

# EL INGENIERO CIVIL



Estadio Club Universitario Lima-Perú

- ◆ ***Estadio Monumental del Club Universitario de Deportes***
- ◆ ***Diseño Integral de Cimentaciones Aisladas***
- ◆ ***Tecnología del Concreto para Obras en Altura en el Perú***



# ESTADIO MONUMENTAL DEL CLUB UNIVERSITARIO DE DEPORTES



## RESUMEN

En este trabajo se describen los aspectos más importantes involucrados en el diseño y construcción del Estadio Monumental del Club Universitario de Deportes. Se comentan las dificultades que planteaba el proyecto y se describen las soluciones adoptadas.

El diseño estructural, a cargo de PRISMA INGENIEROS, empezó en agosto de 1996; contempló losas aligeradas con viguetas prefabricadas en los edificios, muros pantalla en la rampa en espiral y un túnel de acceso directo a la cancha, puentes peatonales y vehiculares, cimentaciones con características particulares, entre otros detalles.



Figura 1. Vista panorámica del cuerpo principal del Estadio Monumental. 22 edificios independientes entre sí circundan toda la cancha y las graderías adyacentes.

## 1. Generalidades

El Estadio Monumental es parte del Gran Complejo Recreacional del club Universitario de Deportes, ubicado en el distrito de Ate, en la provincia de Lima y construido sobre un terreno de 214,000 m<sup>2</sup> de área total (ver figuras 1 y 2). El estadio está proyectado para albergar 60,000 espectadores en sus tribunas y casi 11,000 en los 22 edificios perimetrales de palcosuites, que son hasta de 7 pisos. Estos 22 edificios conforman 60,000 m<sup>2</sup> de área construida y contienen a los 1,202 palcosuites. Las graderías se encuentran bajo superficie terminando en la cancha principal con dimensiones reglamentarias FIFA.

El proyecto contempla, frente al edificio principal de la zona de occidente, la construcción de una rampa en espiral que desemboca en un túnel vehicular que, por debajo del edificio, conduce directamente a los camarines, cancha y otras instalaciones, que se ubican debajo de la tribuna occidente.

(\*) Socio Fundador de Prisma Ingenieros, Profesor del Departamento de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

(\*\*) Ingeniero Estructural de Prisma Ingenieros, Profesor del Departamento de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Los accesos a las tribunas son independientes, como también han sido independizados los accesos a ciertos ambientes del estadio y a los palcosuites, mediante puentes peatonales y vehiculares. La circulación de personas y vehículos a los diferentes ambientes del estadio hizo necesario resolver problemas de desniveles utilizando muros de gravedad de hasta 5 m de altura hechos con piedras grandes asentadas con mortero de cemento.

Asimismo, se ha destinado un área de 100 mil m<sup>2</sup> para estacionamientos, con capacidad para 2,500 vehículos. Hay también áreas destinadas al cuerpo general de bomberos, defensa civil y local comunal; a concentración de jugadores y escuela de fútbol.

## 2. Datos del Proyecto Estructural

Como en todo proyecto de gran envergadura, se realizaron diferentes estudios técnicos para determinar los parámetros de diseño. Así, se llevaron a cabo rigurosos estudios de suelos que incluyeron el de la estabilidad de los taludes en la zona de graderías donde se soporta además el peso de las edificaciones adyacentes.

