

# REMODELACION DEL ESTADIO SANTIAGO BERNABEU MADRID

Luis Alemany Indarte,  
Rafael Alemany Indarte y  
Manuel Salinas Aracil  
Arquitectos

Pedro Juan Blanco  
Ingeniero

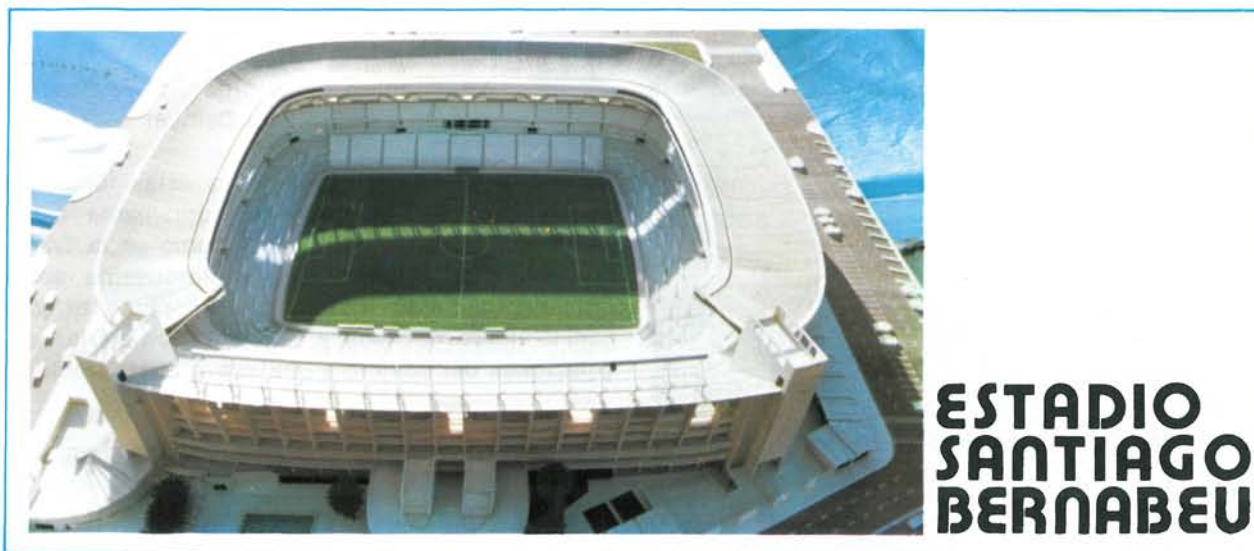
Desde 1944 en que se concede el primer premio del Concurso para el Campo de Fútbol del Real Madrid Club de Fútbol a los Arquitectos don Luis Alemany Soler y don Manuel Muñoz Monasterio, han transcurrido 38 años. De ellos, dos de obras, desde mayo de 1945 en que se adjudican las obras a HUARTE y Compañía, S. L., hasta el 14 de diciembre de 1947 en que se inauguró el nuevo Estadio, y otros 36, de grandes acontecimientos futbolísticos, en los que el edificio ha pasado a ser representativo de la ciudad de Madrid como símbolo de éxitos deportivos.

Ya desde su comienzo el «Proyecto del Gran Chamartín» fue polémico.

La concepción total fue limitada, quedando las 4 torres planteadas reducidas a 2. Las fachadas, modificadas sustancialmente, fueron desviadas hacia una solución formal definida como «una fórmula española de ambientación neoclasicista», que levantó debates entre los arquitectos en aquella época. La fachada posterior al tercer anfiteatro a la calle Padre Damián, construida en una 2.ª Fase en 1954, ya recupera el criterio funcional de la primitiva idea de desarrollar «conceptos puramente funcionales». (Las dos frases entrecomilladas están tomadas de las palabras de los dos Arquitectos autores del proyecto publicadas en la Revista Nacional de Arquitectura 1955).

Una vez finalizado el Campeonato Mundial de Argentina en el 78, da comienzo la cuenta atrás. El

Club, consciente de su protagonismo en el 82, no tarda en preparar sus propuestas adecuándose a





las exigencias del Comité Organizador. Se nombra una Comisión y se encarga a un equipo especializado (Informet) un estudio de rentabilidad, obteniéndose un «programa» que se trasladó a los arquitectos del Club. El propósito consistía no sólo en adecuar el edificio a una más moderna concepción y dotarle de unas instalaciones más idóneas, sino también en orientar las soluciones arquitectónicas hacia un nivel de confort en relación a la demanda actual de los espectadores: más localidades sentadas y cobertura ante las inclemencias del tiempo.

Como resultado de una colaboración continua de la Directiva con el equipo de Arquitectura, se plantearon a nivel de anteproyecto dos soluciones muy dispares: la primera consistía en cubrir el Estadio de Este a Oeste, desde la Castellana a Padre Damián, mediante una estructura laminar colgada; y la segunda en cubrir en desarrollo radial todo el primer anfiteatro, así como el segundo anfiteatro entre los torreones del Este, mediante cerchas en voladizo formando una marquesina.

Los especialistas de Informet aplicaron el «modelo» de rentabilidad anteriormente definido y los mejores resultados los obtuvieron para la segunda propuesta, que a su vez fue la recomendada por el equipo de Arquitectura como la más idónea a la composición arquitectónica del edificio.



A partir de este momento comenzó la adaptación de la propuesta de Acondicionamiento del Estadio Santiago Bernabéu a las normas de la Copa Mundial de Fútbol 1982, a redactar por los arquitectos.

Iniciada la actuación del R.C.O.E. (Real Comité Organizador Español) y en función de la normativa establecida por la FIFA, se desarrolla la segunda solución en un trabajo denominado «Estudio de Acondicionamiento» que compartimenta en distintos capítulos, llamados FUNCIONES, los temas a desarrollar:

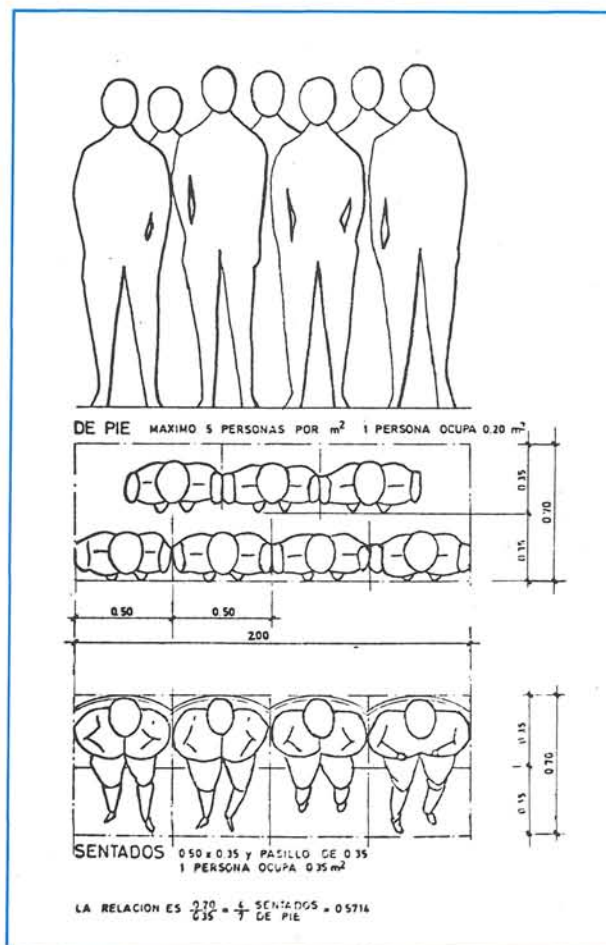
- 1) Estacionamiento, accesos y circulaciones
- 2) Localidades
- 3) Plataformas TV y filmaciones
- 4) Vestuarios
- 5) Terreno de Juego
- 6) Iluminación, emergencia y energía
- 7) Seguridad
- 8) Sanidad
- 9) Areas de Prensa
- 10) Mejoras y Obras Generales:
  - a. Mejoras en obras generales, sectorización, señalización, bares y aseos.
  - b. Marquesina.
  - c. Fachada.
  - d. Adecuación de oficinas, servicios del edificio y verja Padre Damián.

No vamos a profundizar en todas estas funciones sino en aquellas que son verdaderamente representativas en la Remodelación, como es la Transformación de Localidades, la Marquesina sobre primer y segundo Anfiteatro, el aspecto exterior con la nueva Fachada y la adaptación de las circulaciones del edificio a una nueva Sectorización.

