



velódromo olímpico de Montreal * CANADA

ROGER TAILLIBERT, arquitecto

886 - 33

sinopsis

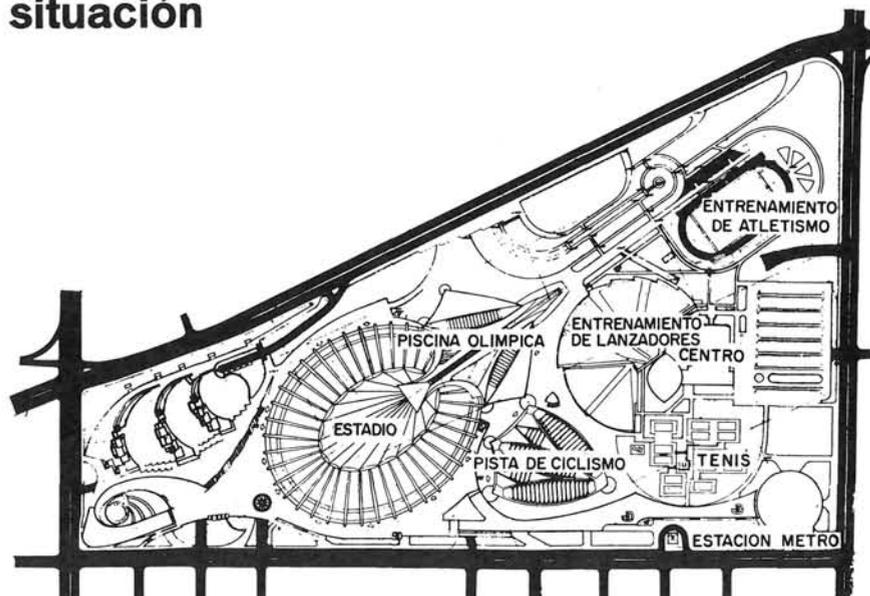
Es uno de los estadios más interesantes de los últimos tiempos, con las siguientes condiciones básicas: armónica integración con las restantes instalaciones olímpicas; posibilidad de transformación para futuras aplicaciones; total ausencia de soportes; amplia permeabilidad a la luz natural; y perfecta estanquidad ante las duras condiciones climáticas de Montreal.

Partiendo de estas premisas, el edificio consta de dos partes:

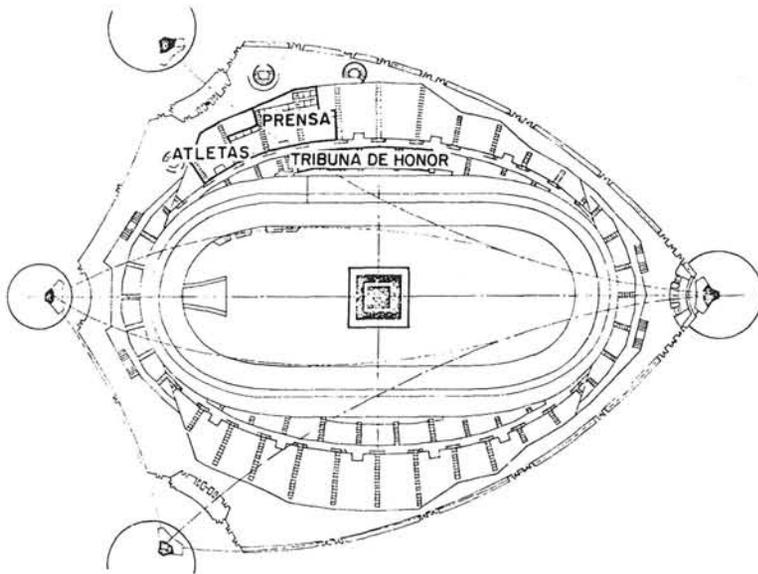
- El velódromo propiamente dicho, con: césped; pista de carreras de 285,70 m de desarrollo, 7,50 m de anchura e inclinación variable entre 18° y 48° respecto a la horizontal; gradas para el público; locales auxiliares; vestuarios; etc.
- Y la cubierta esférica regular, cuya planta presenta tres segmentos que se extienden desde un solo machón en el nordeste hacia tres machones en el sudoeste. Esta cúpula, autoportante en su totalidad, tiene una longitud de 172 m, altura máxima de 32 m sobre el suelo. Su superficie total es de 15.000 m².