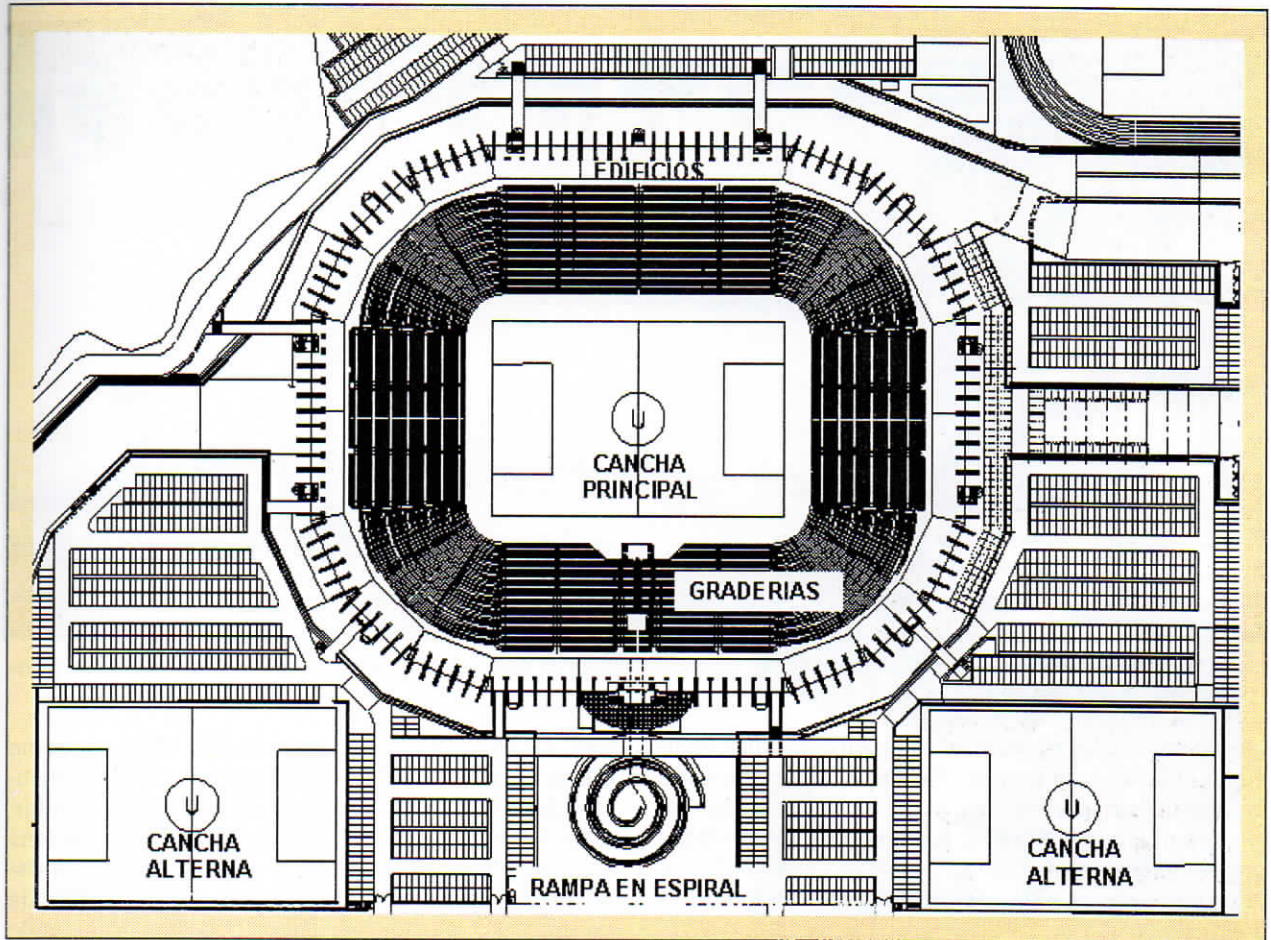


Figura 2. Vista en planta del Estadio Monumental Universitario de Deportes.



Figura 3. Inicio de la construcción en varios frentes. Dos bloques en Occidente, otros dos en Oriente y tres en Sur-Occidente, además del inicio de la excavación de la cancha principal y graderías.

### 3. Ejecución del proyecto

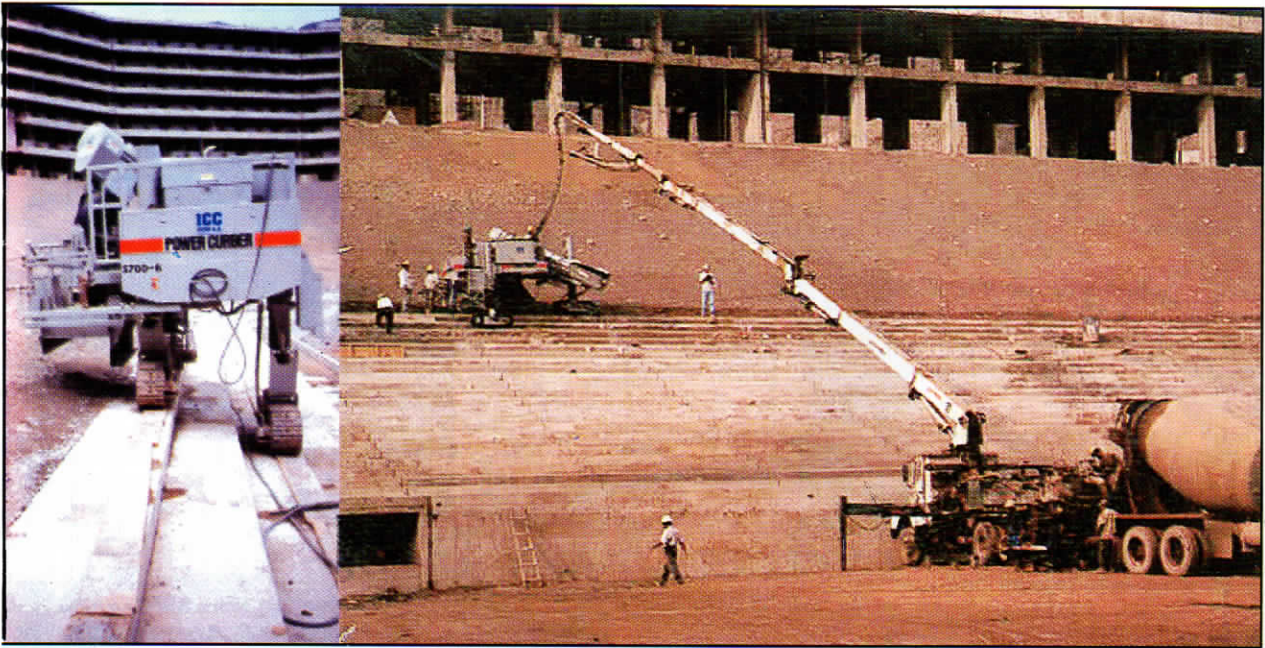
Con una inversión de cerca de 42 millones de dólares, el proyecto integral se empezó a ejecutar a fines del año 1996, siendo inaugurado luego de casi cuatro años. Trabajando en varios frentes, en la construcción se realizaron 600,000 m<sup>3</sup> de excavación y movimiento de tierras, y se utilizaron, entre otros, 30,000 m<sup>3</sup> de concreto, 3'600,000 Kg de acero, 500,000 bolsas de cemento, 1'500,000 ladrillos, 2'200,000 galones de agua y 1'650,000 horas-hombre trabajadas (Ref. 2).