## Transformación de localidades

Una vez estudiadas las Condiciones del R.C.O.E. respecto al tipo de localidades solicitando el má-

ximo número de sentados y la indicación de que al menos 2/3 de los sentados fueran cubiertos, la capacidad total del Estadio queda reducida a 90.080 espectadores, clasificados en 55.000 de pie y 35.800 sentados. La principal novedad respecto a las localidades actuales radica en cubrir, mediante una gran marquesina volada, el arco de círculo que discurre de torre a torre, recogiendo el primero y segundo anfiteatro, cubriendo un total de 15.236 asientos así como una franja perimetral de aproximadamente 10.000 localidades de pie.



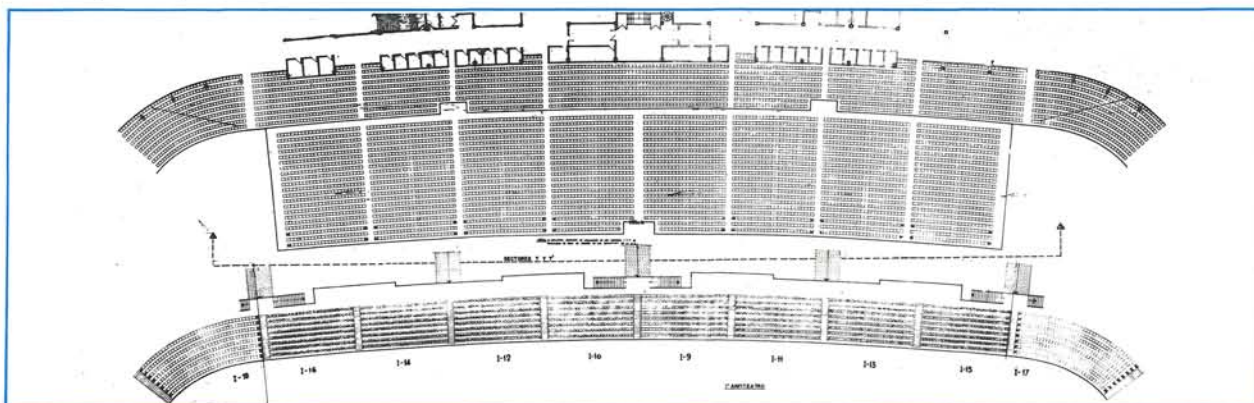
## Marquesina

Entre las soluciones estudiadas para mejorar el nivel de confort del edificio, se ha desarrollado una solución homogénea con la arquitectura interior y con la reforma de fachada que se propone.

Se ha pretendido que la realización de la marquesina no afecte a la estructura inicial del Estadio de una forma importante. Como solución idónea se ha optado por una estructura metálica con cer-

chas, perpendiculares a fachada, apoyada en las últimas crujeas del edificio y variable en su dimensión, para poder así absorber las diferencias de los pórticos.

Para realizar esta marquesina, cuya forma de cuenco se remarca por las líneas de los elementos de cobertura y falso techo, es necesario demoler y desmontar la estructura de los marcadores electrónicos y focos, sustituyendo estos elementos por otros enmarcados en el reborde interior volado de la marquesina y quedando el frontal interior de la misma como zona de publicidad.



En el interior de la marquesina se ubica la red de saneamiento de la misma, que mediante dos canales corridos y una recogida cada dos cerchas, se lleva al pilar de la última crujía para, desde allí, bajarlo al colector general, que irá situado en la parte inferior del segundo anfiteatro y que a su vez conectará con el saneamiento general del edificio. En su interior se sitúan también los forjados para la maquinaria, control de focos y marcadores, así como una pasarela perimetral en el borde del voladizo para inspección, limpieza, control, etcétera.

La estructura de cubierta de los graderíos es de concepción muy simple: vigas en celosía, en voladizo, coincidiendo con los pórticos de la estructura de hormigón; y correas metálicas entre vigas en celosía, tanto sobre el cordón superior, para soporte de la cobertura, como sobre el cordón inferior para soporte del falso techo. Para garantizar la estabilidad del conjunto se disponen vigas celosía de arriostramiento en sentido perpendicular a las cerchas en voladizo.

Las vigas metálicas en celosía son soportadas por dos pilares metálicos que se construyen en prolongación de los dos pilares de hormigón más exteriores de cada uno de los pórticos del graderío.

Estos dos pilares tienen básicamente un comportamiento estructural distinto. El pilar más interior está muy comprimido y nace sobre un nudo estructural muy robusto, por lo que a él se le ha confiado, trabajando como ménsula desde su placa base, el absorber la totalidad de las cargas horizontales que puedan ejercerse sobre la cubierta. El pilar exterior, en cambio, actúa normalmente como tirante, transmitiendo tracciones al correspondiente pilar de hormigón.

Del nuevo estudio de resistencia de los pórticos de hormigón realizado a partir de la geometría, armaduras y calidades de los materiales que se han determinado y con las cargas inducidas por la nueva cubierta, se deduce que el pilar interior y todas las vigas de su zona de influencia son perfectamente capaces de soportar las cargas nuevas sin necesidad de ningún tipo de refuerzo, así como la cimentación correspondiente. Sin embargo, el pilar exterior no tiene peso propio ni armadura en tracción suficiente en sus tramos más elevados para soportar la máxima tracción transmitida por el tirante, por lo que es necesario realizar en él un refuerzo mediante cables que transfieran directamente la tracción hasta ser aplicada en el tramo más bajo del pilar, en el cual el peso propio y la armadura son capaces de soportarla.

Como veremos más adelante, para un caso límite de carga en el que la cubierta sometida solamente al peso propio sufre la acción del viento máximo, se produce una inversión en la actuación de los pilares, pasando el pilar interior a actuar como tirante y el exterior a transmitir compresiones, por lo que esta hipótesis de carga ha sido también determinante en el diseño.

