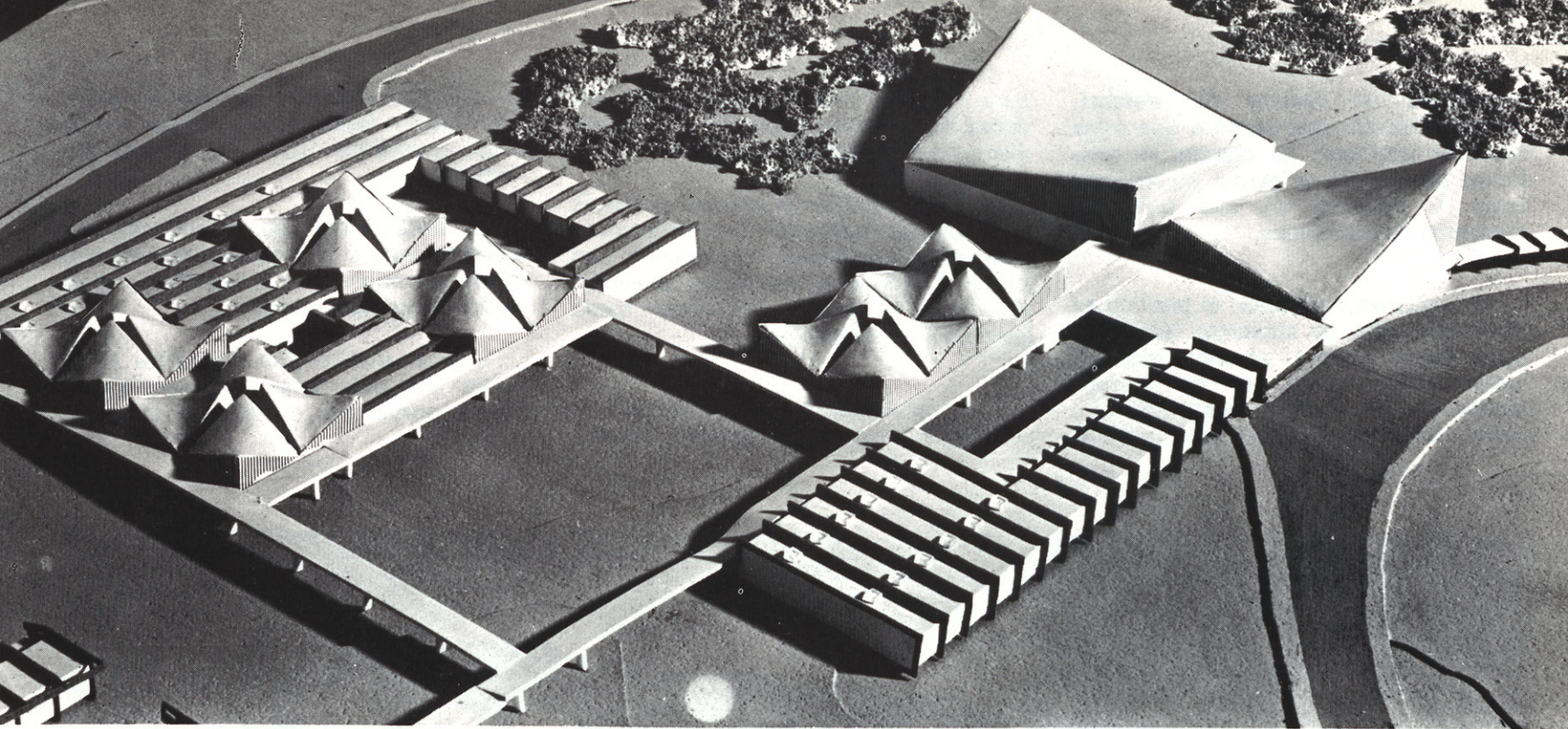




Maqueta del Concurso de anteproyecto para la Universidad Laboral de Madrid. Zona noble y representativa.

EXPERIENCIAS ADQUIRIDAS A TRAVÉS DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO, DIRECCIÓN DE OBRA Y CONSTRUCCIÓN DE CUBIERTAS LAMINARES

* Experiencias adquiridas a través del proyecto arquitectónico, dirección de obra y construcción de cubiertas laminares.

* Club de Tenis Chamartín

* Núcleo residencial: Sevilla y Jerez de la Frontera.

* Vivienda unifamiliar en Sotogrande del Guadiarón (Cádiz).

por José Ramón AZPIAZU ORDOÑEZ

de diferentes materiales —piedra, madera, hierro, hormigón armado, hormigón pretensado, cables, etc. etc.— como al descubrimiento de elementos constructivos como dintel, arco, bóveda, entramado espacial, cúpula geodésica, lámina colgada, etc., ha ido encaminada siempre a conseguir cubrir espacios con luces libres cada vez mayores.