### 4. Cancha principal y graderías

La cancha oficial, de dimensiones de 70 m de ancho y 105 m de largo, está construida a una profundidad de casi 20 m por debajo del nivel cero del terreno, para lo cual fue necesario realizar un gran volumen de excavación. A su alrededor se encuentran las graderías con una superficie en planta de 30,000 m<sup>2</sup>, las que se

Del mismo modo se realizó un estudio de riesgo sísmico, el mismo que determinó un espectro de diseño (Ref. 1), que en términos comparativos resultó ser más exigente que la Norma vigente (NTE E-030).

La cancha oficial, de dimensiones de 70 m de ancho y 105 m de largo, está construida a una profundidad de casi 20 m por debajo del nivel cero del terreno, para lo cual fue necesario realizar un gran volumen de excavación. A su alrededor se encuentran las graderías con una superficie en planta de 30,000 m<sup>2</sup>, las que se



Figuras 4 y 5. Máquina con orugas conteniendo el encofrado deslizante para las graderías: en reposo (izquierda) y en pleno proceso de llenado (derecha).

ubicar sobre taludes de terreno natural que varían entre  $19^\circ$  y  $26^\circ$  con la horizontal. Se examinaron una serie de alternativas para la construcción de las graderías; las dos alternativas finales fueron una serie de losas prefabricadas apoyadas en vigas vaciadas sobre el terreno y una losa de concreto simple, en forma de grada y vaciada sobre el terreno, utilizando un encofrado deslizante; se optó por esta última por ser más económica, y porque se utilizó una máquina capaz de trasladarse con el encofrado deslizante manteniéndose firme en pendiente (ver figuras 4 y 5). Previamente a la construcción, se tuvo que efectuar una prueba de campo para evaluar el coeficiente de fricción suelo-concreto, ya que las graderías están apoyadas sobre un talud inclinado de suelo natural (Ref. 3). En las zonas inferiores de Occidente y parte de Sur y Norte se levantan además las instalaciones correspondientes a los vestuarios y tópicos que se explicarán más adelante.

##### 5. Edificios de palco-suites, edificio principal de la zona occidental y acceso directo a camarines

A todo alrededor de las graderías se eleva un conjunto de 22 edificios independientes entre sí que contienen los Palco-Suites, además de instalaciones para periodistas, oficinas administrativas y una terraza en la azotea de los edificios de Sur donde se alojan el tablero general y los servicios de comidas para los espectadores de palcos.