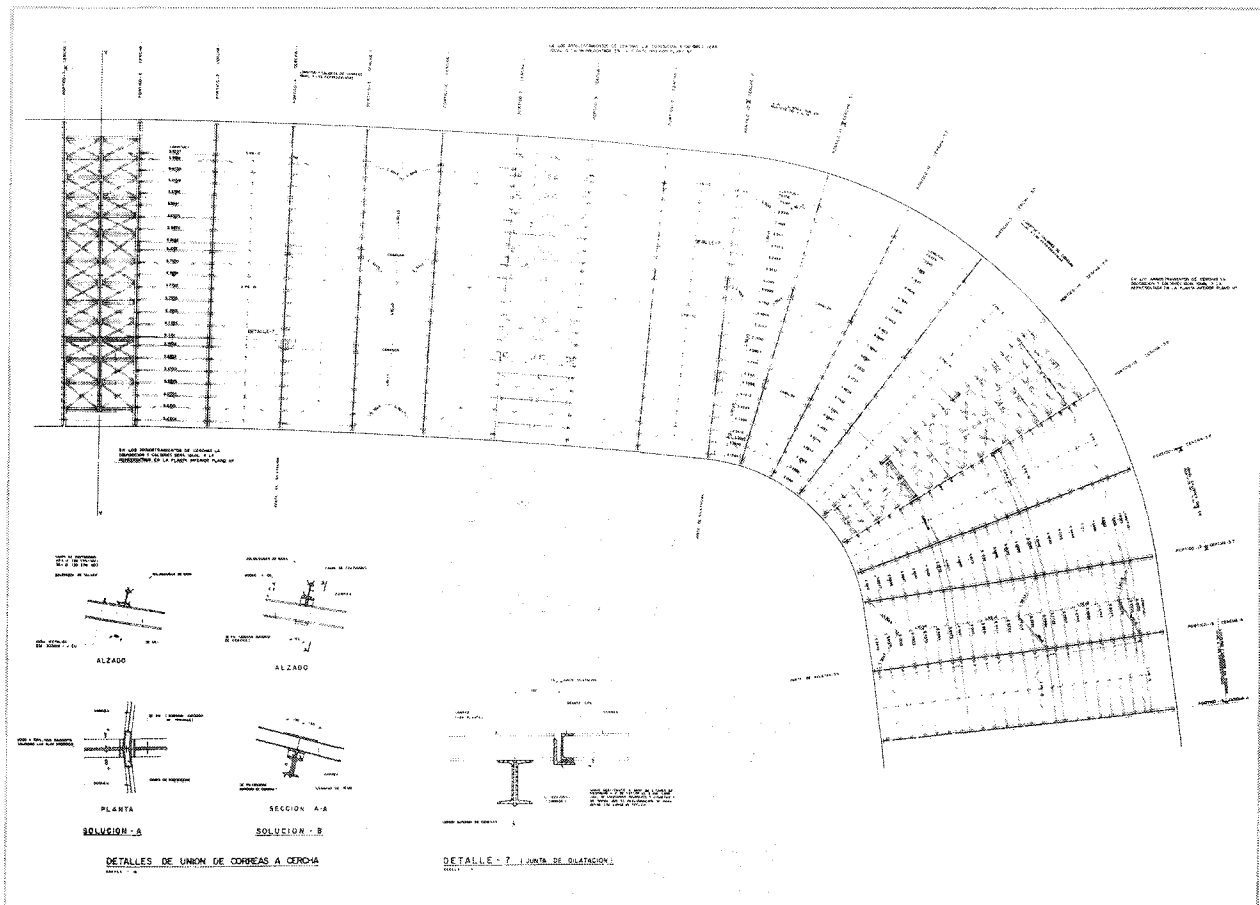
## Definición geométrica de la cubierta

La disposición geométrica de la cubierta, tanto en planta como en sección, exige una definición analítica muy completa, compleja y detallada.

En primer lugar ha sido necesario resolver el problema de proyectar una cubierta cuya fabricación fuese industrializable, sobre una estructura de hormigón ya construida en la que la situación de pilares sobre la que habría de apoyarse tenía los lógicos errores de construcción, aun siendo éstos pequeños en relación con los medios de la época en que fue realizada. Para ello se partió de la situación real de los pilares (que se conocía como consecuencia de trabajos anteriormente realizados) y se preparó un programa de ordenador el cual permitía calcular los errores de excentricidad entre los pilares reales y los teóricos, deducidos de una definición en planta en la que los fondos eran arcos de círculo de igual radio y ángulo en el centro, el lateral oeste era otro arco de círculo y por último los corners eran también arcos de círculo de igual radio y ángulo en el centro, todo ello con dos condiciones adicionales: que los arcos de círculo fuesen tangentes en su enlace y que la posición de las cerchas fuera en cada sector equidistante.

Después de numerosos tanteos con el programa citado se encontró aquella geometría en planta que minimizaba las excentricidades y que ha sido la definitivamente adoptada.

En cuanto a la definición geométrica en sección, se siguió un procedimiento análogo, el cual consideró, por una parte, el diseño arquitectónico y, por otra, la situación más adecuada de los canales de recogida de agua, definiendo un perfil continuo de manera analítica para desde él desarrollar numéricamente, con programas sencillos para mini-ordenador, la geometría exacta de la cobertura, las correas y las cerchas.



detalles de cubierta

## Comportamiento estructural

Desde la etapa de estudios previos y anteproyecto el comportamiento estructural de la marquesina ha estado muy claramente definido.

Vigas en celosía, en voladizo, coincidiendo con los pórticos de la estructura de hormigón, y correas metálicas entre vigas en celosía, tanto sobre el cordón superior para soporte de la cobertura, como sobre el cordón inferior para soporte del falso techo. Para garantizar la estabilidad del conjunto se disponen vigas celosía de arriostramiento en sentido perpendicular a las cerchas en voladizo.

La cobertura de fibrocemento apoya directamente sobre correas que salvan la luz entre cerchas trabajando a flexión.

De igual manera, el falso techo se suspende de correas que, trabajando en flexión colgadas de las cerchas, salvan la luz entre ellas.

Las cerchas son vigas celosía de cordones superior e inferior no paralelos, apoyadas sobre pilares próximos y con un gran voladizo, de manera que, en condiciones normales de carga, el pilar exterior está traccionado y el interior comprimido.

La estabilidad de la cercha se consigue de la siguiente manera:

- El pandeo de los cordones comprimidos que, según el caso de carga, pueden ser el inferior o el superior, se limita con las correas-soporte del fibrocemento y del falso techo.
- La deformación horizontal de conjunto en sentido perpendicular al plano de la cercha se elimina constituyendo vigas horizontales de arriostramiento entre las correas del plano superior e inferior.
- El vuelco de las cerchas en sentido perpendicular a su plano se elimina con las vigas celosía paralelas a fachada, situadas sobre los pilares exterior e interior.



En realidad, de estas vigas celosía solamente son necesarias dos entre cada dos juntas de dilatación, obteniéndose la estabilidad al vuelco en las restantes cerchas por el atado que proporcionan las correas; pero a pesar de ello, hemos preferido mantenerlas en todo el perímetro, salvo en el módulo de junta, para dar a la cubierta un margen de seguridad adicional que permite garantizar la estabilidad aún en el caso de fallo de un pilar.

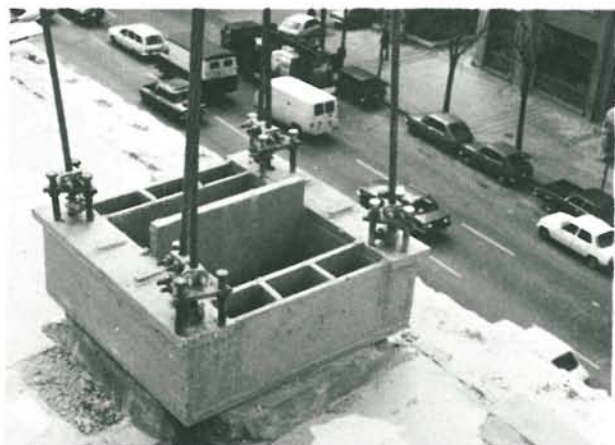
En efecto, si esta hipótesis se produjera, la viga correspondiente al pilar fallado transmitirá su carga de compresión o tracción a los dos pilares contiguos, manteniéndose así la estabilidad del conjunto.

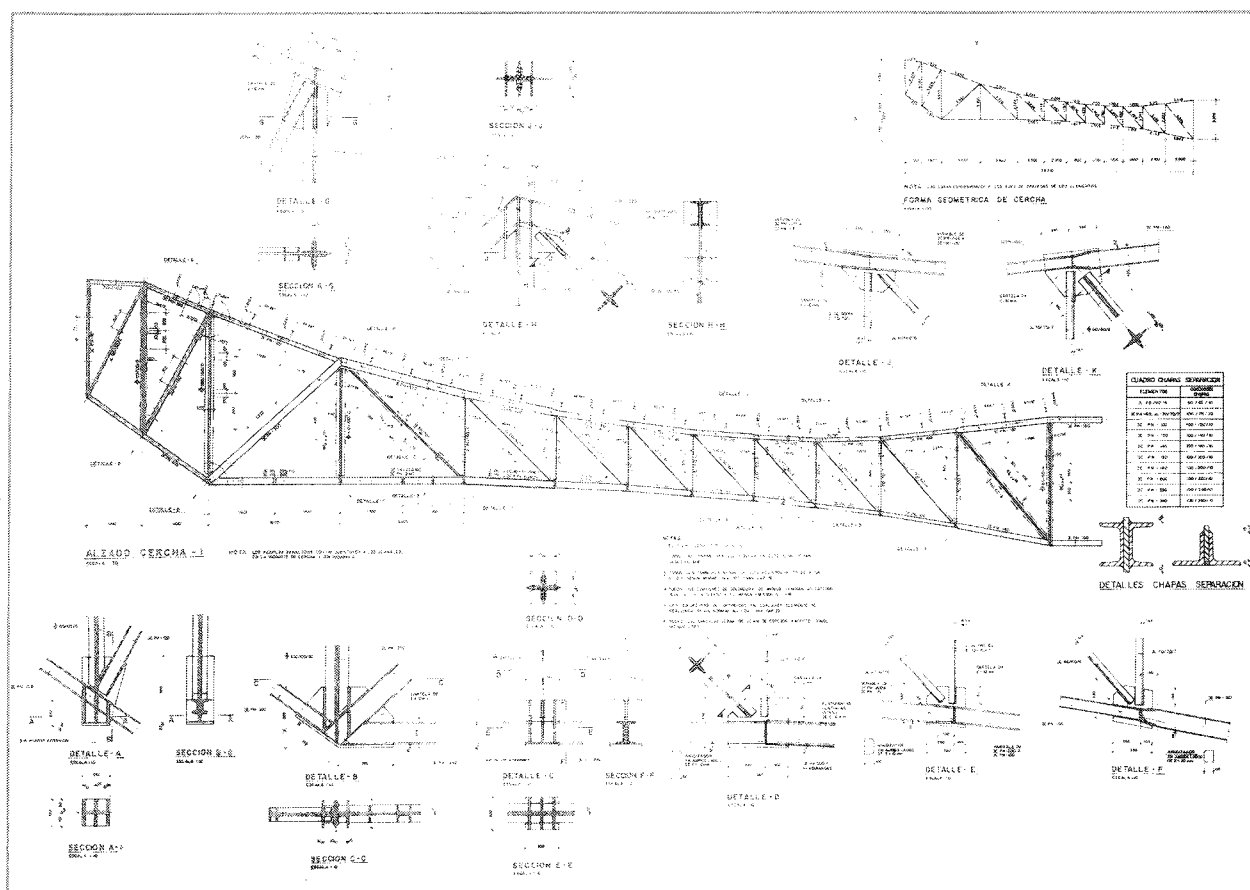
Este mecanismo de equilibrio se completa con la viga celosía interior, que arriostra las puntas de los voladizos de las cerchas contiguas y produce un triple efecto beneficioso; el primero, de igualación de deformaciones en la punta evitando el tacleo; el segundo, de arriostramiento para caso del fallo de pilares ya indicado; y el tercero, para evitar el efecto de torsión que podría aparecer en las cerchas si toda la estabilidad al vuelco se confiese exclusivamente a las vigas celosía situadas sobre pilares y muy alejadas de la punta del voladizo.