La obra, calculada mediante ordenadores, se llevó a cabo mediante piezas prefabricadas de hormigón para un mejor control de la calidad del hormigón y, sobre todo, por la mayor exactitud de los elementos prefabricados, totalmente esencial en este caso, en que el error máximo admisible en la mayoría de las piezas era tan sólo de 1,5 mm.

situación



planta baja

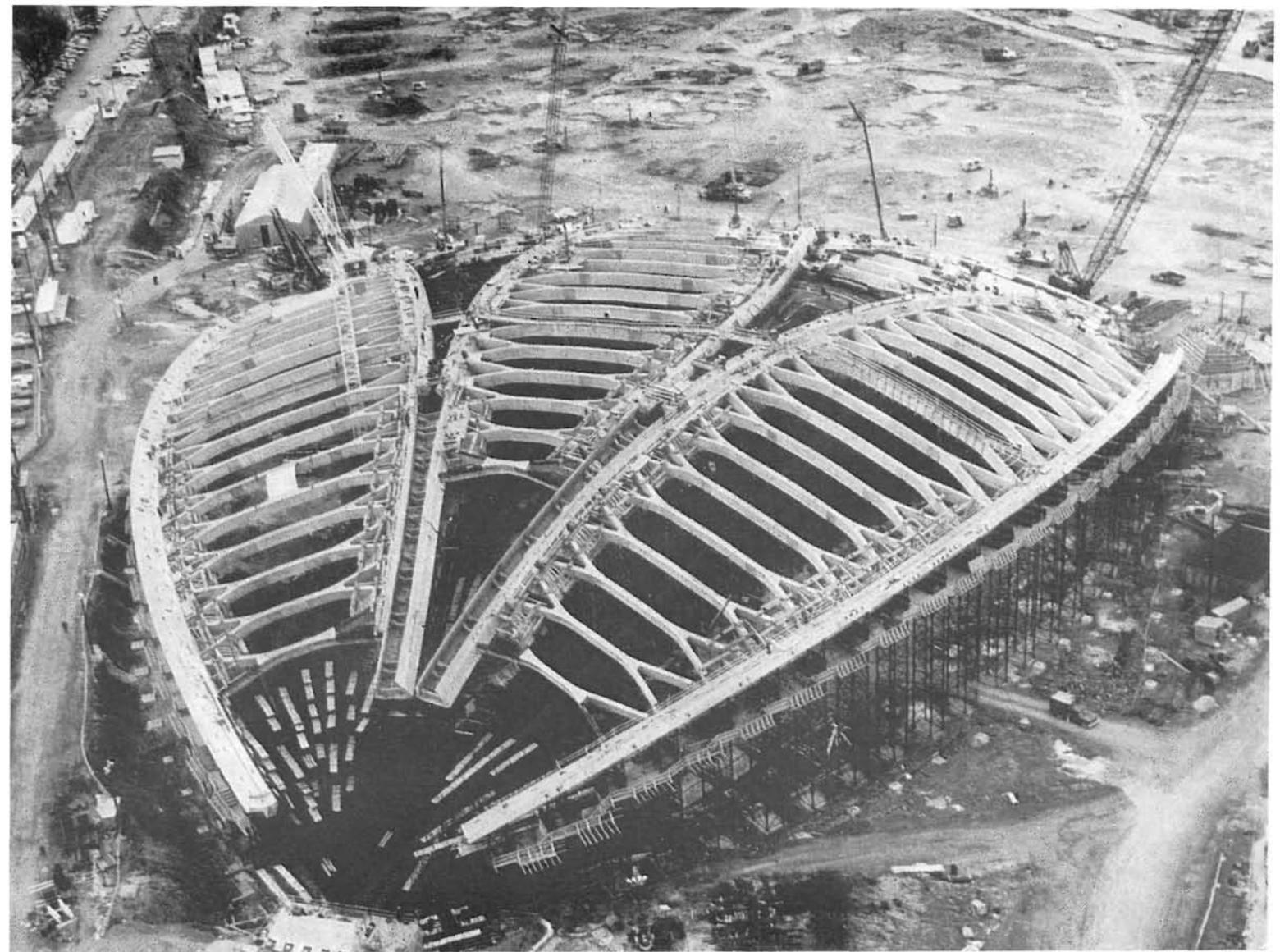


Este estadio, en donde celebraron recientemente las competiciones olímpicas de ciclismo, es una de las construcciones deportivas más interesantes de los últimos tiempos. El tejado del velódromo, con su cúpula a base de elementos de hormigón, constituye una magnífica obra de vanguardia, tanto en el aspecto técnico como en el arquitectónico. La elegancia de la corona ligeramente abomba-

da, colocada sobre el suelo, y la aparente ligereza de la obra, ocultan toda una serie de audaces soluciones a los problemas constructivos planteados.