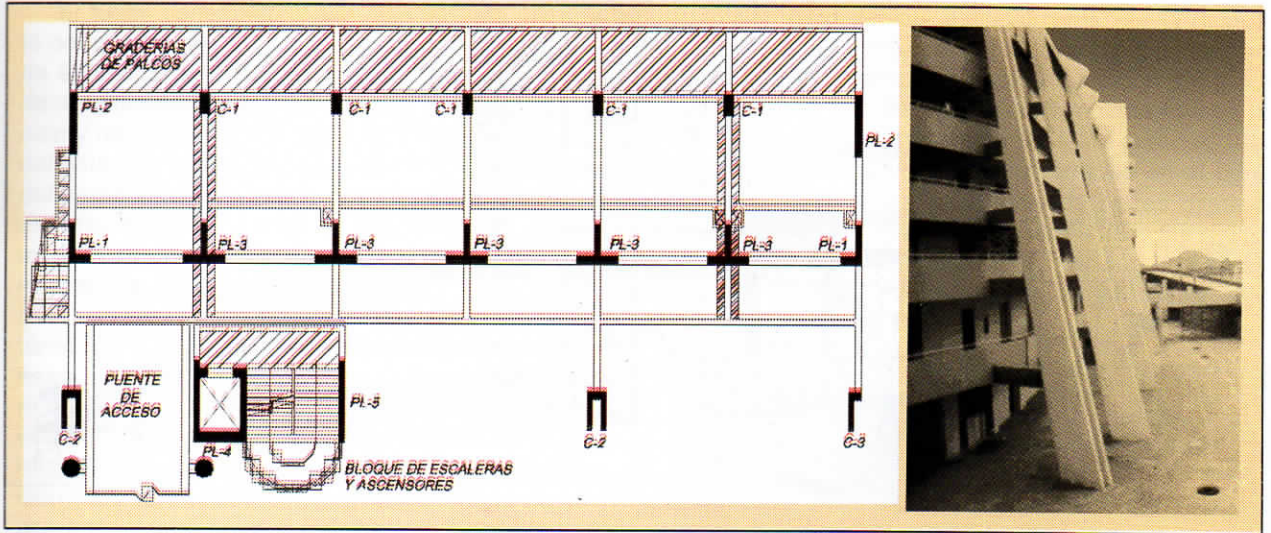
A pesar que arquitectónicamente todos los edificios son similares cada uno tiene características propias que lo diferencian de los demás. Así, las diferencias no sólo están en las dimensiones de los edificios en planta o en altura (5, 6 y 7 pisos) sino tam-

bién en la configuración estructural, teniendo como principal problema el bloque de escaleras y ascensores, dada la alta rigidez de las placas que la conforman. Cuando la ubicación del bloque de escaleras era asimétrico con respecto al edificio, éste se independizó de la estructura del edificio de palcos a fin de no introducir efectos de torsión. En cambio, cuando el bloque de escaleras aparece centrado, este bloque se conectó con el edificio formándose una sola estructura (Ref. 4).

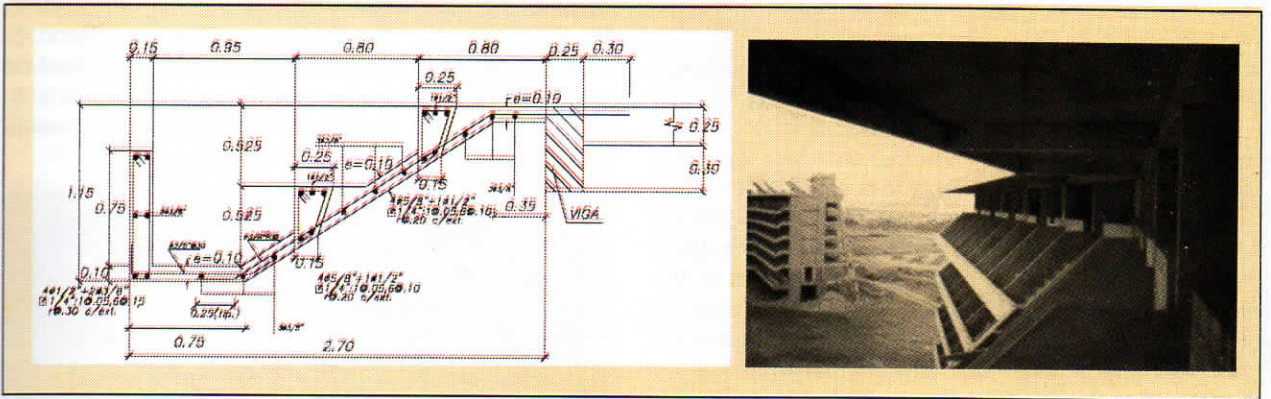
En la figura 6 se presenta el esquema en planta de uno de los edificios que rodean al estadio donde se puede apreciar el sistema estructural utilizado, consistente en pórticos de concreto armado formados por columnas y placas unidas por vigas; se aprecia también el bloque de escaleras y ascensor independizado de la estructura del edificio así como también el puente de acceso a palcos. Asimismo se puede observar las columnas en forma de U y L (columnas C-2 y C-3) que son columnas inclinadas en elevación, y que van reduciendo su sección transversal a medida que crecen en altura. Estas columnas están fuera de las losas de entrepiso y están unidas al diafragma a través de vigas como se muestra en la figura 7.

