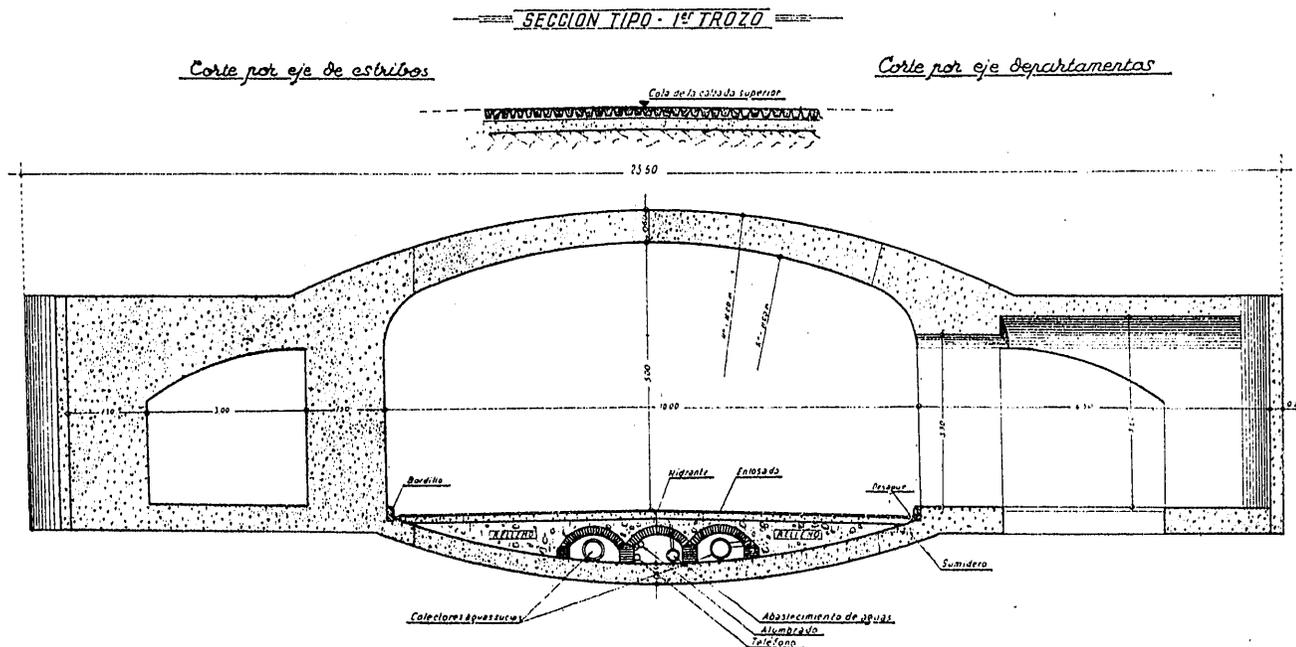


Fig. 4.^a — Transversal tipo de la obra.

contrafuerte, la componente vertical en el apoyo de la bóveda es de 48,5 Tn., y de 330 Tn. la reacción horizontal.

Método de construcción. — Como ya queda indicado, la sección adoptada para la Subavenida posee unas características constructivas que permiten su construcción en túnel, sin gran entorpecimiento de la circulación superior y con la sola apertura de un pozo de trabajo en Callao y otro al final de José Antonio. La marcha de los trabajos se resumen en: 1.º, excavación y construcción de estribos; 2.º, tendido de la bóveda entre ellos; 3.º, destroza, a fábricas construídas, y 4.º, terminación y decoración.

Para lo primero se parte del pozo de trabajo mediante dos galerías paralelas que corren a la altura de los futuros arranques de bóveda, y desde estas ga-

zona central, y luego la de los espacios entre cuchillos, ejecución de sus bóvedas y acabado general de la obra.

Perfil longitudinal. — La obra estaba, en lo que respecta a sus cotas, rígidamente definida por la necesidad de cruzar la Red de San Luis sobre el túnel del "Metro" existente en dicha plaza, cuya solera se encuentra en la cota 643,380, es decir, 18,66 m. por debajo de la calzada actual, pero también por la precisión de salvar, en paso inferior, la galería del Canal de Isabel II que cruza también dicha plaza a la cota 657,900. La necesidad, por otra parte, de mantener la Subavenida lo más cerca posible de la superficie, por razones de explotación principalmente, abundó en la conveniencia de un trazado de la obra a la cota máxima, y así, hay secciones en las que el

trasdós de la bóveda central se encuentra a sólo 90 centímetros de la calzada exterior.