Las cerchas transmiten su carga, como ya hemos indicado, a dos pilares, uno exterior normalmente traccionado y otro interior normalmente comprimido. La importancia de esta compresión, la dimensión del pilar resultante y el buen empotramiento que puede obtenerse en su base con el pilar de hormigón que emerge del graderío, han hecho que asignemos a este pilar la responsabilidad de so-

portar las cargas horizontales, tanto en el plano de la cercha como en el plano perpendicular. En el plano de la cercha actuando como una ménsula desde su placa base y en el plano perpendicular formando pórtico con las vigas celosía de estabilidad ya aludidas.

El pilar de hormigón que recibe el pilar interior metálico soporte de la marquesina, está suficientemente dimensionado para ello; sin embargo, el pilar de hormigón que recibe la tracción del pilar exterior es incapaz de transmitirla sin romperse, por lo cual se hace necesario un refuerzo del mis-





mo, consistente en suplir con cables de pretensa- do la insuficiente capacidad de tracción.

A estos cables se les da una tensión inicial hasta el límite máximo que permite el pilar exterior a compresión, con objeto de que, una vez terminada la cubierta, la mayor parte de la deformación de este punto de apoyo sea muy pequeña por tratarse de la recuperación de la compresión inicial del pilar; sólo una pequeña parte de la deformación, correspondiente a sobrecargas de nieve muy singulares, corresponde a la del cable actuando sólo.

Las cerchas en voladizo tienen una forma idéntica a la de la envoltura exterior, es decir, su cordón superior es una poligonal tangente a la cobertura exterior y su cordón inferior es una poligonal tangente a la línea del falso techo. Sus límites extremos, en interior y exterior, siluetean el remate arquitectónico de ambos bordes, dejando en el interior espacio para el uso previsto de marcadores, publicidad, focos y pasarelas de servicio.

En cada uno de los vértices de la poligonal tangente de los cordones superior e inferior, se encuentran un montante y una diagonal, los cuales crean una serie de células triangulares rígidas que constituyen el elemento resistente y que solamen-

te se interrumpen en el borde interior para dar paso a la pasarela ya citada.

Esta disposición resistente optimiza el diseño estructural, proporcionando la solución más ligera y más rígida posible al ocupar el máximo espacio disponible dentro del volumen arquitectónico.

Para reducir los esfuerzos de origen térmico, se han dispuesto 10 juntas de dilatación, en situación coincidente con las juntas de dilatación de la estructura de hormigón. La junta se realiza siempre sin duplicar la cercha en voladizo, es decir, se consigue mediante el apoyo libre deslizante de las correas de un lado de la junta sobre las del otro lado. También se interrumpen en el módulo de junta las vigas celosía de arriostramiento.

## Hipótesis de carga

La correspondiente a pesos propios estructurales se ha revisado en el proyecto de ejecución, como consecuencia de la medición detallada realizada del proyecto de concurso.

Los pesos propios de equipos en la marquesina se han obtenido por consulta con los especialis-

tas. Este es el caso, por ejemplo, de los focos en la punta de los voladizos, los marcadores electrónicos situados en los fondos Norte y Sur y los centros de transformación en las mismas áreas pero sobre el pilar interior.

Mención especial merece la determinación de las cargas climatológicas de viento y nieve.

Por tratarse el viento de una acción climatológica de importancia extrema en una estructura de marquesina como la que nos ocupa y siendo la Norma Española de viento MV-101/1962 prácticamente inaplicable, hemos realizado un ensayo real en túnel aerodinámico como se detalla en otro artículo de este mismo número.

En cuanto a la carga climatológica de nieve se ha tomado el valor fijado por la Norma, considerándolo repartido uniformemente, toda vez que los ensayos a escala realizados en el «Túnel de Humos» evidenciaban el desprendimiento de la capa límite, lo que significa que no se producen barridos de nieve en las zonas con corriente de aire pegado a la superficie, ni depósitos anormales en otras zonas.

## Cálculo de esfuerzos y dimensionamiento

En las etapas de estudios previos y de anteproyecto, el cálculo de esfuerzos en cada elemento estructural se realizó por métodos sencillos de cálculo manual, numéricos o gráficos, suficientes para el grado de detalle que se requería en esas etapas. En cambio, en el proyecto de concurso y en el proyecto de ejecución, el cálculo de esfuerzos se ha realizado con ayuda de un ordenador electrónico, si bien utilizando programas distintos en ambos casos. En efecto, en el proyecto de concurso el cálculo de esfuerzos en la cercha fue realizado con un programa de «Celosías planas», el cual supone que la unión de las barras que componen la celosía se realiza en cada nudo o vértice de la misma mediante una articulación perfecta, incapaz de transmitir momentos flectores. Sin embargo, a la vista del tamaño de los nudos resultantes y de su evidente comportamiento rígido y no articulado, para el proyecto de ejecución se ha realizado el recálculo de las cerchas con un programa de «entramado plano», el cual considera que las uniones de las barras en los nudos son susceptibles de transmitir momentos.

A partir de los esfuerzos determinados por los métodos indicados, el dimensionamiento de cada elemento estructural es consecuencia directa de aplicar los criterios de la Norma MV-103 de cálculo

de estructuras metálicas a los materiales utilizados.

Se ha considerado para cada barra su acción más desfavorable advirtiendo claramente la inversión de esfuerzos, tracción y compresión, que se produce en la mayoría de las barras que constituyen la cercha y en los pilares, considerando como longitudes de pandeo las reales para cada elemento, en función de sus coacciones y arriostramientos.

En cuanto a los perfiles utilizados en el proyecto, todos ellos son de series normalizadas. En las cerchas se han utilizado diseños con perfiles en U ó L a ambos lados de la chapa de nudo que materializa el plano de referencia y que permite garantizar la continuidad en todos los nudos traccionados.



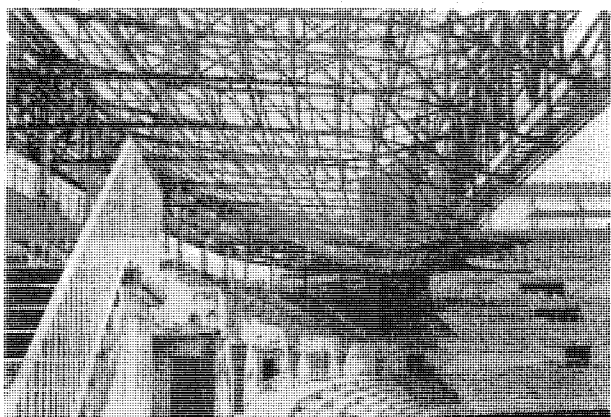
Para las correas se ha utilizado perfil IPN en los de la cara superior y doble U/PN en los de la cara inferior por razón de su distinto comportamiento y situación. En efecto, las de la cara inferior apoyan encima de las cerchas y no necesitan evitar el pandeo del cordón en el que apoyan pues normalmente éste está traccionado; sin embargo, las de la cara inferior se embrochalan sobre el cordón inferior de la cercha y tienen que transmitir cargas de compresión que eviten el pandeo del cordón inferior de la cercha, habitualmente comprimido.