Las terrazas para las graderías de palcos tienen una inclinación que varía de acuerdo a la visual necesaria (entre  $33^\circ$  y  $40^\circ$  aproximadamente); están hechas de losas macizas de 10 cm de espesor apoyadas en vigas costilla escondidas en las gradas y en el parapeto de borde, como se ve en las figuras 8 y 9.

Para la construcción de las losas de entrepiso se optó por un sistema de viguetas prefabricadas (ver figuras 10 y 11). Este sistema, además de utilizar ladrillos livianos fabricados con agregado ligero, utiliza una distancia entre viguetas de 62.5 cm superior a



Figuras 6 y 7. Esquema en Planta de un edificio típico y elevación de columnas exteriores.



Figuras 8 y 9. Esquema estructural y elevación de las terrazas para palcos.

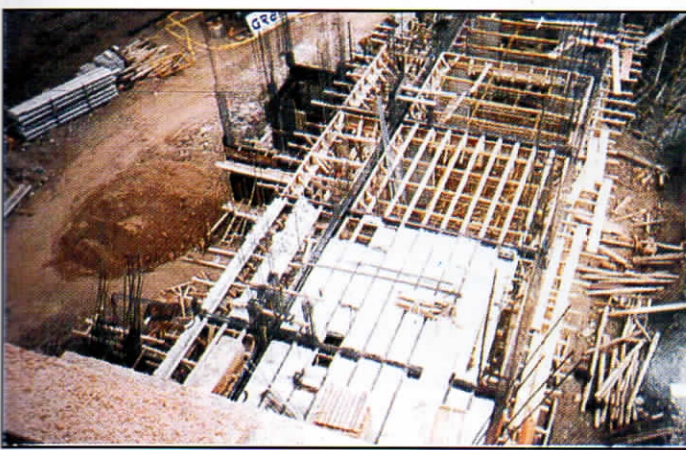
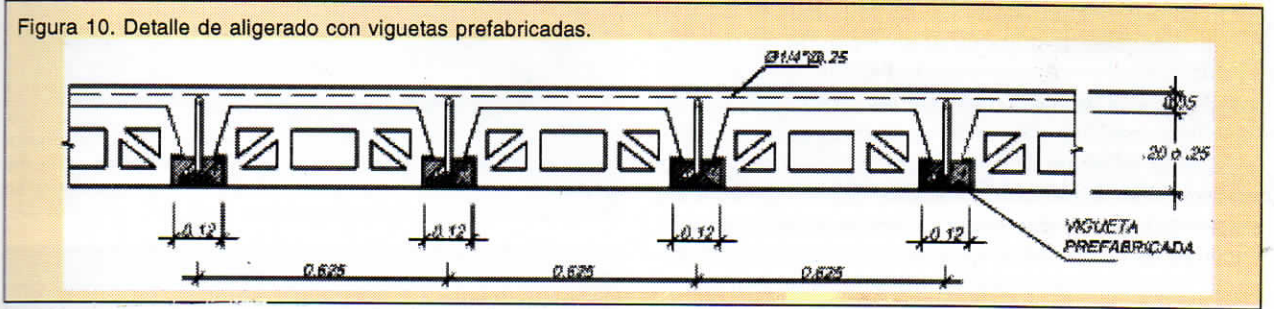


Figura 11. Tejado con viguetas prefabricadas. Nótese en la parte central que las viguetas descansan sobre soleras espaciadas a una distancia de aproximadamente 1.50 m. Los ladrillos hechos de material liviano descansarán sobre las viguetas sin necesidad de un entablado adicional.

la convencional, lo que se traduce en una reducción del peso propio de la losa aligerada con la consecuente reducción del peso total de la edificación. Además en este sistema se elimina el uso de tablas en el encofrado pues los ladrillos se apoyan directamente sobre las viguetas prefabricadas y las soleras pueden espaciarse más con respecto a un encofrado para