En la plaza del Callao, la ordenada en la solera de la obra es la de 650,950, con una cota roja de 6,600 m. En la Red de San Luis estos números son 662,337 y 8,666, respectivamente, y en el extremo final de la Subavenida, 648,871 y 6,624. La cota roja mínima es de 6,500 m. y la máxima, de 9,065.

En la calzada central, la altura de la bóveda es

para cada una de ellas se calcula en una persona por segundo, y sus accesos en la parte superior admiten la variante — también proyectada — de efectuarse por los edificios, con lo cual se evita su superestructura en las aceras. Como se ve en la figura 3.^a, estos accesos se sitúan siempre a ambos lados de la calzada actual, es decir, en grupos de cuatro escaleras, con lo cual se ofrece al transeúnte de ésta una forma cómoda de cruzarla sin esperar a las señales de tráfico, sin la

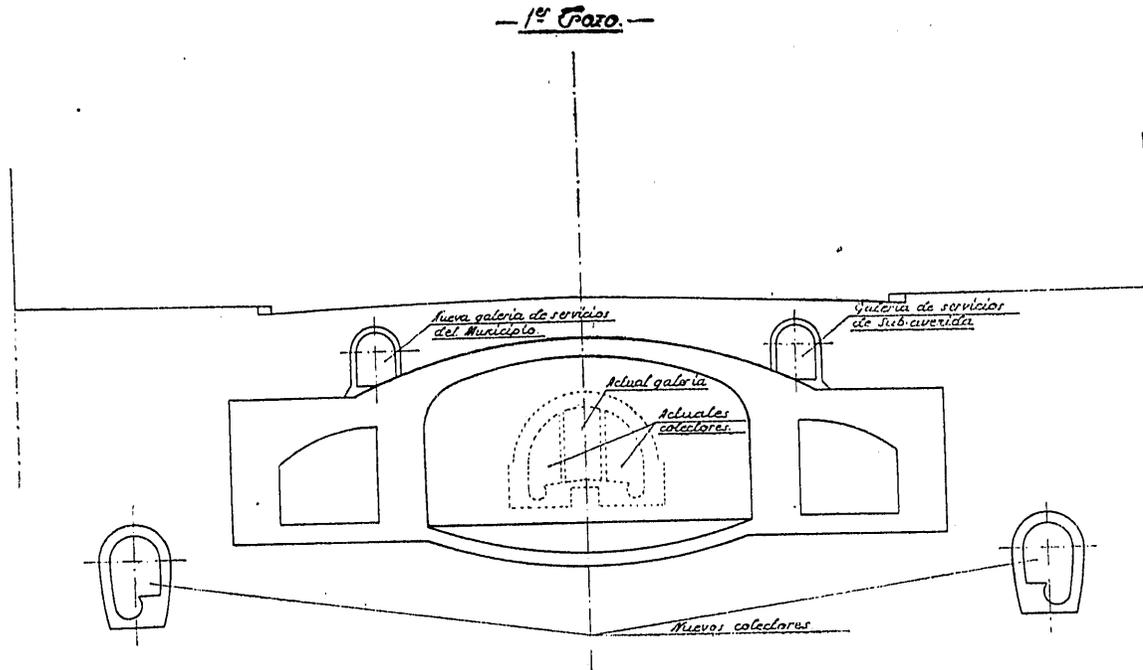


Fig. 5.ª — Sección que muestra la sustitución de los servicios actuales.

de 5 m., y en los locales laterales, de 3,75: En el primer trozo, la Subavenida ofrece una rasante horizontal de 11 m. (rotonda del extremo), que continúa con una rampa de 0,02014 en 198,10 m., y esta rasante enlaza, en acuerdo parabólico de 102 m. de desarrollo, con una pendiente de 0,02830 en 400,90 metros, que termina en otro tramo horizontal de 10 metros.

Accesos. — Los hay de tres clases: de comunicación con la calzada superior, de enlace con las líneas del Metropolitano y de unión a nivel con las zonas laterales de la obra.