Estamos en este momento en plena era del hormigón armado y pretensado y entramados espaciales metálicos y comienza la futura era del plástico, material éste que, por su ligereza y transparencia, posee unas cualidades excelentes como material de cubierta, no obstante le falte todavía resistencia a compresión y longevidad.

En este artículo voy a analizar una serie de experiencias que he adquirido a través del proyecto arquitectónico, dirección de obra y construcción de una serie de cubiertas laminares.

Siempre me han apasionado las cubiertas laminares.

Quizás sea, porque en España tuvieron, si no su origen, sí, su desarrollo inicial, y posteriormente españoles han sido los que las han divulgado y construido en Hispanoamérica.

El material que hasta ahora se ha empleado en su construcción es el hormigón armado. Llevamos unos 37 años de experiencias y ahora empieza a decaer su desarrollo por el coste excesivo del encofrado y por no haber

El principal problema técnico que se le presenta a la Arquitectura, al limitar los espacios habitables, es la ejecución de la cubierta de estos espacios.

Las dificultades aumentan en función de la luz libre. Si examinamos la evolución que a través de la Historia ha tenido la construcción arquitectónica, tanto en cuanto al empleo sucesivo

encontrado un sistema de prefabricación adecuado que permita que estas cubiertas laminares no pierdan su condición de cáscara al perder su monolitismo y dividirse en una serie de elementos prefabricados.

Se comienza a emplear el plástico en la construcción de cubiertas laminares, pero tiene todavía algunos inconvenientes tales como, el no admitir fácilmente esfuerzos de compresión y poseer corta vida. Quizás este material

para lo que más esté indicado, sea como elemento de cubrición y no como elemento resistente de cubierta.

El acero también se emplea en forma de cable en cubiertas laminares como elementos resistentes, combinando con plástico (cloruro de polivinilo, poliéster, etc. etc. o chapas metálicas como materiales de cubrición).

Las cubiertas laminares, ya sean de hormigón armado, pretensado, plástico

o colgadas interesa que tengan doble curvatura o alabeo, pues tienen mucha más resistencia que las de simple curvatura.

La elección del tipo de cubierta está condicionada a la forma del recinto que queremos cubrir y a la luz libre o vano entre apoyos del mismo.

Voy a analizar los diferentes tipos sobre los que tengo experiencia por haber proyectado o dirigido su construcción.



CUBIERTAS LAMINARES DE HORMIGON ARMADO

Cada tipo de lámina tiene sus limitaciones de luz libre dentro de un costo adecuado y lógico. No se deben forzar demasiado las dimensiones de los vanos libres; es mejor elegir el tipo de lámina adecuada para cada vano.

Como hormigón pretensado se pueden aumentar mucho las luces; sin embargo el hormigón pretensado lo considero más adecuado para elementos prefabricados que se disponen yuxtapuestos y actúan por separado.

LAMINAS PLEGADAS

Son las más sencillas de encofrado, las de mejores condiciones acústicas, siempre que se proyecten racionalmente, y las más indicadas para emplear en voladizos, ya que se las calcula para soportar esfuerzos de flexión y, por tanto, no suelen fisurarse. Conviene que no sean desarrollables y que tengan inercia variable, comportándose éstas muy bien ante los efectos sísmicos y de viento.