Varias fueron las condiciones fundamentales que afectaron la ejecución del proyecto: En primer lugar, el velódromo debía integrarse armónicamente con las restantes instalacio-





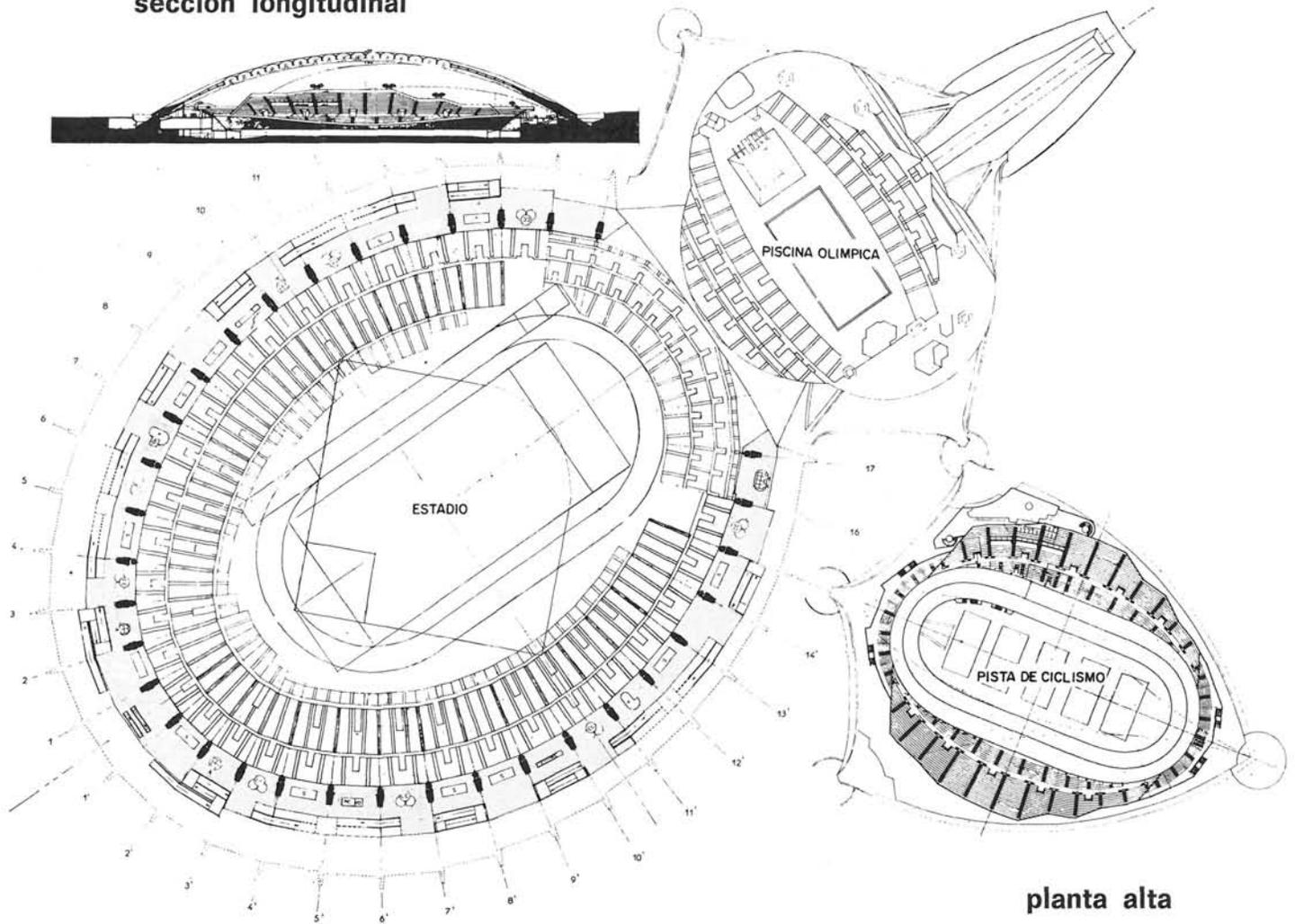
nes olímpicas, sin que, en ningún momento, existieran perturbaciones entre ellas. Además, debía preverse la posibilidad de su transformación, con el fin de adecuarlo a sucesivas aplicaciones. También era condición previa la total ausencia de soportes, así como la máxima permeabilidad a la luz del día. Al mismo tiempo debía ofrecer una perfecta estanquidad, para acomodarlo a las duras condiciones del clima de Montreal, frecuentemente afectado de fuertes vientos e intensas nevadas. Por último, debía tenerse en cuenta que la región se halla enclavada en una zona sísmica, lo que obligaba a incrementar la resistencia en un 10 %.

