
LA NUEVA TRIBUNA DEL ESTADIO DE BALAIDOS/VIGO

Enrique Acuña

Arquitecto

Excmo. Ayuntamiento de Vigo

Javier Rui-Wamba

Ingeniero de Caminos

ESTEYCO, S. A.

Serafín Ocaña

Ingeniero T. Aeronáutico

Giraldes y Ocaña, Ingeniería

1. Consideraciones generales y bases de partida

Durante los años 1965 y 1966, se realizaron importantes obras en el viejo Estadio Municipal de Balaidos y, en particular, se construyó, en la mayor parte del perímetro del Estadio, una elegante tribuna parcialmente cubierta por una estructura laminar atirantada de hormigón armado. Sólo permaneció la Grada de Río, así llamada por lindar en toda su longitud con el Río Lagares, que por no estar canalizado y ser origen de frecuentes inundaciones condicionaba y dificultaba en gran medida la sustitución del antiguo graderío.

La elección de Vigo como una de las sedes del Mundial-82, ha sido la ocasión para completar el Estadio y abordar la solución de los problemas derivados de la presencia inmediata del Río Laga-



res. Para ello, se procedió a demoler la antigua Grada Río y se inició la redacción del Proyecto de una tribuna que sería la principal del Estadio.

En el programa para el proyecto de la tribuna se incluyó, también, la creación de unas importantes instalaciones polideportivas bajo el graderío.

En conjunto, por lo tanto, el proyecto tenía que abordar tres aspectos diferentes:

- Creación del graderío propiamente dicho.
- Canalización del río Lagares y solución de su interacción con la estructura del graderío.
- Implantación de un conjunto polideportivo bajo las gradas.



2. Condicionantes geológicos y geotécnicos

Por las peculiares características geológicas y geotécnicas del terreno que han condicionado tanto las soluciones adoptadas como los medios constructivos utilizados, describiremos brevemente el marco geológico de la zona y los parámetros geotécnicos de los suelos, extractados de un informe preparado por Rodio.

El marco geológico de la zona es de difícil descripción, debido al elevado grado de metamorfismo de los sedimentos que constituyen el manto superficial, unido a una gran variedad de intrusiones magnéticas y a una ausencia total de fósiles que impide datar los materiales. Se puede avanzar la hipótesis de un geosinclinal ante-herciniano, relleno de materiales del tipo de cuarzarenitas con intercalaciones de arenas arcósicas, conglomerados y sedimentos calizos, que han sufrido un importante metamorfismo, influido, todo ello, por las acciones tectónicas de los plegamientos antiguos (orogenia herciniana, principalmente), produciéndose un gran número de fallas y contactos anormales entre materiales.

En el área más localizada del casco urbano de Vigo se detecta la presencia de una gran mancha de granitos de dos micas, surcado por una intercalación de dirección N-S de materiales paleozoicos con filones de aplitas. Estos granitos están alterados en superficie, por efecto de la descomposición de los feldespatos, lo que ha dado origen a la formación del «jabre», cuyo aspecto externo es análogo al de la roca primitiva, pero sin las características resistentes de ésta. La transición del jabre al granito sano suele realizarse de un modo progresivo sin que pueda definirse con



precisión el límite de la capa alterada. Estos materiales aparecen recubiertos por depósitos recientes de materiales arenosos y limosos, de poco espesor en general.

Los sondeos y ensayos de penetración realizados en la traza del Río Lagares y, en particular, en la ubicación del Estadio, han confirmado la complejidad geológica de la zona. Existe un primer manto con una potencia de unos tres metros de espesor, constituido por limos arcillosos y rellenos de escasa capacidad portante. A profundidades que pueden variar entre seis y nueve metros, aparece el jable sano que se comporta como una arena de grano grueso muy compacta y ligeramente cementada, con una permeabilidad media o baja y con un grano de heterogeneidad considerable.

Entre los dos grupos litológicos existirá un terreno de transición, constituido por arenas con matriz arcillosa o por jable con diferentes grados de meteorización.

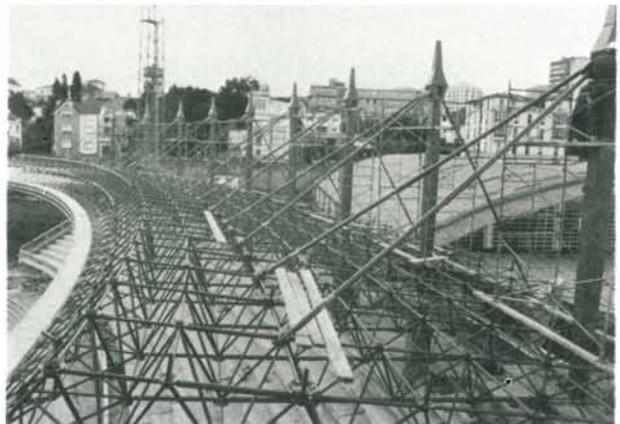
El nivel freático está a 1,50 ó 2 m de la superficie del terreno natural, lo que corresponde a las cotas +7 ó +7,50 en relación con el nivel de referencia del proyecto.