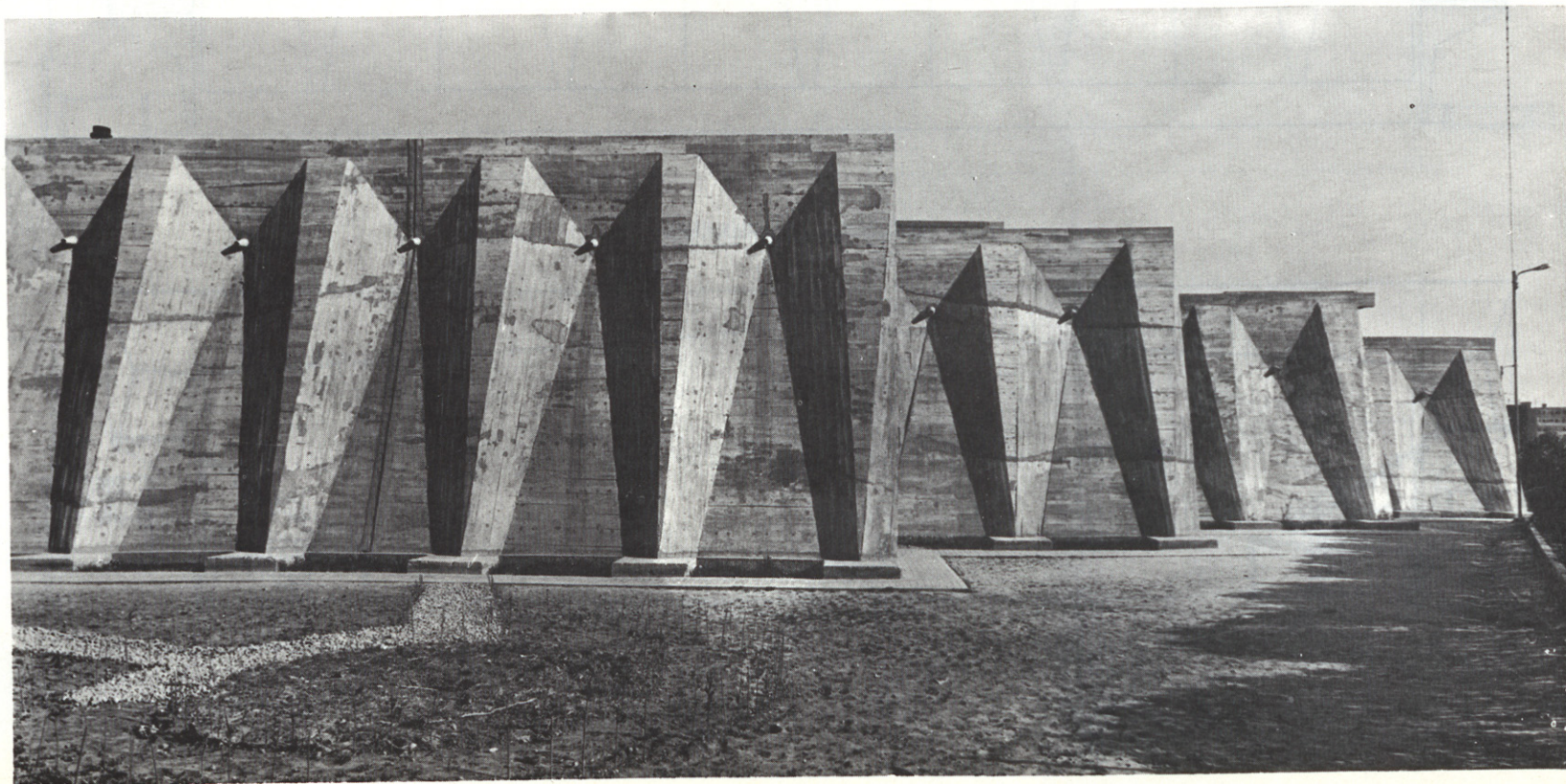
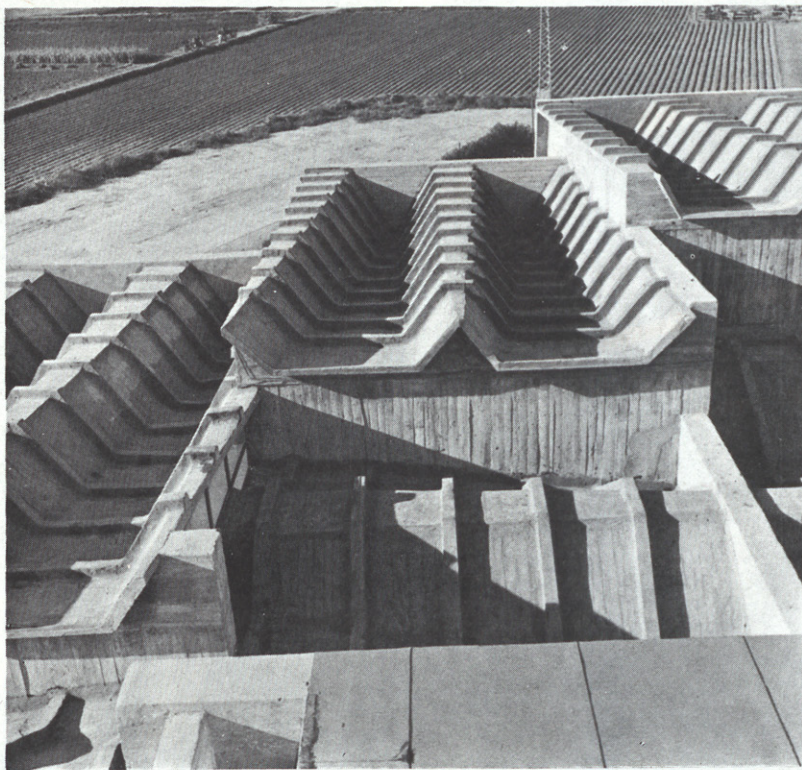
Otra ventaja que tienen es que se ajustan con gran facilidad al recinto ideal a cubrir, sin necesidad de perder grandes espacios por no necesitar ni grandes curvaturas, ni inclinaciones especiales. Como inconvenientes señalaremos la cantidad de hierro por m^2 (de 20 a 30 Kg/m^2) y su peso propio, que resulta ser considerable. El espesor de la lámina debe ser variable entre 6 y 12 cm. El efecto estético es de gran fuerza expresiva.