A raíz de estos condicionantes se decidió construir el estadio mediante dos elementos de edificación totalmente separados: Por una parte, el velódromo propiamente dicho, con: el césped; la pista de carreras en forma de anillo alargado de 285,70 m de desarrollo, 7,50 m de anchura, e inclinación variable entre 18° y 48° con respecto a la horizontal; gradas

para los espectadores; locales auxiliares; vestuarios para los deportistas, etc. Y de otra, el tejado, en forma de cubierta esférica regular, cuya planta presenta tres segmentos que se extienden desde un solo machón en el nordeste hacia tres machones en el sudoeste. Esta cúpula, totalmente autoportante, tiene una longitud de 172 m, elevándose en el cénit unos 32 m sobre el suelo, y algo más sobre el césped rehundido. Su superficie es de 15.000 m², alcanzando un peso próximo a las 30.000 t.

Para este velódromo se diseñó un tipo de cubierta especial totalmente nueva, constituida por un complejo sistema de arcos rebajados que limitan las secciones, y unidos entre sí por una estructura, en forma de panal, compuesta de vigas en Y doble, las cuales, al mismo tiempo, forman el sistema portante de pequeñas cúpulas transparentes. En ciertas zonas la sollicitación calculada fue tan elevada, que hubo que sustituir esas cúpulas por bóvedas delgadas pretensadas.

sección longitudinal



planta alta

Para comprender la estructura hay que partir de la disposición geométrica en que se basa. En esencia se trata de una cubierta esférica, en la que los arcos que delimitan las secciones superficiales son líneas de intersección entre dicha cubierta y los planos que tienen como directrices las rectas de unión de los machones. Los planos que determinan los arcos extremos están inclinados 32° ; los de los arcos intermedios, 62° ; y los de la sección mediana, casi 90° . Por lo tanto, la disposición de los arcos no es un invento arbitrario del proyectista, sino que responde a un análisis estático exacto.