3. Condicionantes hidráulicos y dimensionamiento de la canalización del Río Lagares

Para evitar las frecuentes inundaciones del Río Lagares y sus consecuencias, era necesario proceder al encauzamiento de un amplio tramo del río y, como paso previo, se redactó el proyecto correspondiente.

La urgencia de las obras del Estadio obligó a acometer el encauzamiento del Río en la proximidad del mismo. Este tramo tenía que tener, por otra

parte, un tratamiento diferenciado y función de la solución estructural adaptado para la nueva tribuna, por lo que se redactó un proyecto específico de canalización que, naturalmente, debía tener en cuenta las exigencias hidráulicas establecidas en el Proyecto General del encauzamiento. Por ello, la pendiente del tramo encauzado es de 1,65 por mil en sus 185 m de desarrollo, en los que se mantiene, por otra parte, su alineación recta. La anchura libre de la canalización es de 12,50 m. En la sección más aguas arriba, la altura mínima es de 4,20 m en los cajeros y 4,40 m en el eje de la obra. Con estas dimensiones, la canalización puede desaguar el caudal correspondiente a un período de retorno de 500 años, al que corresponde una precipitación máxima diaria de 179,20 mm. El cau-



dal correspondiente es de 299,58 m³/seg., la velocidad del agua 5,78 m/seg. y el calado de 4,40 m.

4. Estructura de la canalización

En esencia, la estructura para la canalización consistía en dos muros de 0,45 m de profundidad, ejecutados con la técnica de los muros-pantalla utilizando lodos bentoníticos para mantener la estabilidad de las paredes de la excavación, que en su mayor parte había que realizarla bajo nivel freático.

Los muros-pantalla tenían profundidad variable adaptándose al perfil del jabre sano en el que se empotraban. La ejecución de los muros-pantalla, a ambos lados del curso del río y dada la irregularidad de éste, obligó a efectuar algunos desvíos y a proceder a rellenos localizados de tierras, para disponer de una plataforma de trabajo aceptable.

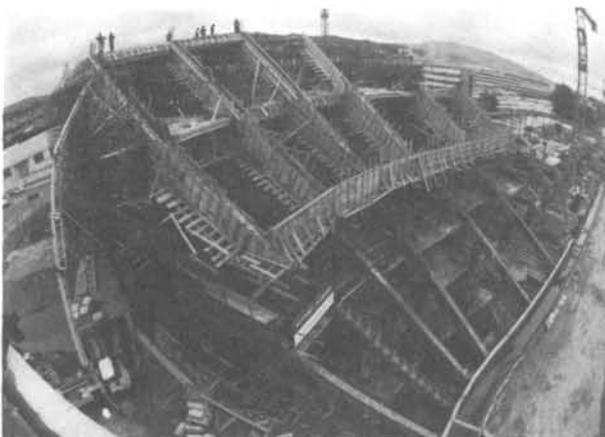
Dichos muros-pantalla van rematados en cabeza mediante vigas de coronación de hormigón armado de 0,55 metros de espesor. Entre los muros se disponen unas vigas prefabricadas de hormigón armado de 30 x 60 cm, separadas 1,20 m en general, sobre las que se hormigona una losa de 10 centímetros, formándose en conjunto una estruc-



tura nervada de hormigón armado. La solera de la canalización está constituida por una lámina geotextil, dispuesta sobre el terreno natural, que cumple la función de filtro e impide la contaminación de la capa de gravas limpias de 20 cm. Sobre ésta se dispone una lámina de polivinilo que impide la contaminación de las gravas durante el hormigonado de la solera. El espesor de ésta es de 20 cm en el eje de la canalización y de 40 cm junto a los muros.

En la figura 1 han quedado reflejadas las dimensiones y características fundamentales de la canalización. En ella se puede ver cómo el muro-pantalla 1 no está influido por la estructura de la tribuna. En cambio, en la alineación del muro-pantalla 2 nace el más potente de los pilares. La solución de este problema ha consistido en disponer transversalmente al muro-pantalla 2 unos pilotes apantallados de 2,20 x 0,65 m al ritmo de 8,40 m marcado por la separación entre los pórticos de la Tribuna. Pilote y pantalla se han solidificado con la ejecución in situ de una potente viga de coronación de la que arranca el pilar. El pilote apantallado se cimentó al mismo nivel que la pantalla en el jabre sano, asegurándose la práctica inexistencia de asentamientos diferenciales.