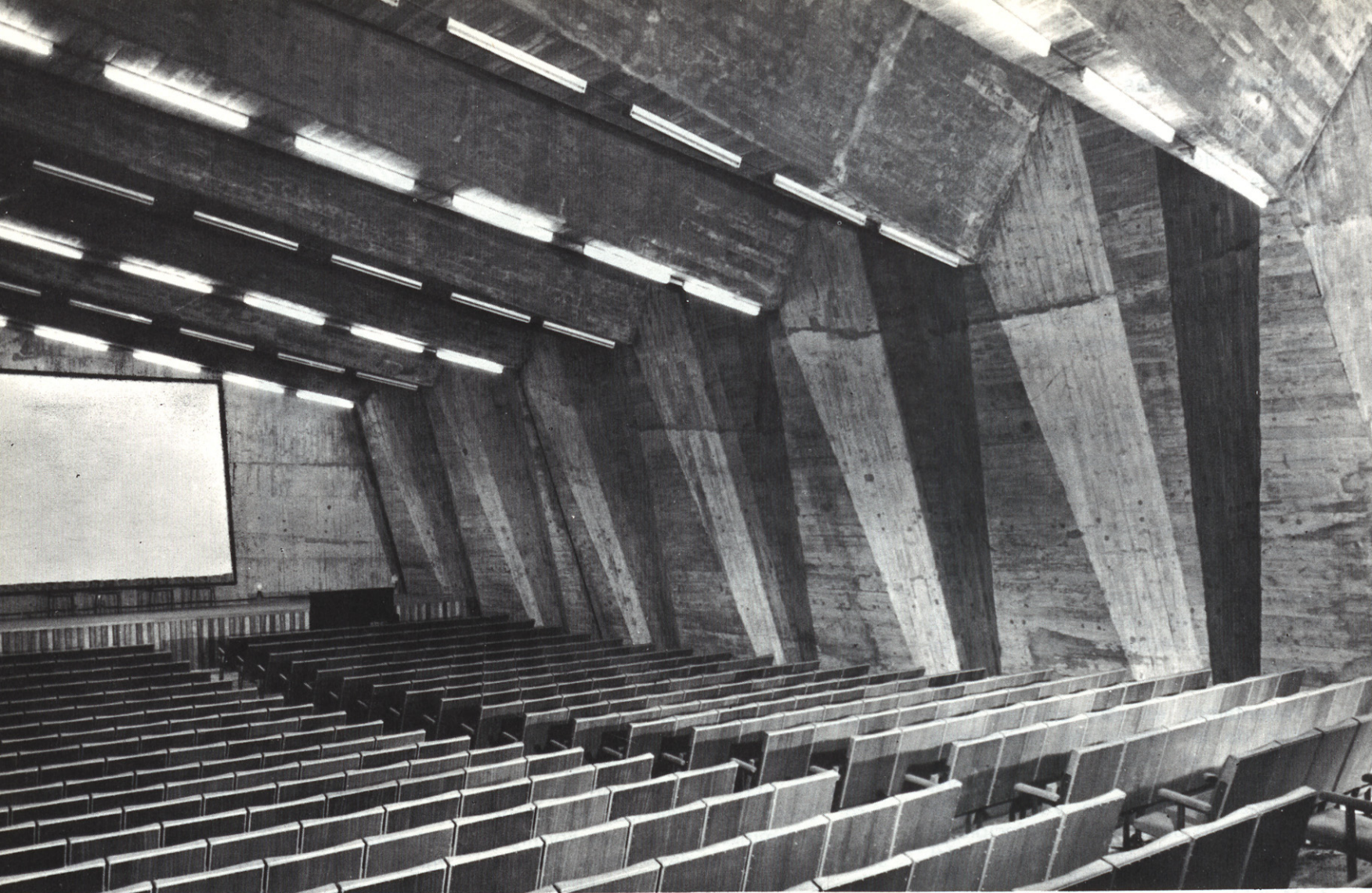
Presentamos en este artículo fotografías de la tribuna del Canódromo Madrileño, el Salón de Actos y Gimnasio del Instituto de Segunda Enseñanza "Sorolla" de Valencia y el Anteproyecto de lo que en principio se pensó que iba a ser el "Palacio del Tenis" en el Club de Tenis Chamartín de Madrid.

La Tribuna del Canódromo Madrileño, es una estructura en lámina plegada, de hormigón armado, no desarrollable y de inercia variable. Voladizo de 18 m. de longitud sobre pórticos situados a 8 m. de distancia. El tirante