Por último, para los perfiles de arriostramiento y vigas celosía se ha utilizado la disposición con perfiles emparejados de U ó de L.

Los elementos pisables, pasarelas y salas de máquinas, se han resuelto de manera distinta en razón de su uso.

Las pasarelas, cuyo uso es intermitente y sólo para mantenimiento, se han forjado con piso metálico antideslizante tipo Tramex, mientras que las





salas de máquinas, que son recintos cerrados de uso permanente, se han forjado con viguetas soporte de un encofrado perdido de metal desplegado, sobre el que se vierte una capa de hormigón armada con un mallazo ligero.

## Proceso de montaje

La necesidad de no interrumpir el uso del estadio y el plazo previsto de realización obligó a diseñar una estructura que se ajustase adecuadamente a dicho plan, posibilitando su montaje sin invadir el interior del campo. El proceso de montaje consistió, en esencia, en:

- Ejecución de la obra de hormigón de anclaje de la placa base del pilar interior.
- Ejecución de la obra de atirantado y placa base del pilar exterior.
- Levantamiento de los pilares exteriores e interiores en toda la zona.
- Colocación de las cerchas, trabajando con grúa desde el exterior del campo.

El módulo formado por dos cerchas con su arriostramiento horizontal y las correas superiores e inferiores, completamente terminado en taller, se eleva para su montaje y recibe después las operaciones de acabado en sucesivas etapas. Este proceso dio lugar a que hubiera que resolver un primer problema, importante, de fabricación; y un segundo problema, más dificultoso aún, de transporte.

## Sistema de ejecución de la estructura metálica

El Constructor Metálico CALLFER, S. A., aportó, a la hora de fabricar, una idea que, aunque aparentemente «utópica» por el volumen requerido de ejecución en taller y transporte, introducía unas

grandes ventajas en la construcción y control de la obra. Tal idea, afortunadamente, se puso en práctica y funcionó con rigurosa exactitud.

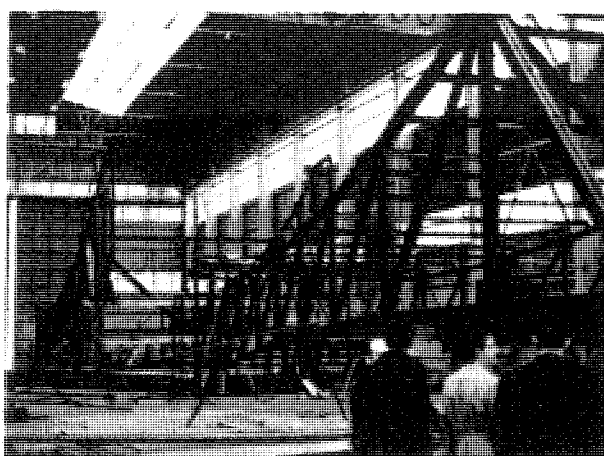
Consideró que lo óptimo en orden a reducir tiempo de montaje, así como para ahorrar medios y riesgos muy cuantiosos en obra, en una zona de gran densidad de tráfico de Madrid, era llevar totalmente fabricados los módulos formados por dos cerchas con todos sus elementos: correas, vigas de celosía, arriostramientos, etc.

### a) Fabricación

El problema de fabricación era ya de por sí complejo, dado que:

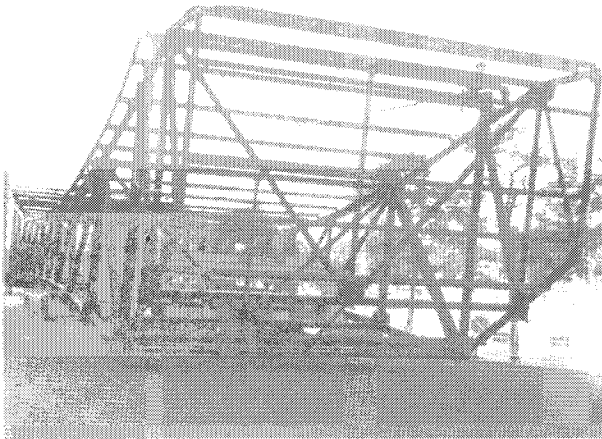
- Las cerchas tienen una geometría nada simple.
- Para reducir el peso estructural se variaba el perfil de los pares de las cerchas en cada tramo, de manera que las cerchas estaban llenas de empalmes de perfiles de distintos calibres, para lo cual hubo que controlar exhaustivamente el proceso de soldadura.
- Todos los módulos eran distintos de medida, incluso con asimetría y distorsiones en planta, de acuerdo con el replanteo.
- Dado el volumen de los distintos elementos, y dado que no podían éstos almacenarse, era necesario proceder a la fabricación por módulos completos.

El ritmo de fabricación se estableció en un módulo por día.



### b) Transporte

Para resolver el problema del transporte hubo que soslayar grandes dificultades, dado que las dife-



rentes piezas, incluyendo los medios de transporte, tenían un largo de 31,00 m, una anchura de hasta 9,00 m y una altura de 6,50 m. Se resolvió en primer lugar el problema de la circulación, eligiendo previamente un itinerario. A continuación hubo que realizar desviaciones de carreteras nacionales donde, por la existencia de puentes, no había altura suficiente o bien las curvas no eran compatibles con las dimensiones de la carga. También hubo que desplazar carteles, postes de iluminación, señales de tráfico, semáforos, pórticos de señalización de carreteras, etc.

En segundo lugar hubo de fabricarse un vehículo especial. Este vehículo se componía de una cabeza tractora convencional; un primer carretón de altura fija pero con una mesa articulada, elástica y con giro independiente de la cabeza tractora; y un segundo carretón, en cola de la cercha y sin ningún contacto con el vehículo motriz, cuyas características más salientes eran las de disponer de frenos propios y equipo motor independiente para accionar todo el sistema hidráulico. La mesa de apoyo de este segundo carretón debía elevarse y bajar a voluntad, para poder levantar la pieza cuando ésta debiera salvar algún obstáculo y poder descender al paso por debajo de los puentes, señales, etc. Esta mesa, al mismo tiempo, era giratoria. Las ruedas de este carretón, asimismo, se conducían independientemente mediante otro mecanismo hidráulico.

El objetivo de transportar un módulo por día resultó cumplido.

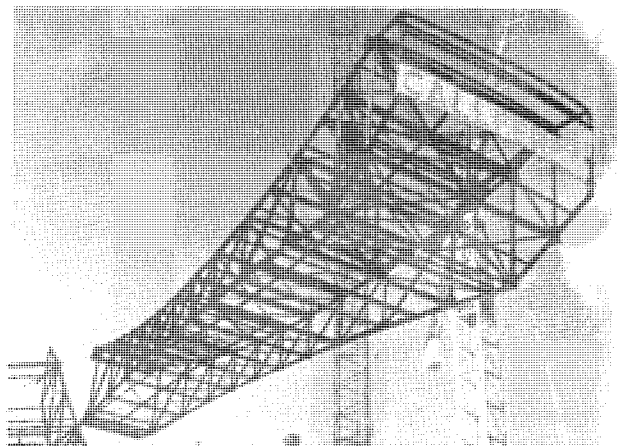
### c) Montaje

Para poder montar todos los días un módulo completo se realizó la elevación del mismo con una grúa móvil de 125 t, del tipo celosía, con una flecha de 33 m de altura y un plumín de 21-24 metros. El amarre del módulo a los soportes me-

tálicos se realizó con tornillo de alta resistencia para economizar el tiempo de montaje.

Todos los elementos intermódulos se montaron con sendas grúas-torres de 4 t de capacidad, autoportantes, con 33 m de altura y 35 m de brazo, que se deslizaban alrededor del estadio, sobre la acera.

Dada la pendiente de las calles, hubo que adaptar un mecanismo especial de traslación al objeto de realizar los movimientos con seguridad y eficacia.