Para el cálculo del muro-pantalla se han considerado las características que figuran en el cuadro siguiente:



CARACTERÍSTICAS NIVELES	DENSIDAD SECA	DENSIDAD SUMERGIDA	ANGULO DE ROZAMIENTO INTERNO	COHESION	COEF. DE EMPUJE ACTIVO	COEF. DE EMPUJE PASIVO
Entre + 9,30 y + 7,30	1,8 t/m ³	—	25°	0	0,40	—
Entre + 7,30 y Jabre	1,8 t/m ³	1,1 t/m ³	35°	0	0,27	3,69
Jabre	1,8 t/m ³	1,1 t/m ³	55°	20 t/m ²	0,10	10,0

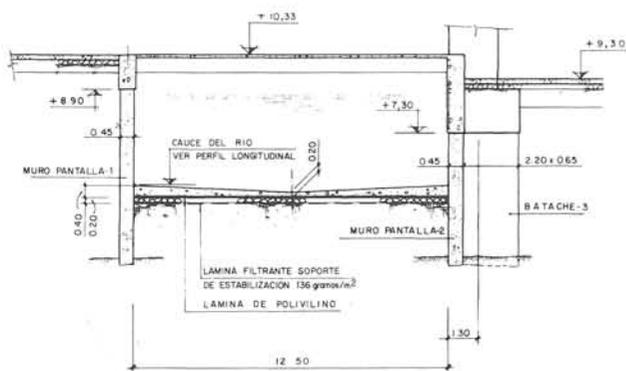


Fig. 1

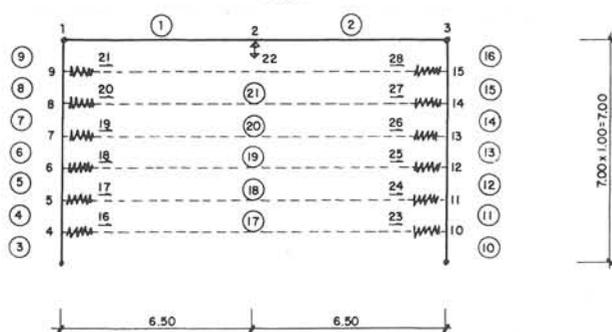


Fig. 2

Para el cálculo de los muros-pantalla se consideraron los diferentes esquemas estáticos por los que iba a pasar el muro-pantalla durante las diferentes fases de construcción. También se consideraron diferentes niveles posibles del jabre sano. La envolvente de todos los esfuerzos así calcula-

dos sirvió para el dimensionamiento de las armaduras, con las que se ha construido el muro-pantalla.

Para el cálculo del pórtico que constituye la estructura del encauzamiento, en la fase de servicio, una vez la losa nervada construida, se han considerado las pantallas sumergidas en un medio elástico con 1 kg/cm^3 y 5 kg/cm^3 como valores posibles del coeficiente de balasto. El esquema de cálculo se ha representado en la figura 2.

5. Descripción general y justificación de la solución adoptada

En la figura 3 se observa la relación entre la nueva Tribuna, el Río Lagares y el conjunto del Estadio.

La nueva Tribuna está constituida por 22 pórticos análogos, separados 8,40 m en la zona central y abanicándose ligeramente en los laterales para adaptarse a su ligera forma curva. En la figura 4 están representadas la posición de los pórticos, su relación con la canalización del Río y la distribución de las vigas que constituyen su cubierta nervada. También se ha indicado la cimentación con pilotes apantallados de los pilares de los pórticos y la viga riostra que une todos los pilares del mismo pórtico y que, en la zona de la canalización, sirve también de viga para la cobertura.