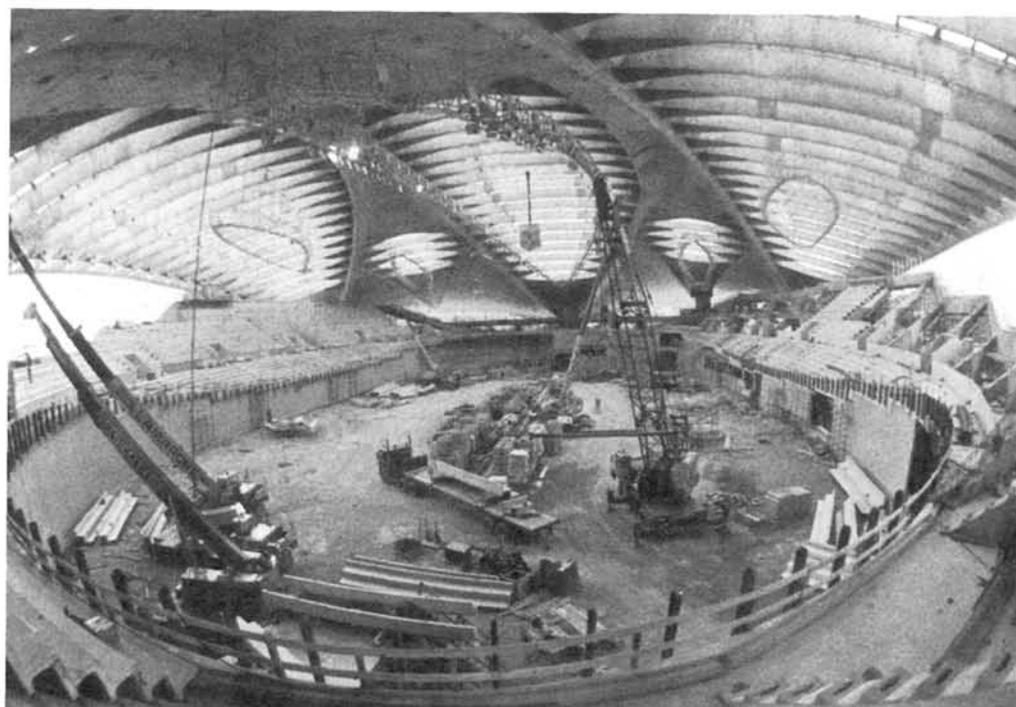
Estos arcos se unen entre sí mediante una red de elementos de hormigón en forma de Y doble. Los intersticios o huecos que se establecen en dichas uniones se cierran, o con cúpulas de plexiglás, para permitir el paso de la luz, o con bóvedas delgadas de hormigón pretensado, cuando la sollicitación local resultaba excesiva.

Los arcos principales tienen una longitud de 187 m, sin un solo apoyo intermedio. De acuerdo con los principios fijados, tanto las vigas

principales, como los elementos en Y doble y las bóvedas delgadas, se realizaron en hormigón pretensado.

La exactitud exigida en los cálculos, del orden de 1,5 mm, aproximadamente, era tal que el promotor decidió prefabricar todos los elementos en el suelo. Otro motivo que influyó en la elección fue el desconocimiento de la fluencia en tales dimensiones. Asimismo se pensó que, mediante la prefabricación, era posible vigilar mejor la calidad del hormigón y la exactitud de dimensiones de los distintos elementos.

Se planteó entonces el problema de cómo subdividir la obra. El hecho de que fuera determinante la capacidad de elevación de las máquinas disponibles puede sorprender en un principio, pero es perfectamente lógico. Se determinó el peso máximo admisible en 90 t para los elementos más pesados; las piezas portantes comunes de las secciones exteriores, y la sección mediana. El peso de la mayoría de los demás elementos oscilaba entre 62 y 68 t. Según esto, las vigas principales se subdividieron en tramos de 6 m de longi-