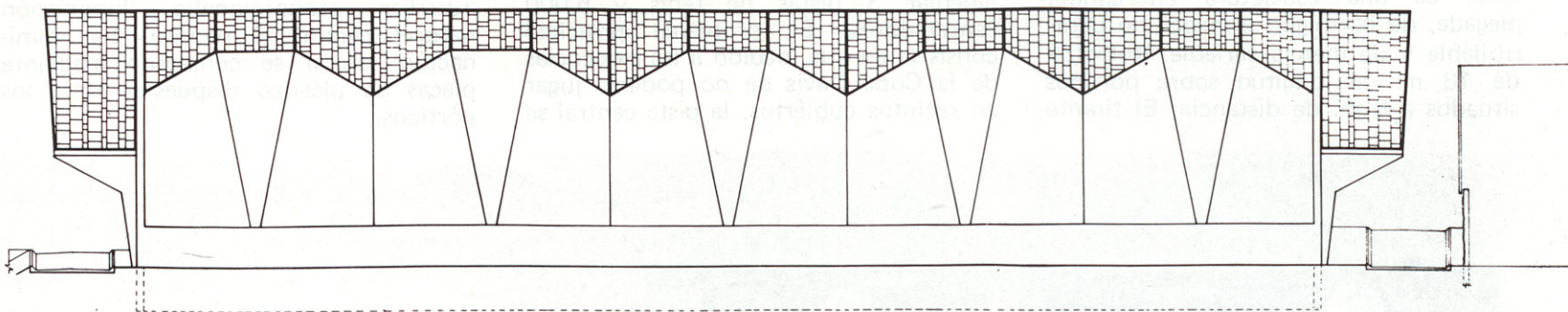
posterior en forma de V contrarresta el peso del voladizo que bascula apoyado en la articulación del pilar central. El Salón de Actos y Gimnasio del Instituto "Sorolla" de Valencia, son estructuras de láminas plegadas, de hormigón armado, en forma de pórticos transversales que siguen la luz menor del recinto. El "Palacio del Tenis" en el Club de Tenis Chamartín, comprendía un recinto de 59 m. por 58,40 capaz de albergar 3 pistas de tenis y 6.000 espectadores. El problema principal consistía en que, debido a las exigencias de la Copa Davis de no poderse jugar en recintos cubiertos, la pista central se

tenía que poder descubrir a capricho. Este requisito nos hizo eliminar el sistema de láminas colgadas que para estas dimensiones de luces libres son las más indicadas, y optamos por la solución de lámina plegada, de hormigón armado pretensado, dejando libre la pista central sobre la que circularía un puente-grúa que desplazaba una cubierta auxiliar de plástico translúcido sobre estructura metálica. Esta cubierta auxiliar proporcionaba iluminación natural cenital al recinto. La iluminación lateral se conseguía mediante placas de plástico dispuestas entre los pórticos.

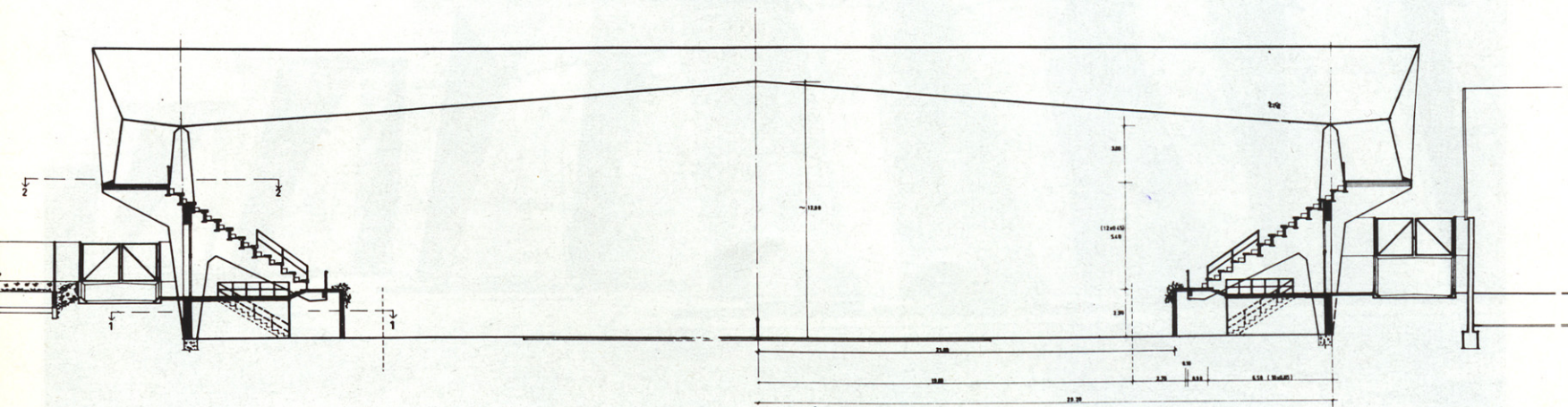




ALZADO LATERAL



SECCION TRANSVERSAL



PARABOLOIDES HIPERBOLICOS

El paraboloide hiperbólico quizá sea el tipo de lámina alabeada, de generatrices rectas que mejor se comporta como cáscara propiamente dicha. Si se le da una curvatura adecuada, el hormigón trabaja exclusivamente a compresión; esto permite disminuir el consumo de hierro (de 10 a 12 Kg. por m^2).