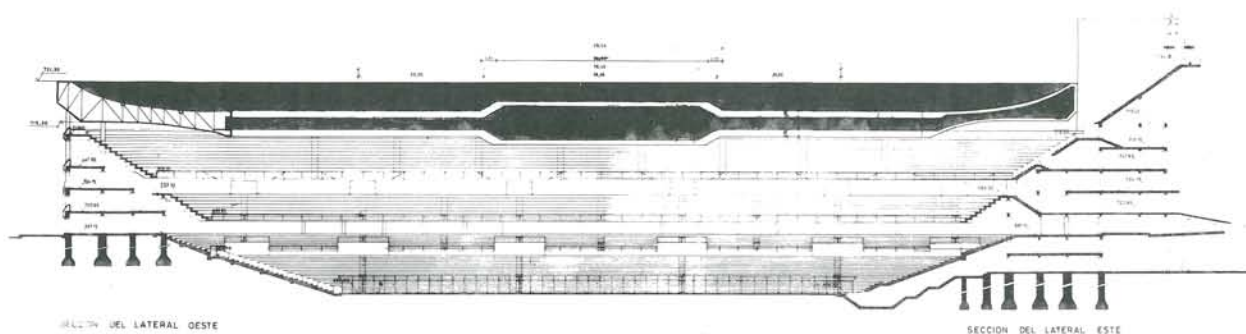


## Cobertura

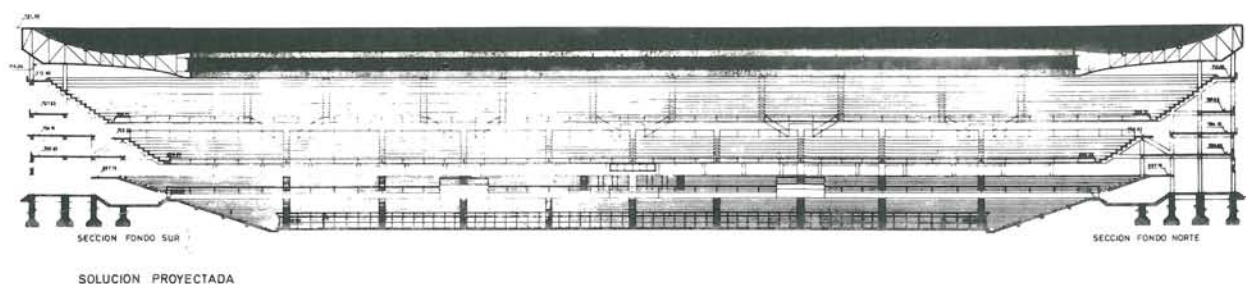
La cobertura del elemento marquesina consta de dos partes bien diferenciadas.

Primera: un elemento de forro de los bordes interior y exterior de la marquesina, realizado en piezas sandwich de G.R.C. de 8 cm de espesor, siguiendo el mismo criterio y textura que la reforma de la fachada, para formar un todo homogéneo tanto con la solución de fachada como con el aspecto interior general del campo.

Segunda: un cerramiento para la cubierta formado



sección transversal



sección longitudinal

por placas especiales de fibrocemento, de sección trapecial, constituidas por una sucesión de partes planas y nervaduras, destinadas a asegurar la rigidez y resistencia mecánica de la placa y a acentuar el efecto de cuenco de la marquesina. Se consiguieron para este perfil las medidas máximas, según medios standard de fabricación.

Estas placas especiales tienen la curvatura y conicidad adecuadas para acoplarse al perfil, sección y superficie de la estructura metálica, en la que se hallan dispuestas unas correas metálicas tipo PNI-12, cuya separación máxima entre ejes es de 1,15 m aproximadamente.

El cerramiento de falso techo está formado por placas especiales de sección en U a las que se les da la curvatura adecuada para acoplarse a la

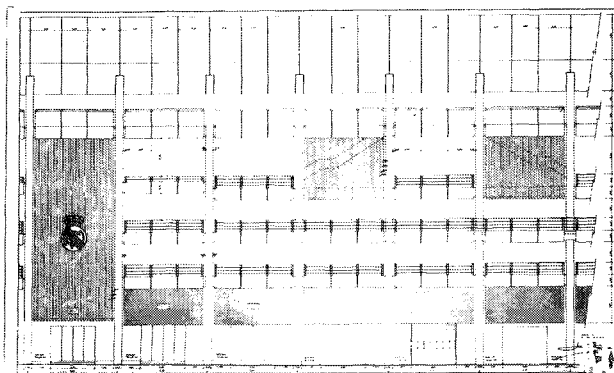
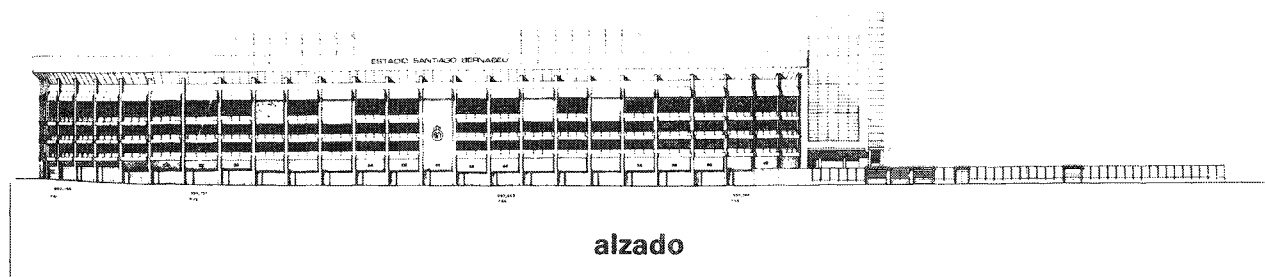


sección y superficie de la estructura metálica, en la que se hallan dispuestas unas correas metálicas PNI-12 cuya separación máxima entre ejes es de 1,25 m aproximadamente.

Todos los enlaces entre placas de cubierta, además de su rompeaguas, van protegidos con un material sellante que asegura su estanquidad y permite sus dilataciones, a fin de que cada placa se comporte independientemente, una vez instalada en la cubierta, sin transmitir sus esfuerzos a las colindantes.

## Fachada

Para el diseño de la reforma de fachada se ha partido de los siguientes criterios básicos:



- a) Recuperar como elemento fundamental de composición la ordenada estructura del estadio, en cuanto a modulación y diaphanidad, desfigurada anteriormente por una falsa y pesada fachada «decorativa» donde se combinaba el ladrillo macizo con los revocos y molduras en cornisas, casetones, etc. Se trataba de recuperar los aspectos más funcionales en la estructura, las formas más diáfanas en los antepechos y el color como componente importante en la fachada.
- b) Plantearse el conjunto de la fachada como un aspecto más del desarrollo unitario del estadio, donde se incorpora como protagonista importante la marquesina, con un peso tal en el desarrollo de la fachada anterior que motivó un replanteamiento total de la misma.
- c) Utilizar al máximo sistemas «secos», mediante elementos prefabricados ligeros G.R.C. y así conseguir grandes rendimientos de fabricación y montaje, al par que se garantiza el máximo de orden y limpieza de la obra, indispensables para hacer compatible la ejecución con la celebración (sin reducción de localidades) del total de partidos del calendario del Club.
- d) Emplear como elementos predominantes materiales estables, ligeros y en tonos claros, por ser la claridad, a nuestro entender, característica común del ámbito urbano.

e) Respetar la fachada a Padre Damián y las dos torres que la delimitan, conjunto que marca coherentemente la pauta para el tratamiento general del estadio.

Como respuesta a los criterios de partida mencionados se plantea una nueva fachada en los lados Norte, Sur y Oeste (Paseo de la Castellana) realizada previa demolición de la existente, quedando los cercos y puertas de accesos que, restaurados, se reutilizan.

A partir de la estructura de hormigón al desnudo, se plantea un nuevo tratamiento que consta de los siguientes elementos:

- a) Forrado de pilares mediante paneles prefabricados ligeros G.R.C. y posterior relleno, como solución más rápida y limpia de la protección de los tensores sustentantes de la marquesina, remarcando el efecto resistente de los mismos y permitiendo además una regularidad de modulación en todo su desarrollo, de suelo de calle a encuentro con marquesina. Se corrige así, además, el mal estado visual del hormigón de dichos pilares.
- b) Cobertura y protección en bordes forjados, mediante elementos prefabricados ligeros G.R.C. formando petos de sección transversal en U que tapan las vigas perimetrales, completándolos superiormente con unas barandillas diáfanos formadas en cada pórtico por cuatro soportes de perfil U - 100 x 50 plegado en frío, pasamanos de



tubo  $\varnothing 60$  y malla inferior formada exclusivamente por varillas de acero inoxidable tensada en los extremos, con objeto de diafanizar al máximo la fachada.

c) Para destacar el diseño de estos dos elementos base y resolver el encuentro entre ellos, se disponen en todos los casos unas entrecalles junto a pilares de 16 cm de ancho, que se realizan en chapa plegada pintada al poliuretano N.