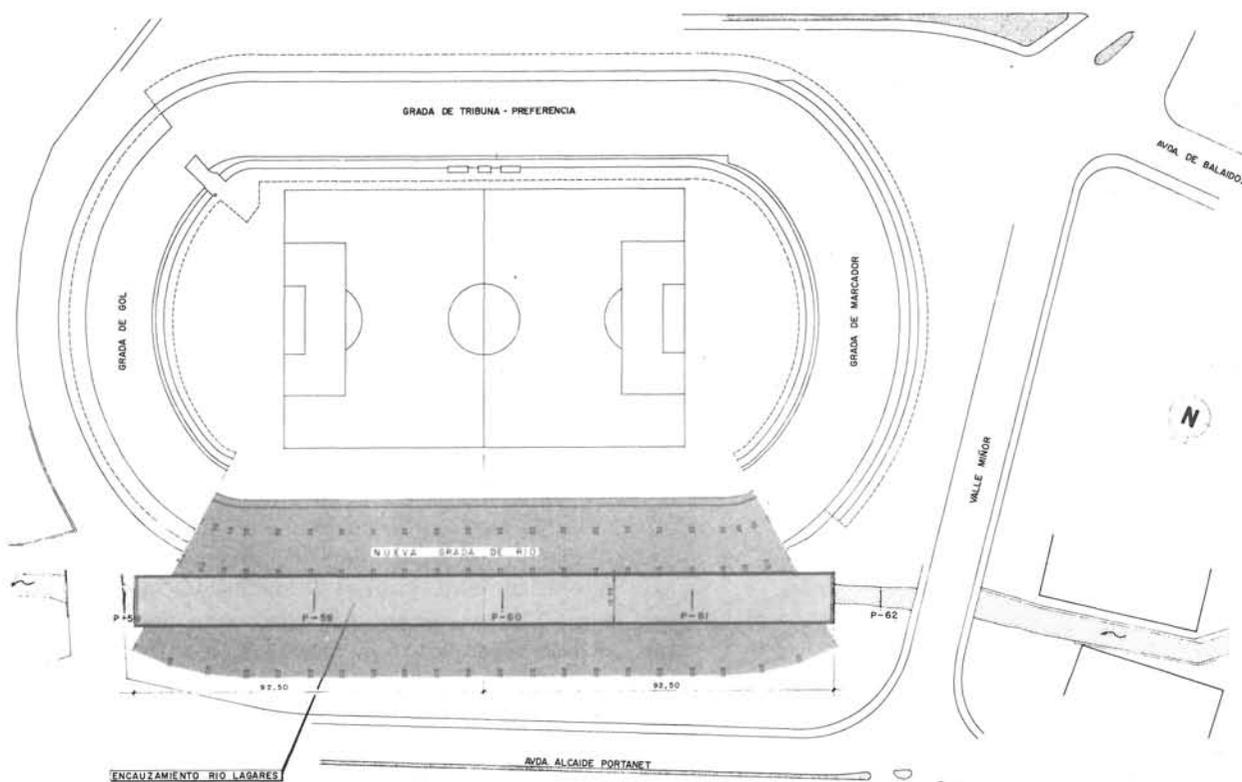


Fig. 3

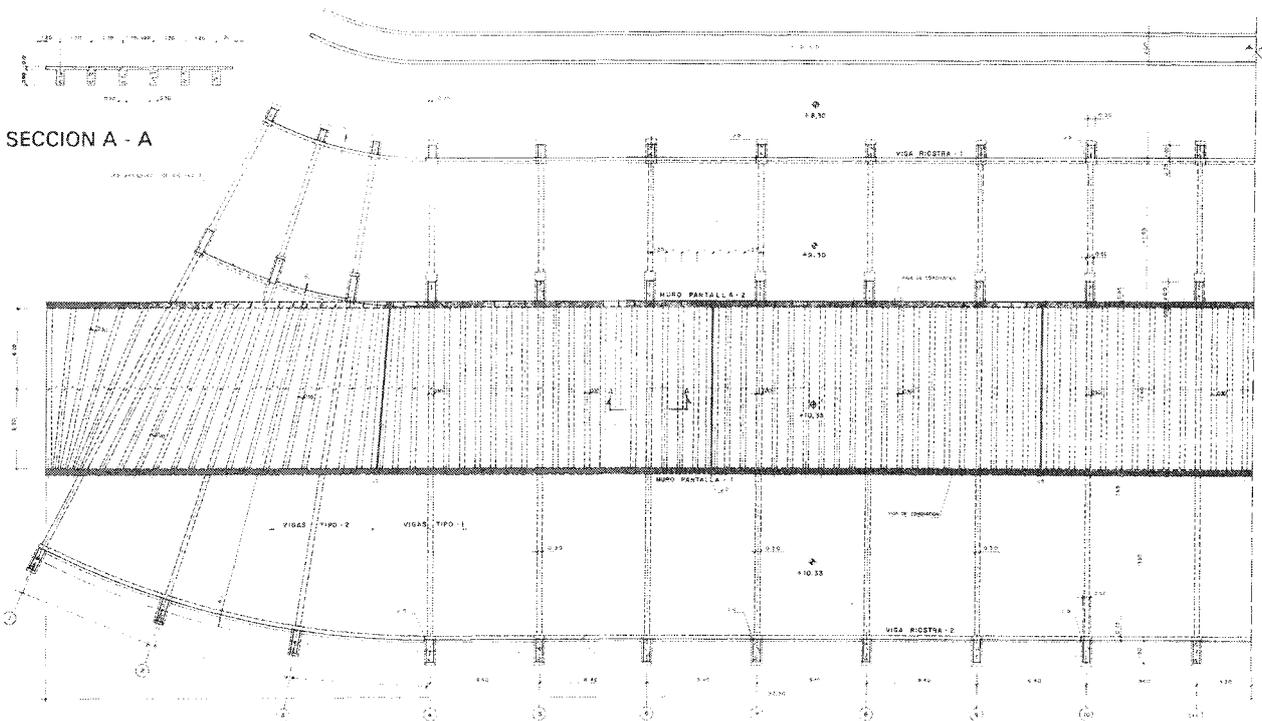


Fig. 4

El pórtico está definido en la figura 5, en la que se puede observar claramente su relación con la estructura de la canalización. Esta y las necesidades de espacio para las instalaciones deportivas, junto con las exigencias funcionales y estructurales del graderío, justifican el aspecto y dimensiones del pórtico.

En planta baja (Fig. 6) se han dispuesto dos salas polideportivas, con un pequeño graderío para espectadores; pistas de balonvolea y badminton; un frontón; pistas para la práctica de squash; sala de entrenamientos y numerosos servicios.