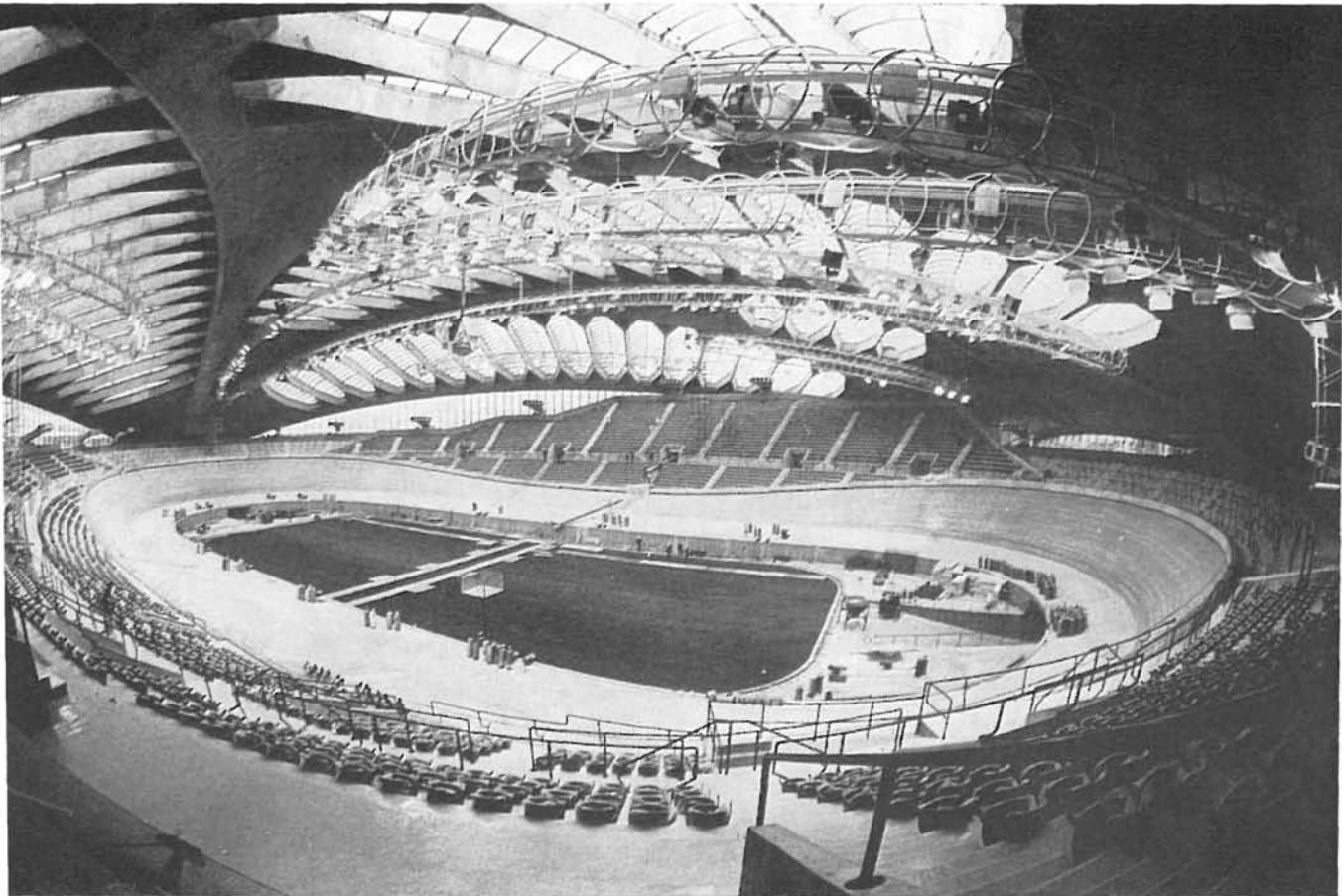


tud, y las vigas en Y doble, en elementos algo más largos, con un peso proporcional. Posteriormente los elementos se enlazaban entre sí, y se unían sólidamente mediante pretensado.

Por ambos extremos, las vigas principales descansan en apoyos anclados en la roca, los cuales absorben esfuerzos notables: entre 7.700 y 21.000 t.

Adicionalmente, las variaciones de temperatura producen un arco hiperestático invisible de 18.000 t de presión entre los apoyos extremos. Esto exigió el refuerzo de la parte delantera de la cúpula y el relleno, mediante bóvedas delgadas, de algunos intersticios de la red.

Exceptuando los elementos sustentantes comunes entre las secciones exteriores y la mediana, los 144 elementos de arco tienen 6 m de longitud, presentando en planta una forma perfectamente regular, aunque en sección son extremadamente complejos. Los arcos de borde están constituidos por elementos redondeados bastante cortos, con una especie de trompa por encima; son macizos, con 3,60 m de altura, 2,54 m de anchura y 0,80 m de espesor. Por el contrario, los soportes interiores de las secciones laterales son ele-



mentos huecos, de forma sensiblemente triangular. Las vigas que unen los tres apoyos de la fachada son elementos que, en sección, se parecen a un martillo. En el centro de cada uno de estos elementos se acoplaron ménsulas. A tal fin se dispusieron escotes en los elementos de viga, en los que se introdujeron varillas de acero, para la fijación, mediante atornillado, de las ménsulas.