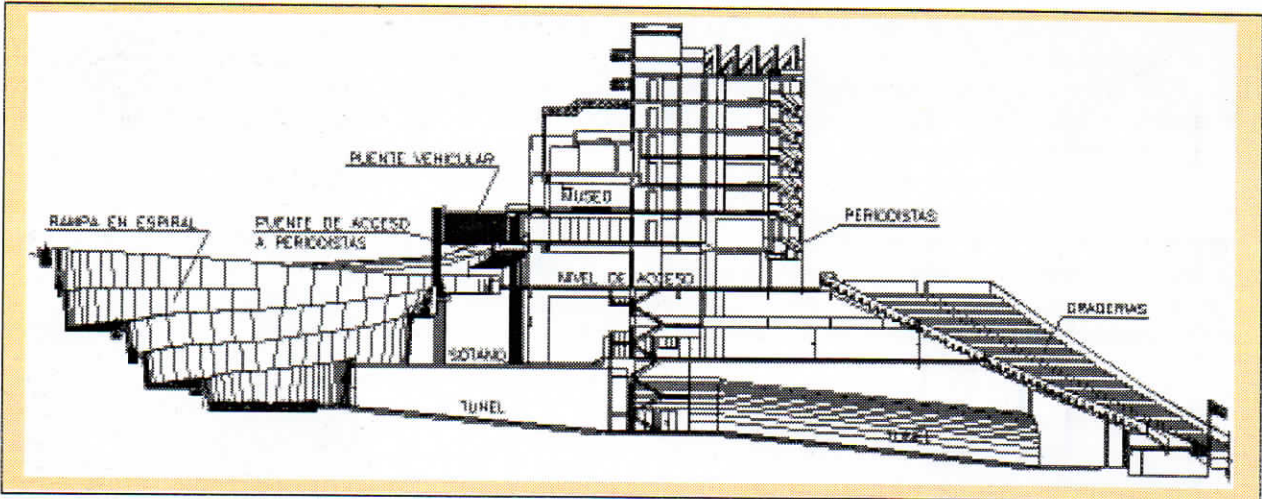


Figura 12. Corte Transversal del Edificio Principal de Occidente.

aligerado convencional, teniendo como consecuencia un gran ahorro de dinero y tiempo en este rubro. Si se tiene en cuenta que el área neta total techada utilizando este sistema es de casi 34,000 m<sup>2</sup>, se observará la conveniencia del procedimiento usado.

El edificio principal de la zona occidente se diferencia de los demás no sólo por su configuración, sino por los accesos diferenciados que posee y las características especiales de su cimentación. En la figura 12 se presenta el corte transversal, donde se puede apreciar los siete pisos de la edificación que, como en los demás edificios, están destinados a palcos (excepto el 2<sup>do</sup> piso, donde están las instalaciones de periodistas), pero que también albergan el museo del club en el tercer piso y una cafetería en el cuarto, por lo que sus dimensiones en planta son mucho mayores.

Pero la principal diferencia no radica en el tamaño del edificio: éste incluye un sótano donde estarán los estacionamientos para invitados especiales que ingresarán por una rampa en espiral, así como otra cafetería con acceso directo a las graderías de honor. Por debajo de este sótano pasa un túnel que conecta el exterior con la cancha principal, cuyo ingreso está antecedido por la mencionada rampa en espiral cuya finalidad es la de salvar un gran desnivel en corto espacio (aproximadamente 12 m) y facilitar así que el túnel tenga una pendiente adecuada. Parte de la superficie de rodadura de esta rampa en espiral es el techo del sótano, por lo que en su diseño se utilizaron vigas curvas siguiendo el contorno de la rampa.

Por último del sótano se elevan ocho columnas circulares que serán el soporte de dos puentes: el primero, el de acceso de periodistas, que llega al segundo piso de la edificación; y el segundo, el vehicular, que conecta los estacionamientos de Sur y de Norte, y que tiene una zona de parqueo que lo conecta con el museo del club en el tercer piso. Esto significó ubicar perfectamente estas ocho columnas, para no interferir en ningún caso con la circulación de estos dos puentes, además del acceso a graderías en el primer piso. En resumen, la estructura exterior del edificio consta

de una estructura a cinco niveles: 1. Nivel de ingreso al túnel de acceso directo a la cancha principal. 2. Nivel de ingreso a los estacionamientos del sótano. 3. Nivel de acceso del público a graderías. 4. Nivel de acceso a la zona de periodistas (segundo piso). 5. Nivel de acceso al museo del club, a través del puente vehicular (tercer piso). Ver figuras 13 y 14.

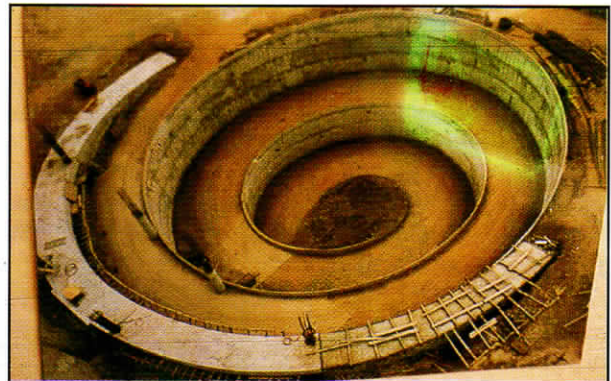


Figura 13. Rampa en espiral. Obsérvese en la zona interior izquierda la parte de la superficie de rodadura que es parte del techo del sótano (zona más clara) y las columnas que soportan los puentes de los niveles superiores.