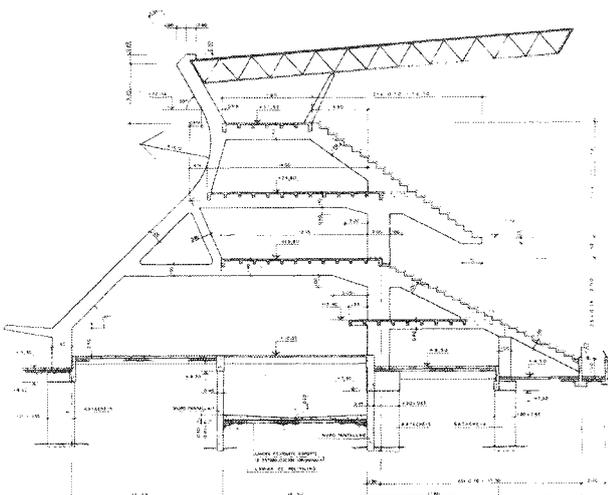


Fig. 5

La configuración del pórtico ha permitido la creación de amplias plataformas cubiertas, bajo los graderíos, en cinco niveles diferentes que permiten la circulación y estancia de espectadores y la creación de diversos núcleos funcionales y de servicios.

La cubierta se ha resuelto mediante una malla espacial que apoya en dos pilares de hormigón por cada pórtico.

Los materiales de cerramiento, de chapa precilada en cubierta, fibrocemento en el recinto polideportivo de planta baja y fábrica de ladrillo cerámico en el resto de las plantas, completan los elementos fundamentales que constituyen la tribuna.

6. Cimentación y estructura

Los tres pilares fundamentales de los pórticos están cimentados mediante pilotes apantallados, ejecutados con ayuda de lodos bentoníticos y empotrados en el jabre sano, es decir, al mismo nivel que se cimentó la obra de canalización. El pilar se situó de tal forma que arrancaba en los pilotes apantallados que, a modo de contrafuertes, se ejecutaron perpendicularmente al muro-pantalla 2, siguiendo la modulación de los pórticos.

Estructuralmente el pórtico muestra un pilar muy potente, el central, que recibe una parte muy im-