Como ya se ha mencionado, la red que une las vigas principales consta de elementos en forma de Y doble, con longitud de 22 a 30 m. Se componen de dos triángulos, casi equiláteros, de 6 m de lado, unidos por una viga mediana cuya longitud varía con arreglo a la distancia entre las vigas principales. Los triángulos y la viga mediana se prefabricaron por separado, ensamblándose en el suelo antes de su montaje. En sección transversal, cada viga consta de un triángulo alargado de 1,52 a 1,60 m de altura por 45 a 60 cm de base. En el vértice del triángulo se practicó una ranura para la evacuación del agua de lluvia. Estas vigas presentan una curvatura acorde con la de la bóveda esférica. Los elementos estructurales de la red se apoyan en las en-

talladuras de las vigas principales, asegurándose con piezas de hormigón armado, la unión rígida entre ellos y con los elementos portantes.

Los intersticios de la red cerrados con cúpulas de plexiglás presentan una construcción bastante complicada, a pesar de su aparente sencillez, debido al coeficiente de dilatación del plástico, aproximadamente seis veces superior al del hormigón, lo que condujo a montar dichas cúpulas sobre marcos de aluminio. Con el fin de obtener una estanquidad absoluta, la unión entre el marco y el hormigón se estableció mediante una triple junta elástica.

Las distintas cúpulas van dispuestas transversalmente con respecto a las vigas en Y doble. Constan de dos láminas de plexiglás sujetas en perfiles de aluminio, los cuales efectúan el enlace con los elementos de hormigón. Con esta compleja construcción se consigue que las cúpulas puedan soportar sobrecargas de nieve de hasta 400 kp/m², y que cierren, en cualquier momento, de un modo impecablemente hermético.

Las paredes laterales no tienen función portante, ya que se trata de «cortinas» cuya única particularidad consiste en su gran altura que, en el punto culminante de los arcos exteriores, alcanza casi los 12 m, y 6 m en las fachadas. Las paredes de vidrio están sustentadas por un marco metálico de tubos de acero reforzados, fijado en la parte interior de los arcos autoportantes. El borde inferior se apoya sobre un bajo antepecho de ventana, el cual, a su vez, está sujeto entre soportes triangulares. Juntas elásticas garantizan un cierre hermético con los elementos fijos de la construcción.

La totalidad de la cubierta descansa exclusivamente, en cuatro machones, que transfieren los esfuerzos resultantes a anclajes enterrados profundamente en el suelo. Quizás hubiera sido más sencillo unirlos por cables, pero no fue factible debido a que el velódromo propiamente dicho y las instalaciones periféricas se encuentran, en parte, en un nivel inferior, y no podían ser interceptados por los cables tensores.

La ejecución del estadio planteó los problemas más diversos, especialmente en relación con las condiciones climáticas de Montreal. Uno de estos problemas merece ser destacado especialmente, ya que se resolvió de un

modo interesante que podría tener aplicación en otras obras. Se trata de la disposición geométrica en el espacio de los elementos de arco. La precisión de montaje de dichos elementos era del orden de milímetros, por lo que no podía aceptarse la más mínima desviación o error.

El problema de la exacta disposición en el espacio fue el punto crucial de las dificultades técnicas que existían en la construcción de la bóveda autoportante. Ni un solo elemento tenía la misma posición que su elemento vecino; la curvatura de las vigas acarrea, como consecuencia, que también las dimensiones variaban continuamente. Se trataba, pues, de un ejemplo típico de construcción que, sin la ayuda continua de las computadoras, difícilmente hubiera sido posible.