Se realizan los primeros mediante escaleras mecánicas, tanto para subir como para bajar, que en número de veintiocho, enlazan la Subavenida con las aceras de la calle superior. La capacidad de servicio

menor fatiga en el descenso o en la subida y con la menor pérdida de tiempo.

Las uniones con el Metropolitano se realizarían por los dos extremos de la obra (en estaciones de Callao y Banco) y por su centro (estación de José Antonio); con ello se enlazan a través de la obra, tres de las cuatro líneas del ferrocarril subterráneo madrileño, y la concurrencia a Subavenida se hace sencillísima y rápida desde cualquier punto de la capital.

Finalmente, y aprovechando la circunstancia de que la Gran Vía de José Antonio es línea de vertiente, y que tanto a un lado como a otro de ella, descienden rápidamente las cotas del terreno, se proyecta dotar a la obra de dos accesos normales a su eje y al nivel de su calzada, mediante amplias galerías que siguen los ejes de las calles de la Salud y del Barco. La primera gana la superficie en la plaza del Carmen, aparcamien-

to proyectado de vehículos, y la otra sale a la calle de la Puebla, en su confluencia con Barco. Ambas presentan la gran ventaja de efectuar el drenaje de los peatones de Subavenida hacia los pasajes laterales de la Gran Vía, descomgestionando en forma definitiva el tránsito actual.

Con los accesos descritos, la circulación de peatones en esta zona — la más agobiada de Madrid — cambiaría de fisonomía totalmente, desapareciendo casi por completo de la Avenida actual y encauzándose por la subterránea.

Acondicionamiento de aire. — Para ello es esencial que, tanto en invierno como en verano, la estancia en Subavenida sea perfectamente agradable al usuario. En el proyecto se ha dedicado a este aspecto suma atención, y en los gastos de explotación de la obra es, con mucho, la partida principal. Se proyecta a base de un consumo de 20 m.³ por persona-hora, y suponiendo que la Subavenida puede verse totalmente llena de usuarios, lo que representa un número de 15 000 personas. Las unidades de acondicionamiento de que, en número de veinte, va provista la obra, logran la ventilación por sistema mixto de inyección y aspiración de aire, conjugando ambas para que la Subavenida no tenga en ningún momento presión superior o inferior a la atmosférica con una situación media de la línea neutra de presión. Se colocan las toberas de inyección en la parte superior de la obra, para contrarrestar los movimientos de convección y con la seguridad absoluta de que la renovación del aire alcance todos los puntos del pasaje subterráneo.

La toma de aire de cada unidad de acondicionamiento se proyecta en la calzada superior, bien aprovechando las farolas de iluminación de que se ha prescindido hoy por el agobio del tráfico, bien al nivel de la calle, cubiertas con rejillas. Su área útil es de 0,785 metros cuadrados, con una velocidad de entrada y salida de aire, en el caso máximo, de 3 m. por segundo, que, normalmente no alcanzada, no es de molestias para la zona de tránsito rodado en donde van ubicadas.

El acondicionamiento de aire se efectúa mediante los sistemas normales de cámara de expansión y precipitación de impurezas sólidas, filtros, cámara de humidificación (que en verano lo es a la vez de refrigeración) y calefacción por dispositivo tubular que mantiene el aire a la temperatura de 18° C.

Como índice se hace constar que en el proyecto, la red de tuberías que aseguran el perfecto acondicionamiento de Subavenida, tanto en invierno como en verano, representa una longitud de 4 504 m., y la potencia necesaria para la totalidad de sus ventiladores es de 545 KVA.

Iluminación. — Se proyecta de luz blanca, con características muy parecidas a las del espectro solar, pero más cargada de tonos rosados, es decir, de ondas largas, para que en su ambiente puedan utilizarse también las bombillas de incandescencia corrientes, sin las molestias conocidas de su falta de luminosidad.

El medio para ello son lámparas de fluorescencia tipo tubular, con producción de descargas en el seno del vapor de mercurio a baja presión. Funcionan al voltaje normal de 210/230 voltios, proporcionando una cantidad de luz de 220 lumens, con una potencia, en la calzada, de 60 Kw., y 150 en las tiendas; en total, 210 Kw. Se proyecta también una iluminación de socorro que entra en servicio mediante un relai automático de tensión nula y que alimenta 180 lámparas de incandescencia de 25 vatios cada una, por medio de una batería de acumuladores de las de tipo corriente en el mercado, con una capacidad de 246 amperios/hora.