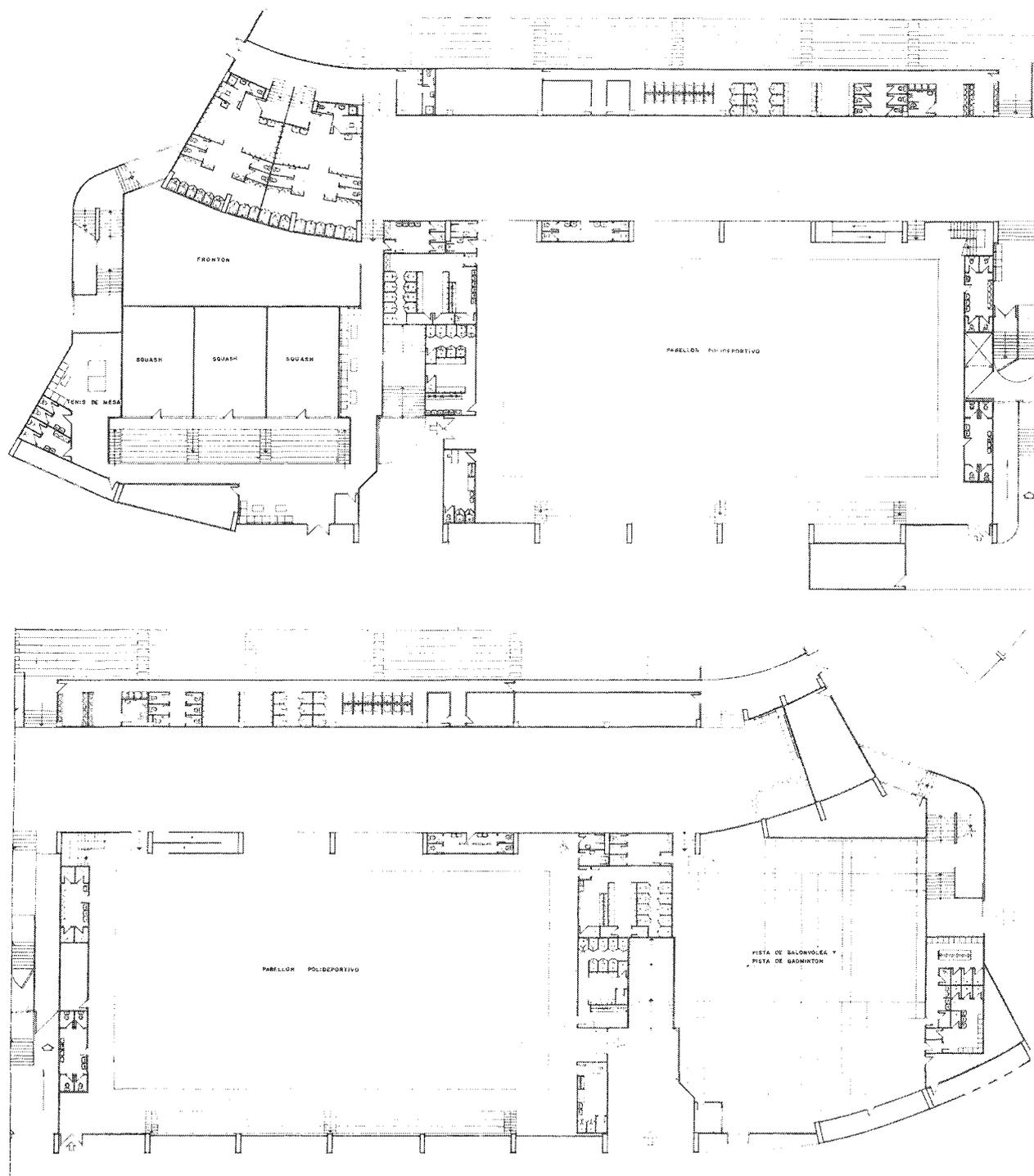


Fig. 6

portante del peso de los graderíos, de las plataformas horizontales y de la cubierta. Este soporte tiene, igual que todos los elementos del pórtico, un espesor constante de 0,50 m. Su ancho es de 2 m. Otro soporte, más próximo al campo y de dimensiones 0,50 x 1,00 m, sirve de apoyo a las vigas del graderío inferior. El soporte exterior, necesariamente inclinado, transmite importantes esfuerzos horizontales a la cabeza del pilote. Para absorberlos se han dispuesto las vigas riostras con un postensado constituido por dos cables

12 \varnothing 7, que se anclan en los dos pilares principales del pórtico (Fig. 7).

A nivel +18,80 se dispone una viga de hormigón armado de 0,50 x 1,40 m que se acartela en el empotramiento con el pilar central. El canto y las dimensiones de la cartela permiten disponer del gálibo exigido por las pistas polideportivas a las que cubren. Dada la importancia de la luz que debe salvar esta viga, ha sido necesario atirantarla con un elemento inclinado que arranca en el nudo