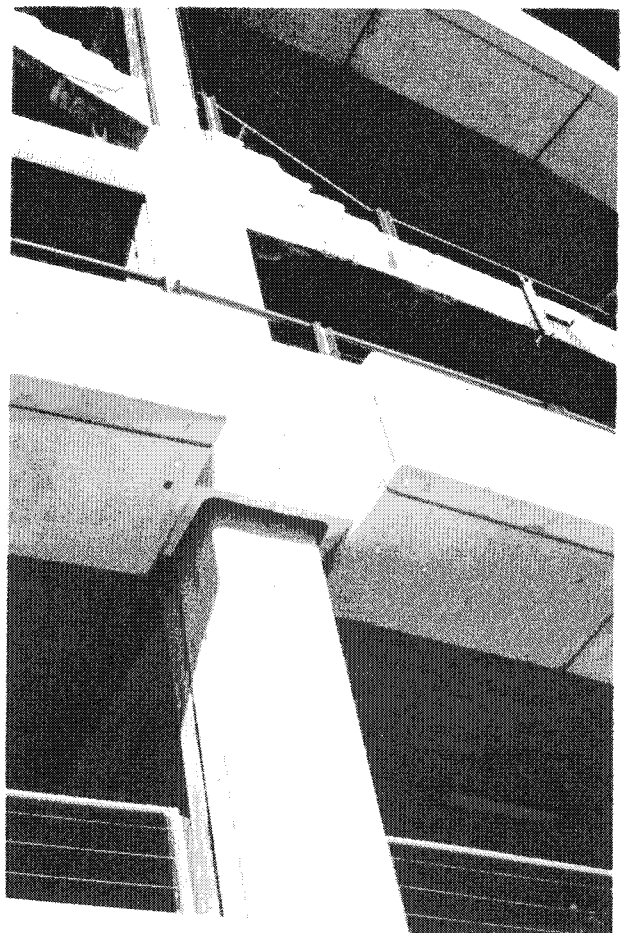
d) Celosía de lamas prefabricadas ligeras G.R.C. para destacar, por un lado, los pórticos coincidentes con los ejes del estadio y, por otro, la situación de escaleras en fachada.

e) Las plantas bajas tienen una solución específica que cumple con la necesidad complementaria de que sean altamente resistentes a la posible agresión vandálica, pintadas, pegadas, etc., y a la posibilidad de trepa, tal como ocurría antes.

Esta problemática se resuelve con tres elementos básicos:

- e1) Panel ~~vertebra~~ en hormigón convencional prefabricado que abraza a cada pilar, de la altura de las puertas.
- e2) Elemento central de cierre, uno por pórtico, resuelto según los casos por la puerta metálica, módulo de taquillas o módulo ciego y con posibilidad de transformaciones posteriores.
- e3) Verja en celosía compuesta por perfiles plegados en frío en U de 80 x 40, con las alas hacia el exterior, dispuestos verticalmente y separados entre ellos 7 cm con lo que se asegura suficientemente la imposibilidad de trepar por ellas. Esta celosía constituye, lógicamente, el elemento de cierre de los huecos de diferente altura que se van produciendo entre la parte superior de los paneles de cierre y la inferior de los petos del forjado inmediato.

Para la realización de los paneles ligeros de fachada, y de los de cierre de borde marquesina, se utiliza la técnica del panel sandwich, compuesto por dos láminas de G.R.C. y núcleo de hormigón de poliestireno. El G.R.C. (Glass Reinforced Cement) es un compuesto de mortero de cemento, al que se incorpora fibra de vidrio resistente a los álcalis (de patente internacional, denominada Cem-FIL), la cual tiene esta propiedad por su contenido de circonio. El resto de los ingredientes son el cemento portland ordinario, la arena de si-



lice y el agua, dando un compuesto inorgánico donde es la fibra en un 5 por 100 del volumen total del material la que se añade a la arena y al cemento por un sistema en este caso de proyección a pistola, sobre molde realizado igualmente en G.R.C.

Las principales ventajas de este material, que se describe con detalle en otro artículo de este mismo número, son su bajo coste (comparado con los prefabricados convencionales de hormigón visto), su adaptabilidad y su ligereza, así como su resistencia a compresión y calidad de aspecto.



## Sectorización y señalización

En este apartado se incluyen aquellos elementos que afectan al funcionamiento del edificio en cuanto a servicios, accesos y circulaciones.

a) Se ha acometido una mejora sustancial de los aseos existentes, a la vez que se han creado nuevos núcleos. Asimismo, se incide en los bares iniciales, redistribuyéndolos. La señalización del conjunto se homogeneiza con nuevos criterios de simbología, color y rotulación.

b) Analizadas las circunstancias de acceso, circulación interior y acomodación de espectadores en todo el recinto del estadio, se advierte una serie de graves inconvenientes de uso, fundamentalmente producidos por la libre y casi indiscriminada circulación interior en cualquiera de los niveles. Ello produce un ineficaz control del público en su definitiva acomodación, provocando incidentes de todo tipo que sólo se podrían evitar a base de una mayor fiscalidad y vigilancia de los distintos accesos interiores, lo que sin duda complica aún más el esquema personal-servicio, por lo que hay que desechar esta solución.

Por todo ello y a la vista del más preciso proyecto de remodelación del estadio, se ha considerado la necesidad de sectorizar de nuevo todo el espacio destinado al público espectador, de acuerdo con la nueva disponibilidad del mismo, estableciendo durante el tiempo destinado a ingreso, descanso y desarrollo del espectáculo deportivo, justo hasta el momento de la salida, toda una serie de soluciones y normas de actuación de los servicios de comprobación en la entrada y de acomodación en todos los sectores, que contribuyan a independizar e individualizar los accesos y circulaciones para cada sector; de forma que los espectadores

con localidad de utilización concreta para un sector determinado, sólo accedan y circulen dentro del estadio con público de su misma ubicación.

Este plan ha habido que complementarlo con todos los servicios necesarios de aseos diferenciados y bares, totalmente independientes, y con la señalización imprescindible para resolver toda la identificación circulatoria, así como la relativa a auxilios de botiquín y policía, dado que la señalización de organización interna del campo sólo se limitará al ámbito donde se ubiquen las distintas dependencias y como aclaración anticipada de orientación circulatoria, para aquellas personas que ya han sido dirigidas a las referidas áreas.

La sectorización resultante comporta toda una serie de barreras circulatorias de estructura metálica de relativa seguridad ante el asalto para trasladarse a sectores contiguos. Más que una estructura de alta resistencia, suponen la definición de una altura que impide su fácil accesibilidad, a lo que contribuyen la elección de un mallazo electrosoldado de trama muy reducida para evitar el escalamiento. Todas estas estructuras se han diseñado de forma que en el momento de la salida, o en caso de emergencia, sean fácilmente rebatibles a fin de «abrir» indiscriminadamente todas las barreras en el sentido de la salida.

La señalización se ha diseñado por la adaptación en cada caso de placas de aluminio serigrafado de medidas moduladas, que se enfilan en carriles guía de rápida fijación, de forma que las acumulaciones necesarias de símbolos aclaratorios resuelven la identificación visual completa de cada núcleo.

## Iluminación, energía y marcadores electrónicos

Se han seguido los criterios dictados por el Comité del Mundial-82 y R.T.V.E, en la retransmisión de encuentros de fútbol en color.

De acuerdo con estos criterios y siguiendo la normativa vigente en lo referente a la instalación eléctrica de A.T. y B.T. dictadas por el Ministerio de Industria y Energía, Ayuntamiento de Madrid y Compañía Eléctrica, se ha llegado al siguiente desarrollo:

### Centro de seccionamiento

Situado dentro del recinto del estadio, junto a la entrada de coches oficiales de la calle Padre Damián, sirve para ubicar las celdas en M.T. donde

las compañías eléctricas (Hidroeléctrica Española, Sociedad Anónima, y Unión Eléctrica. S. A.) darán servicio para cubrir las necesidades del estadio. Consta de dos partes, una el seccionamiento de cada compañía y la otra, las celdas de protección general y medida, donde se alojan los equipos destinados a medir el consumo de energía. Asimismo, en este centro está situada la conmutación entre ambas compañías, al objeto de que, en caso de fallo de una de ellas, la otra pueda suministrar la totalidad de la potencia solicitada.