Como principales ventajas señalaremos la gran facilidad de construir el encofrado por poderse emplear tablas rectas en sentido de las generatrices, y su escaso peso propio, debido a que se puede alcanzar espesores de 4 cm.

Su empleo más racional es en forma de paraguas, descansando los 4 paraboloides sobre un pilar central que sirve, además de elemento de sostén, de desagüe de las aguas pluviales.

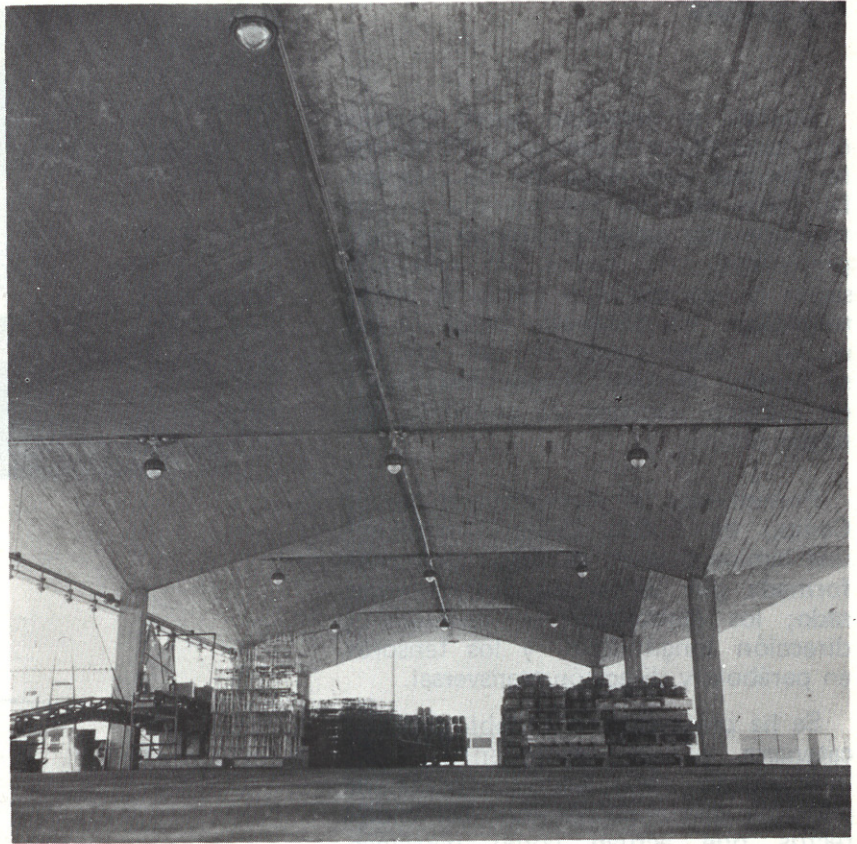
Como luces límites señalaremos 18 a 20 m. entre pilares o estribos.

Entre los inconvenientes citaremos sus malas condiciones acústicas y su fácil fisuración, provocada, ya bien por la retracción del fraguado del hormigón al tener muy poco espesor, o por haberle dado la suficiente curvatura para que el hormigón trabaje a compresión y no estar calculado para soportar esfuerzos de flexión que, en la práctica, es lo que generalmente ocurre. Su expresión plástica es de gran finura y espectacularidad.

Presentamos en este artículo fotografías de la nave de llenado Butsir en la Carretera de San Martín de la Vega (Madrid), la Iglesia de Nuestra Señora de Guadalupe en Madrid y la maqueta del Concurso para la Universidad Laboral de Madrid.

La primera es una estructura formada por paraguas de paraboloides hiperbólicos regulares de 10 m. de luz entre pilares.

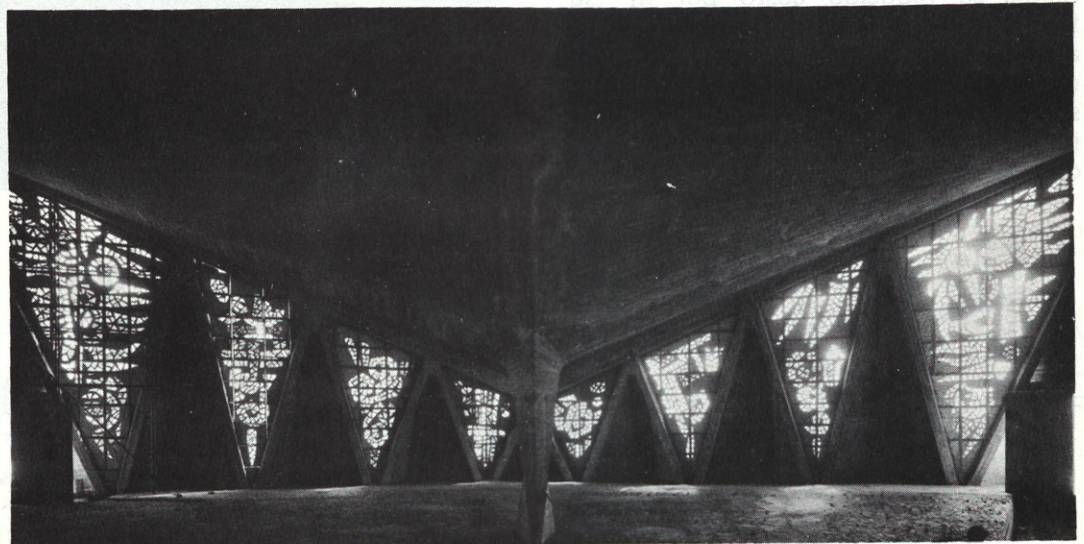
El Santuario de Nuestra Señora de Guadalupe es una estructura de hormigón armado que cubre un recinto octogonal, mediante 8 paraboloides hiperbólicos sustentados por 4 pilares inscritos en un círculo de 29 m. de diámetro y un muro de cerramiento que, a la vez, sirve de estribo y tiene forma de lámina plegada con vidrieras artísticas de vidrio grueso y nervios de hormigón armado.