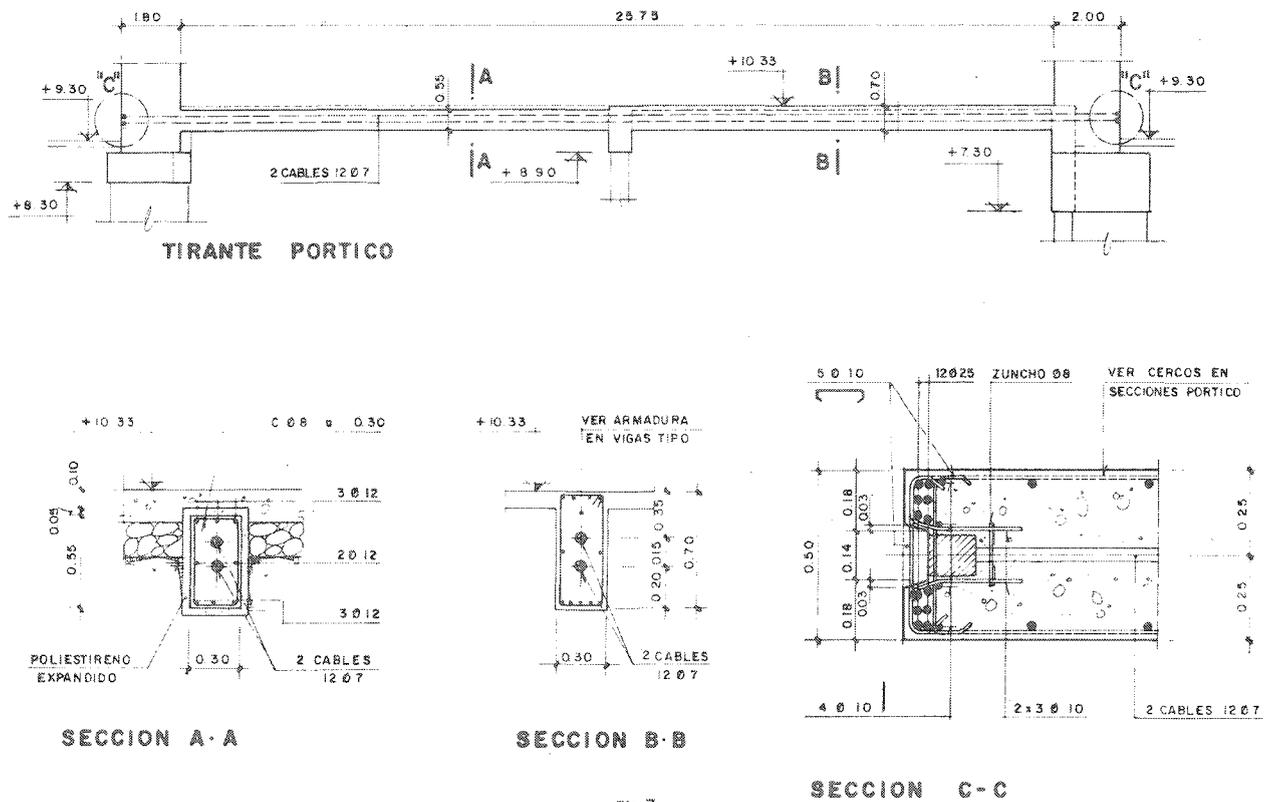


Fig. 7

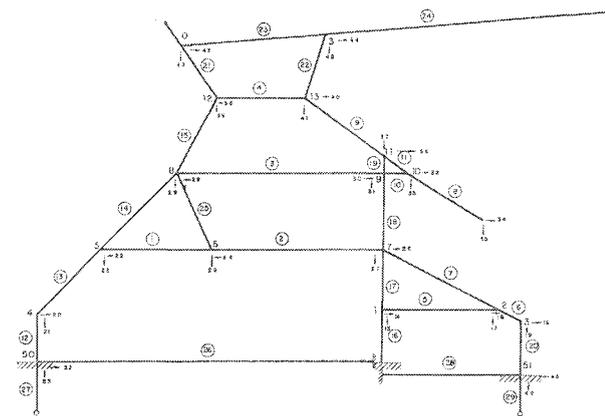


Fig. 9

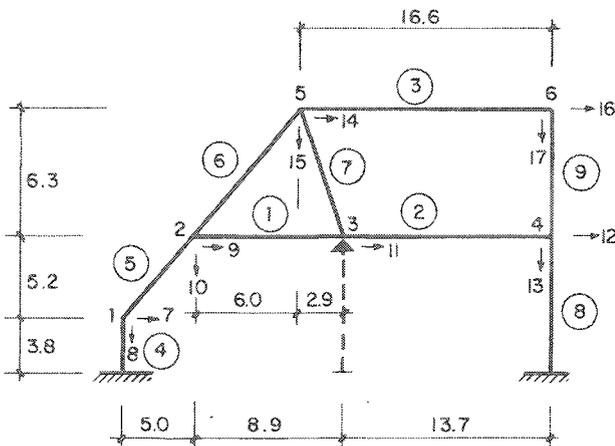


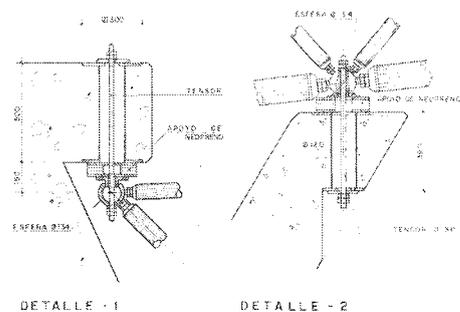
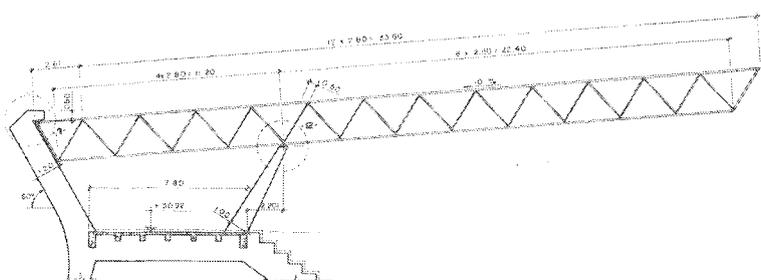
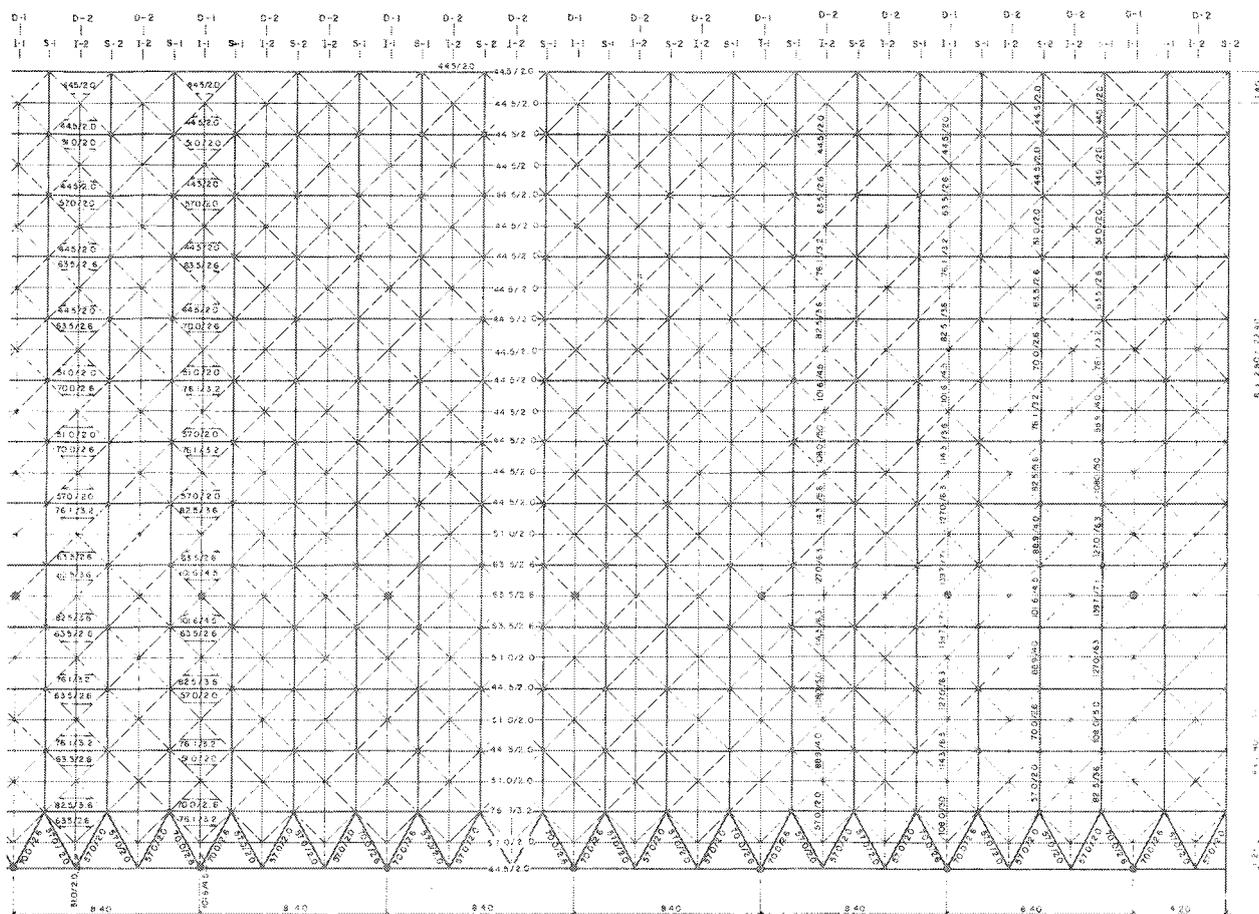
Fig. 10