### Centros de transformación

Se ha situado uno en el fondo Norte, que consta de tres trafos 500, 400 y 250 KVA y que pertenece a H.E.; y el otro en el fondo Sur, también con tres trafos 500, 250 y 250 KVA, que pertenece a U. E. Se ha pensado esta solución al objeto de asegurar la retransmisión de los partidos, con un 100 por 100 de seguridad, no solamente en el compromiso del Campeonato del Mundo-82, sino también en los casos en que el propietario del estadio, el Real Madrid Club de Fútbol, celebre encuentros nocturnos.

### Control y mando

Sobre ambos centros de transformación están situados los cuartos de control y mando, desde donde se pondrá en servicio toda la instalación. En ellos están todos los cuadros generales, que van a parar a los distintos receptores de alumbrado del estadio. Estos cuadros están dotados de interruptor general de corte omnipolar y protección diferencial en cada línea.



Para proyectar este apartado se han tenido en cuenta los niveles de iluminación elegidos por TVE para retransmisión en color, que son los siguientes:

Plano horizontal sobre el terreno de juego:  
1.400 lux.

Plano vertical a 1,5 m del suelo en dirección a la cámara principal:

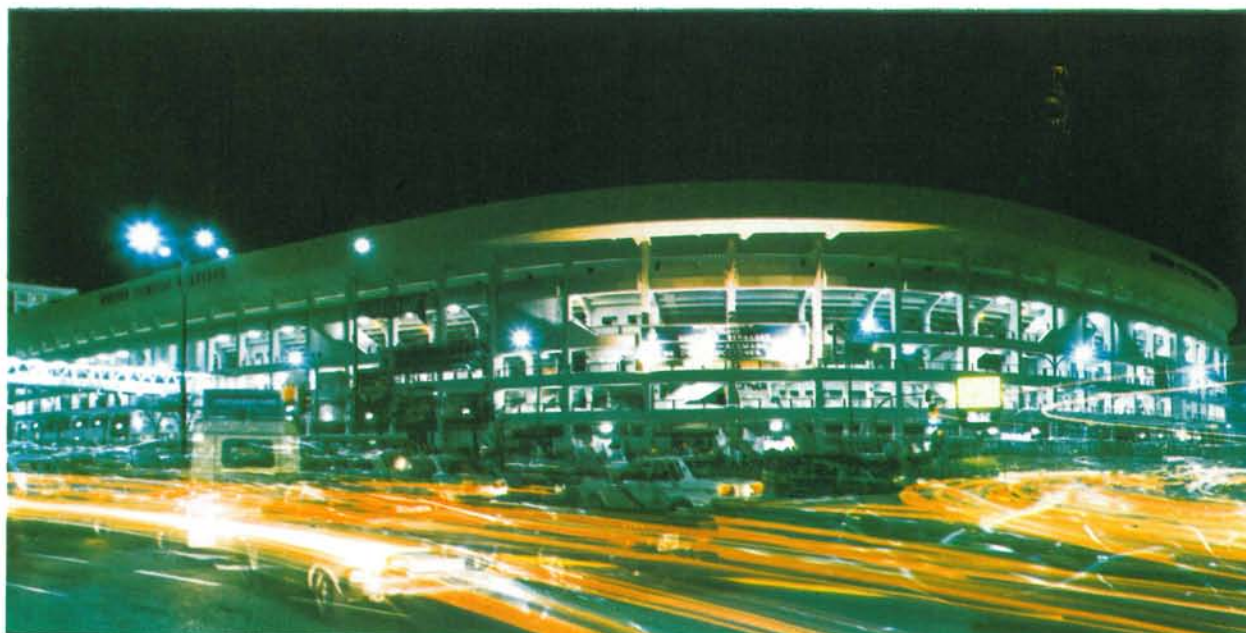
1.400 lux.

Plano vertical a 1,5 m del suelo en dirección cámara de portería:

1.200 lux.

Plano vertical a 1,5 m del suelo en dirección a una supuesta cámara opuesta a la principal:

800 lux.



## Marcadores electrónicos

Se han instalado dos marcadores electrónicos, dotados de video para reproducción de jugadas en color. Están situados en un espacio de la nueva marquesina destinado expresamente para ellos.

## Alumbrado de graderíos

Se ha realizado una instalación en la que se mantienen los puntos de luz existentes, reforzándolos en las zonas necesarias.

**El equipo encargado de realizar las Obras de Acondicionamiento del Estadio Santiago Benabéu a las Normas del Real Comité Organizador Español de la Copa Mundial de Fútbol 1982, ha sido el siguiente:**

Arquitectos autores del proyecto y directores de la obra:

Luis Alemany Indarte  
Rafael Alemany Indarte  
Manuel Salinas Aracil

Arquitectos Técnicos:

Pedro Fadrique  
Gonzalo Rueda

Estructura OTEP Internacional:

Rafael Buzón  
Pedro Juan Blanco

Iluminación  
Ingeniero Industrial:

José Luis Sagivela

Delegado de la Comisión de Obras de la Junta Directiva:

Ramón Angulo

Empresa Constructora:

Hispano Alemana de Construcciones, S. A.



## última publicación del i.e.t.c.c.

### CODIGO MODELO CEB-FIP PARA LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGON

El Instituto Eduardo Torroja, miembro activo tanto del Comité Eurointernacional del Hormigón (CEB), como de la Federación Internacional del Pretensado (FIP), ha tomado a su cargo la traducción y edición de esta importante normativa.

Aunque presentado con el título de «Código Modelo CEB/FIP 1978» este documento incorpora los dos primeros volúmenes de este «Sistema Unificado Internacional de Reglamentación Técnica de Ingeniería Civil». El primer volumen de este «Sistema Unificado» es el denominado «Reglas comunes Unificadas para los diferentes tipos de obras y materiales», donde se exponen los criterios y formatos de seguridad a que han de ajustarse los diferentes Códigos (estructuras de hormigón, estructuras metálicas, estructuras mixtas, estructuras de albañilería y estructuras de madera), que han de configurar la totalidad del antedicho sistema.

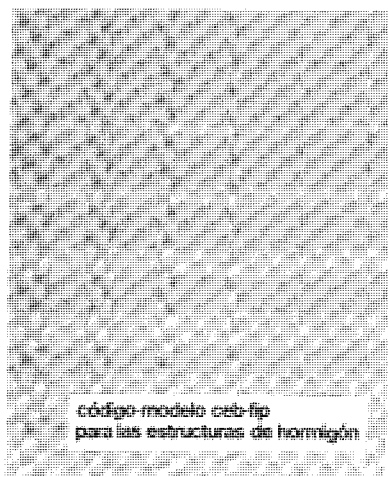
El segundo volumen es propiamente el Código Modelo para las Estructuras de Hormigón. Fruto de la colaboración de dos asociaciones del prestigio del CEB y la FIP, desde mediados de los 60, incorpora los avances científicos y tecnológicos producidos en los últimos años sin detrimento alguno de la claridad y operatividad que deben presidir un código que pretende ser, ante todo, un auxiliar práctico para los técnicos de la construcción.

El Código sigue en su estructura las reglas más o menos clásicas: una primera parte dedicada a los datos generales para el cálculo (propiedades de los materiales, datos relativos al pretensado, tolerancias); en segundo lugar se presentan las reglas de proyecto estructural (acciones, solicitaciones, estados límites últimos y de utilización, reglas de detalle para el armado); y, por último, ejecución, mantenimiento y control de calidad.

También incluye reglas para estructuras con elementos prefabricados y estructuras de hormigón con áridos ligeros. Los Anejos del Código se refieren a: terminología, proyecto mediante la experimentación, resistencia al fuego, tecnología del hormigón, comportamiento en el tiempo del hormigón y fatiga.

Un volumen encuadernado en cartón, de 21 x 30 cm, compuesto de 340 páginas, Madrid, mayo 1982.

Precios: España 2.500 ptas. Extranjero 50 \$USA.



#### NOTA:

Debido al actual cambio de la peseta, con respecto al \$ USA, todos los pedidos de publicaciones del IETCC (sin incluir revistas) que se efectúen a librerías en el extranjero, e incluso directos, obtendrán una bonificación del 30 % sobre los precios marcados en dólares. Este descuento será aplicado por los vendedores — hasta nueva orden — a cualquier pedido que se formule fuera de España.