Resumiendo, se puede decir que el velódromo se caracteriza: por la utilización de elementos prefabricados, con el fin de conseguir una mayor precisión, así como por la forma constructiva ligera de la bóveda lograda, mediante la red de vigas en Y doble. La edificación recuerda el desarrollo de la antigua arquitectura que, hace siglos, descubrió las numerosas posibilidades de los espacios que resultan de la utilización sistemática de arcos en la construcción de bóvedas.

résumé

Vélodrome olympique de Montréal - Canada

Roger Taillibert, architecte

Il s'agit de l'un des stades les plus intéressants de ces derniers temps, ayant les conditions suivantes: intégration harmonique avec les autres installations olympiques; possibilité de transformation pour de futurs agrandissements; absence totale de supports; ample perméabilité à la lumière naturelle; étanchéité parfaite devant le climat rigoureux de Montréal.

Le bâtiment se compose de deux parties:

- Le vélodrome proprement dit, avec: pelouse, piste de courses de 285,70 m de développement, 7,50 m de largeur et inclinaison variable entre 18° et 48° par rapport à l'horizontale; gradins pour les spectateurs; locaux auxiliaires; vestiaires, etc.
- La toiture sphérique régulière, dont le plan présente trois segments qui s'étendent d'un sol pied-droit au nord-est vers trois pieds-droits au sud-ouest. Cette coupole, totalement auto-portante, a une longueur de 172 m, hauteur maximale de 32 m sur le sol. Sa surface totale est de 15.000 m².

L'ouvrage, calculé à l'aide d'ordinateurs, a été réalisé à base de pièces préfabriquées en béton pour un meilleur contrôle de la qualité du béton et, surtout, pour la meilleure exactitude des éléments préfabriqués, qui est essentielle dans ce cas, où l'erreur maximale admissible, dans la plupart des pièces, était seulement de 1,5 mm.

summary

Olympic Velodrome - Montreal - Canada

Roger Taillibert, architect

This stadium is one of the most interesting ones that have been constructed lately. It has the following basic conditions: harmonious integration with the other olympic installations; possibilities for future enlargements; total absence of supports; perfect permeability for the natural daylight; and perfect insulations in view of the hard climate of Montreal.

Bearing these features in mind, the building consists of two parts:

- The velodrome itself with lawn; 285.70 m long and 7.50 m wide courses with a slope varying between 18° and 48° with regard to the horizontal line; gallery for the public; auxiliary premises; dressing rooms, etc.
- And the regular spheric roof the plan form of which represents three segments beginning with one buttress in the north-east end and increasing to three buttresses in the southeast end. This entirely self-supporting dome is 172 m long with a maximum height of 32 m. The total surface is 15,000 m².

The work was calculated by means of computers and was carried out with prefabricated pieces of concrete so as to achieve a better quality control of the concrete, and above all, a greater exactness of the prefabricated members. This was an indispensable factor in this case, where the maximum admissible error in most of the pieces was only 1.5 mm.

zusammenfassung

Olympisches Velodrom - Montreal Canada

Roger Taillibert, Architekt

Dieses Stadium ist eines der interessantesten dar in der letzten Zeit gebaut worden ist und es besitzt die folgenden Kennzeichen: völlige Anpassung an die übrigen olympischen Anlagen; Ausbaumöglichkeiten; keine Stützen; völlige Durchlässigkeit für das Tageslicht; perfekte Underchlässigkeit in Betracht des strengen Klimas von Montreal.

Unter Erwägung dieser Faktoren, besteht das Gebäude aus zwei Teilen:

- Das eigentliche, mit Rasen versehenem Velodrom; die 285,70 m langen und 7,50 m breiten Rennbahnen, die ein Gefälle zwischen 18° und 48° im Vergleich zur Horizontallinie haben; Zuschauertribüne; zusätzliche Lokale; Umkleezimmer, usw.
- Das regelmässig sphärische Dach, dessen Grundriss 3 Segmente darstellt: eine Stütze an der Nordostseite bis schliesslich 3 Stützen an der Südwestseite. Die selbsttragende, 172 m lange Kuppel hat eine Maximalhöhe von 32 m. Die Gesamtfläche ist 15.000 m².

Die mittelst Rechenmaschinen berechnete Arbeit wurde mit Betonfertigteilen ausgeführt, um die Betonqualität besser kontrollieren zu können und um eine grössere Genauigkeit der Fertigteile zu erlangen, welches in diesem Falle durchaus unumgänglich ist, da der grösste zulässige Fehler in den meisten Teilen nur 1,5 mm ist.