del soporte inclinado con la viga del nivel +24,80. Se crea así una forma triangular que se exterioriza en la fachada de la Tribuna. Por encima del nivel +24,80 se crea una especie de arco poligonal constituido por el pilar exterior que ha disminuido su inclinación; y por una viga horizontal al nivel +30,92 que se prolonga en un elemento inclinado que se extiende en ménsula sobre el graderío inferior y sirve de apoyo al graderío superior.

A partir del nivel +30,92 se prolonga el pilar exterior, pero con una inclinación contraria a la inicial y se remata en una ménsula invertida que sirve de apoyo a la estructura espacial de la cubierta. En el nudo más próximo al terreno de juego del arco poligonal, nace un pilar apuntado e inclinado hacia el campo sobre el que se sitúa el otro apoyo de la cubierta.

Se han proyectado apoyos de neopreno y, dada la posibilidad de que se produzca inversión de signos en las reacciones, provocada por succión de un viento de gran intensidad en una situación de carga mínima, se han diseñado especialmente los detalles de conexión de pilares de hormigón, neoprenos y cubierta espacial. La cubierta espacial, por otra parte, se ha desarrollado a partir de una malla cuadrada de 2,40 x 2,40 m y con 2,10 m de canto. Detalles de la cubierta y apoyos se muestran en la figura 8.

El esquema de cálculo para el pórtico tipo ha sido el de la figura 9. Las características mecánicas de las barras del esquema han sido las siguientes:



NOTAS

El acero será de calidad A - 42 - b.
 Las dimensiones de los tubos corresponden a las especificadas en las normas DIN 2458/ISO R 134.
 Tubos y nudos van protegidos mediante esmalte en polvo, tipo poliéster, con un espesor de 70 micras, que se aplicarán sobre una superficie perfectamente preparada. Las placas metálicas de los apoyos van galvanizadas.

Fig. 8

Barra	Dimensión (m)	Inercia (m ⁴) × 10 ⁴	Área (m ²)
5, 25	0,50 × 0,80	213	0,4
1	0,50 × 1,00	416	0,5
2, 3 y 4	0,50 × 1,40	1.143	0,7
6 y 7	0,50 × 1,00	416	0,5
8, 9, 10 y 11	0,50 × 1,20	720	0,6
12	0,50 × 1,80	2.430	0,9
13, 14 y 15	0,50 × 1,20	720	0,6
16, 17, 18 y 19	0,50 × 2,00	3.333	1,0
20	0,50 × 1,0	416	0,5
21 y 22	0,50 × 1,00	416	0,5
29	0,65 × 1,80	3.159	1,17
27	0,65 × 2,20	5.767	1,43

Se han considerado cinco hipótesis diferentes de cargas para el cálculo del pórtico definitivo. Además, dadas las características del pórtico y para facilitar su construcción, se dispuso un puntal provisional situado sobre el muro-pantalla 1. Se consideró, por ello, un nuevo esquema de pórtico, el de la figura 10, durante la fase de construcción. A partir de los resultados de todos los cálculos realizados se dibujó la envolvente de esfuerzos en el pórtico, lo que llevó a la definición de la armadura que ha quedado reflejada en la figura 11.