Figura 14. Vista panorámica donde se aprecia la estructura de exteriores de la edificación y los cinco niveles mencionados en el texto.



El túnel, construido a tajo abierto, está compuesto por dos tramos bien diferenciados: el primero, desde el final de la rampa en espiral hasta casi la mitad de la edificación, está formado por muros de contención y una losa maciza como techo del mismo y piso del sótano a la vez. El segundo tramo, desde el final del tramo anterior hasta la desembocadura en la cancha, tiene forma de arco de circunferencia, con 6.60 m de diámetro y casi 40 m de largo y un espesor mínimo de 30 cm. La distancia entre las columnas (en la dirección longitudinal), menor al diámetro del túnel, impedía que uno de los ejes de columnas de la estructura de 7 pisos, se apoyara directamente sobre el terreno, y obligaba a apoyarla directamente sobre el túnel. La necesidad de reducir los esfuerzos transmitidos al túnel, obligó a utilizar una losa de cimentación (solado) de 170 m<sup>2</sup> de área por 60 cm de espesor, para apoyar las dos columnas mencionadas (con un peso de casi 350 Ton cada una) y cuatro columnas similares de los ejes adyacentes. Bajo el solado y cubriendo el túnel, se especificó un material denominado "relleno estructural rígido", consistente en cemento más hormigón extraído de la misma excavación (ver figuras 15,16 y 17).

Por último, debe indicarse que para la construcción de la rampa en espiral se hizo uso de muros

de pantalla. Esto debido principalmente por la diferencia de alturas entre dos superficies de rodadura adyacentes en la rampa en espiral (cerca de 8 m), que implicaba el uso de muros convencionales con dimensiones de la cimentación bastante grandes, además de incluir contrafuertes enterrados en el talud, lo que implicaba un movimiento de tierras bastante más elevado. La ventaja del muro pantalla fue reducir el espesor del mismo (25 cm en general con un ensanche de hasta 40 cm en la vecindad del anclaje), así como eliminar los contrafuertes.



Figuras 15 y 16. Corte transversal del túnel en etapa de construcción y su acabado final.

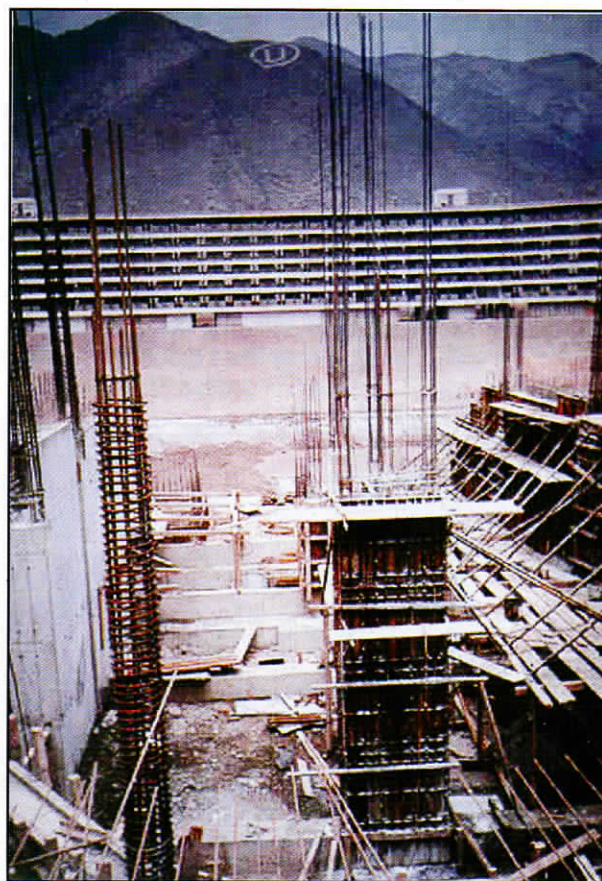


Figura 17. Vista del solado de cimentación apoyado directamente sobre el túnel.