Los 4 paraboloides centrales alcanzan en su extremo superior la altura de 25 m. y se encuentran enlazados por una estructura metálica que sostiene unas vidrieras artísticas, de hormigón armado y vidrio grueso, formando una linterna central por donde recibe luz cenital el recinto. Lateralmente recibe luz mediante las vidrieras intercaladas en los

muros de cerramiento.

En el anteproyecto de la Universidad laboral de Madrid presentamos una estructura, de hormigón armado, en la que se combinan toda clase de paraboloides hiperbólicos para cubrir los recintos de la zona noble y representativa de la misma.



COLGADAS

Cuando se necesitan cubrir espacios con luces libres superiores a 40 metros, las láminas adecuadas son las colgadas. De todas ellas las más sencillas son las formadas por cables resistentes de acero pretensado, en forma de catenaria, según la luz mayor, y cables de arriostamiento, en parábola, según la luz menor. Como material de cubierta se pueden emplear chapas metálicas o de plástico (cloruro de polivinilo, poliéster etc.)

Presentamos el Anteproyecto de un Campo de Fútbol cubierto mediante una lámina colgada de doble curvatura, formada por cables de acero pretensado; los resistentes, en catenaria y dirección longitudinal, y los tensores, en parábola y dirección transversal.

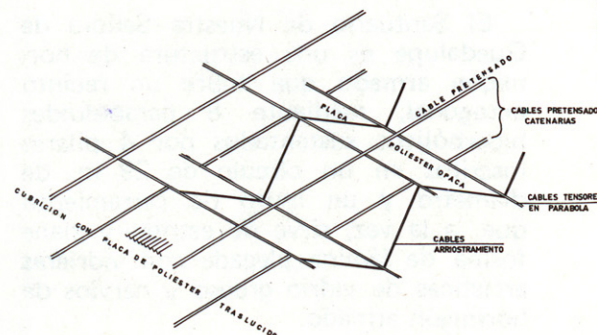
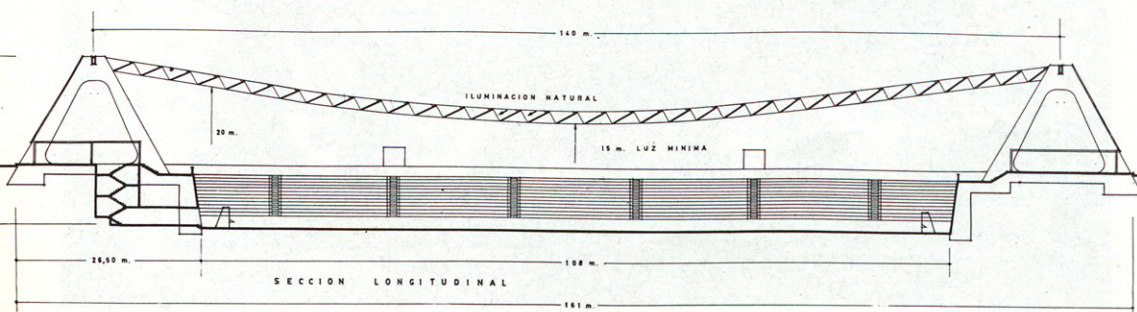
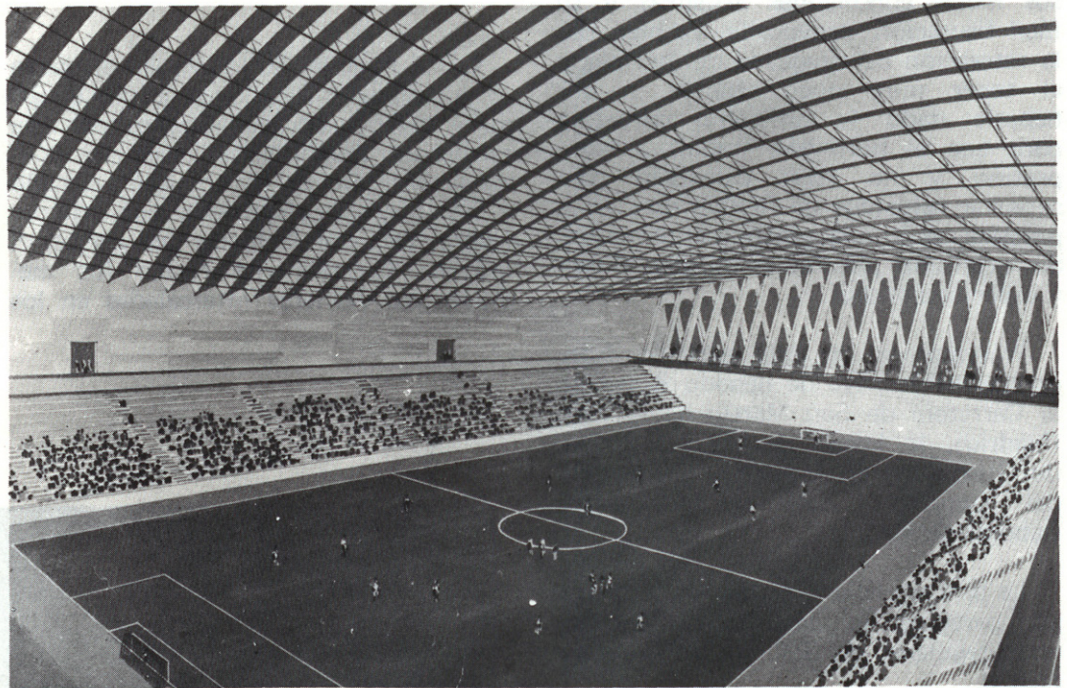
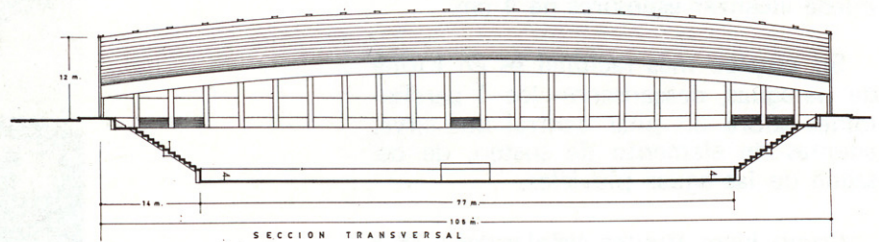
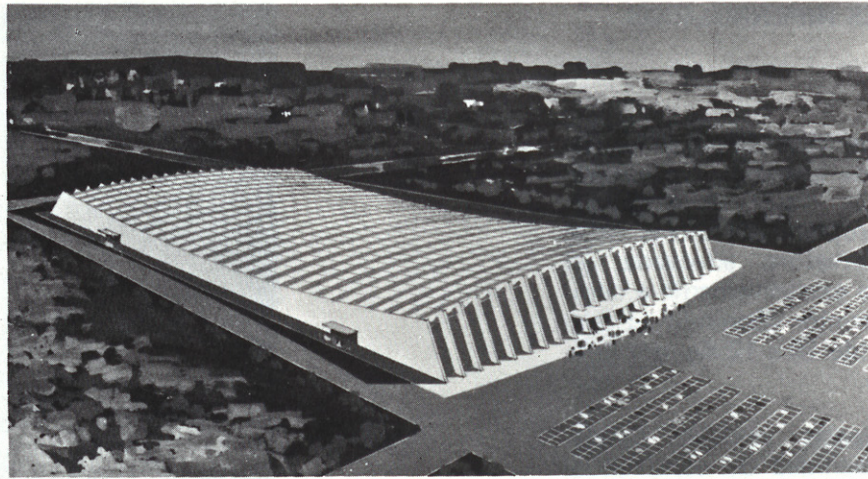
Se ha proyectado con doble cable en catenaria, y doble cable, en parábola, intercalando, entre ambos, planchas de plásticos opaco arriostradas por cables rectos que actúan como persianas, obteniéndose con ello una buena iluminación natural, de tipo cenital, no molestando para nada el sol al recibir exclusivamente luz Norte.

Como material de cubrición se emplean planchas de poliéster transparente.

Las posibilidades constructivas de este sistema son variadísimas, dado que permite adoptar en planta infinidad de formas y soluciones.

Los vanos a cubrir pueden ser de grandes dimensiones, señalando como límite recomendable 200 metros.

Como ventaja más importante señalaremos su reducido costo por m^2 su fácil construcción y, sobre todo, que se adaptan con gran facilidad a los recintos rectangulares que generalmente son los más apropiados para naves industriales, recintos deportivos, salas de exposiciones, etc. etc.



DETALLE DE ESTRUCTURA DE CUBIERTA