Evacuación de residuos. — La profundidad obligada de la rasante de Subavenida lleva consigo la sustitución del colector general y galería de servicios que actualmente existen a lo largo de la Gran Vía, y con ello se logra la evacuación, en aguas rodadas, de la propia obra. Como ya se ha indicado en el plan constructivo de ésta, la realización de los estribos de su bóveda supone la ejecución de dos galerías de 1,80 por 1,20 m., que corren apoyadas a los arranques de aquella, y ésto se aprovecha para que una de ellas, debidamente revestida y acondicionada, sustituya a la galería existente, siendo visitable desde el actual registro de Callao, y desembocando, por el otro extremo, en la galería ahora utilizada, cerca de Alcalá, a la cota de 641,300. En lo que respecta al colector, existen soluciones independientes para los dos trozos de la obra, toda vez que pertenecen a vertientes distintas. En el primer trozo, Callao-José Antonio, se consigue la sustitución por medio de dos colectores gemelos análogos a los existentes en la actualidad, pero independientes y corriendo a ambos lados de la calle y a cota inferior a la Subavenida (para conseguir por gravedad la evacuación de ésta), pero suficiente para lograr el empalme con el colector existente, de Callao, en su confluencia con Preciados y a la cota de 646,000, siendo posible también, aunque más costoso, la variante de efectuar la unión en el colector de bajada a la Plaza de España. El segundo trozo (José Antonio-Alcalá) se realiza en análoga forma, substituyéndose por gemelos el colector único que ahora está en servicio y que se mantiene a partir de la unión con la calle del Marqués de Valdeiglesias a la cota 639,100. Las secciones adoptadas para los colectores son del modelo A. 1 (con andén), normalizado por el Ayuntamiento madrileño,

con lo cual la evacuación queda ampliamente garantizada.

En la figura 5.^a se reproduce una sección transversal, que completa la idea expuesta.

Otros servicios. — También está proyectado con detalle el resto de los servicios que se hacen ineludibles en obra de la magnitud de la presente. Entre ellos, y como más importantes, tenemos los de la evacuación de residuos sólidos mediante un servicio mecanizado, con salida independiente a una calle adyacente; el de suministro de las 30 toneladas de artículos que se ha calculado precisarán por día los locales comerciales; el abastecimiento de agua; los colectores propios de la obra; servicio de incendios; grupo electrógeno propio; montacargas para mercancías; etc.

Datos finales. — El total de la longitud de la obra es de 721 m.; el número de locales comerciales que su construcción habilita es de 280, que ocupan una superficie de 9 100 m.²; la calzada subterránea de que se dota a la Gran Vía en toda su longitud es de un ancho de 10 m.; los metros cúbicos que se precisa excavar son 102 382,200; los de hormigón en masa suman 23 360,040; el plazo de ejecución está fijado en tres años, y el presupuesto de la obra, por contrato, asciende a la cantidad de 39 375 000 pesetas. Estos

precios son de 1945; el aumento sufrido desde entonces por materiales y mano de obra, eleva en proporción esta cifra.

Quedan expuestas, esquemática y rápidamente, las esenciales características de esta obra urbana, en cuyo detallado proyecto colaboraron inteligentemente con el autor nuestros ilustres compañeros Angel del Campo y A. Sáenz de Heredia. Al pincel del primero se debe la acuarela que ilustra este artículo.

Creo que con la realización de la obra se mejoraría enormemente la circulación de nuestra Gran Vía, porque dado el drenaje que de su tráfico de peatones puede realizar, las aceras superiores de la actual avenida se reducirían a un mínimo, ganando, cuando menos, dos circulaciones al tránsito rodado; y por otra parte se dotaría a la urbe de un pasaje cómodo y agradable que, en lo que respecta a su ornamentación, ha sido previsto con verdadero alarde de lujo.

Ambas razones tienen conexión íntima con las actuales tendencias del urbanismo subterráneo, y por ello, y al margen de la poca importancia que como obra ingenieril pueda representar la proyectada, he creído interesante traer el tema a nuestra REVISTA como una muestra que unir, a las ya existentes, de las impaciencias de la profesión en materia tan interesante, de tan amplio porvenir y trascendencia.