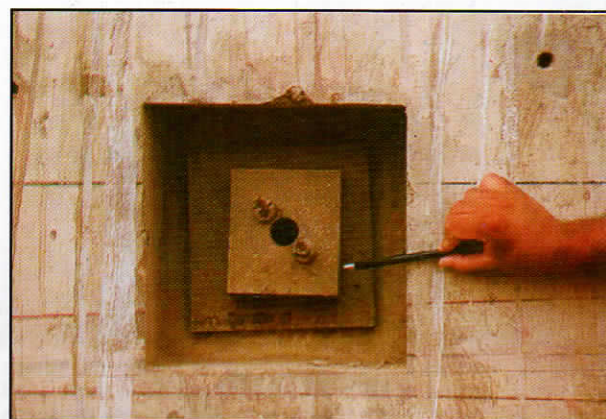


Figura 18. Detalle del anclaje de los muros pantalla de la rampa en espiral.



## 6. Vestuarios

Bajo este nombre se trabajó los ambientes de camarines, tópicos, control antidopaje, bomberos, ambulancia, capilla y en el techo, una plataforma para transmisiones por televisión.

El área de esta zona es todo el largo de la tribuna occidente con parte de la tribuna norte y sur, tiene un ancho de 6.6 m y se extiende por debajo de las filas más bajas de las graderías. El nivel de piso está a 1.50 m por debajo del nivel del campo de juego, siendo el techo una losa inclinada maciza de 0.15 m. El muro de contención extremo tiene 6 m de altura y la presión del terreno se reparte entre los pórticos transversales que reciben fuerza horizontal por este efecto. Tiene en la parte central una gran nave independiente que incluye la desembocadura del túnel y dos salidas a la cancha principal formando una "Y" en planta. Por las dimensiones de esta nave, que incluye muros de contención de hasta 10 m de alto, se requirió hacer un diseño también especial en base a un modelo de elementos finitos. El empuje del terreno sobre los muros de contención es resistido por una serie de pórticos de concreto armado que confluyen todos en una sola gran placa de gran rigidez (ver figuras 19 y 20).



Figura 19. Detalle constructivo en la zona de Vestuarios. Nótese el pórtico transversal que resistirá, además de las cargas de gravedad, el empuje del terreno.



Figura 20. Vista panorámica de la zona de Vestuarios. Nótese en la parte central la Nave Principal en donde el empuje del terreno será resistido por una serie de pórticos que confluyen en una única placa rígida ubicada justo entre las dos salidas a la cancha.

## 7. Puentes de acceso y muros exteriores

El Estadio contempla accesos a los palcos-suites diferenciados de los accesos del público a graderías. Por esta razón existe una serie de desniveles salvados por muros de contención y puentes de acceso, además de cercos que buscan independizar ambos públicos. Así, el proyecto contempló la existencia de 9 puentes de uso peatonal (incluyendo el puente de acceso de periodistas) y uno de uso vehicular, de 100 m de largo. En todos los puentes peatonales, a excepción del puente de acceso de periodistas, el proyecto arquitectónico exigió que las columnas, que reciben a las vigas transversales, estén fuera de contacto con la losa del puente, de modo que las vigas longitudinales se apoyan en las transversales, las cuales llegan a las columnas que son de sección circular. El puente vehicular tiene las mismas características arquitectónicas de los puentes antes descritos, pero por su longitud fue dividido en tres tramos con la inclusión de dos juntas. El tramo central tiene además la particularidad de recibir en 4 de sus columnas, la estructura del puente de acceso de periodistas, como se describió anteriormente.



Figura 21. Puente de acceso a palcos desde estacionamientos independizados del acceso del público a graderías mediante muros de gravedad construidos con mampostería de piedra.





Los muros de gravedad se construyeron sobre la base de mampostería de piedra asentada con mortero de cemento y tienen alturas de hasta 7 m. La piedra que se utilizó para estos muros provino en su mayor parte de la excavación en roca realizada en el presente proyecto.

### 8. Conclusiones

La importancia de la obra en cuestión hizo necesaria la elaboración de diversos estudios que conllevaron la participación multidisciplinaria de muchas empresas y profesionales, en perfecta coordinación con la empresa constructora, con el fin de materializar la obra al menor costo y manteniendo siempre la seguridad que ésta amerita.

Las estructuras no convencionales que se presentaron en el proyecto plantearon dificultades que pu-

dieron ser resueltas gracias al trabajo dedicado de ingenieros peruanos, demostrando su alto grado de competencia.

### Referencias

1. GEOCONSULT S.A. *Estadio Monumental del Club Universitario de Deportes, Estudio de Mecánica de Suelos y de Riesgo sísmico*. Lima, 1996.
2. Archivos GREMCO.
3. GEOTECNIA & PAVIMENTOS E.I.R.L. *Evaluación del Coeficiente de Fricción Suelo Natural - Concreto de las Graderías - Estadio Monumental Universitario de Deportes*. Lima, 1998.
4. PRISMA INGENIEROS C.A. *Estadio Monumental del Club Universitario de Deportes*. Archivo 1996-1998.