

estructura de «torres blancas»

Madrid - España

Arquitecto:
F. SAENZ DE OIZA

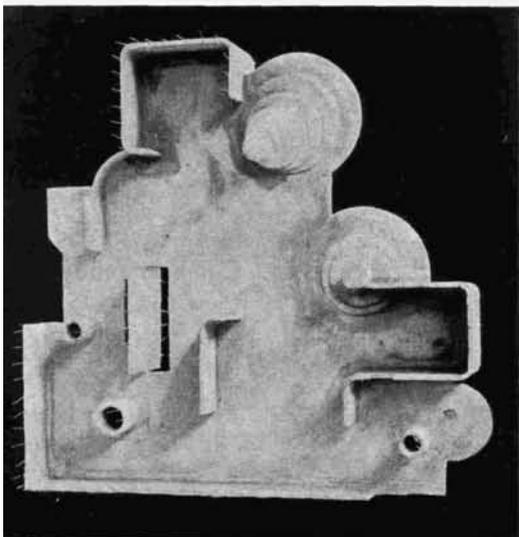
Ingenieros:
C. FERNANDEZ CASADO
J. MANTEROLA ARMISEN

831-33

sinopsis

En el artículo se describen los problemas estructurales de un edificio de viviendas, en general, analizando las condiciones de trabajo y el proceso de cálculo de esta estructura singular, para lo que se estudia separadamente la organización vertical y la horizontal. La primera está constituida por 46 pantallas resistentes —de formas diversas y espesores entre 15 y 20 cm— con plegamientos en los bordes, gracias a los cuales se logra, entre otras ventajas, reducir las tracciones horizontales y aumentar el coeficiente de seguridad al pandeo. La organización horizontal adoptada ha sido la de losas de espesores constantes —de 20 cm, con refuerzos de capiteles en las grandes zonas de terrazas— que valoran por igual cualquier dirección de flexión.

Se detallan, por separado, las estructuras fundamental, del núcleo social superior, y de la zona inferior, donde existen cuatro partes importantes: muros, aparcamiento, pérgola y cimentación.



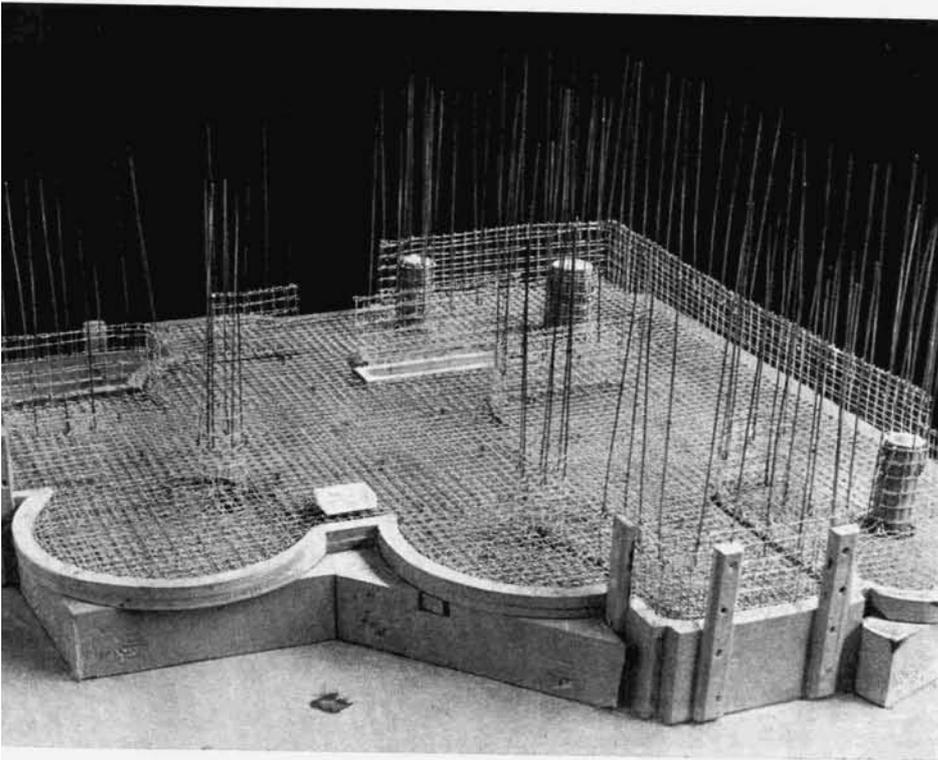
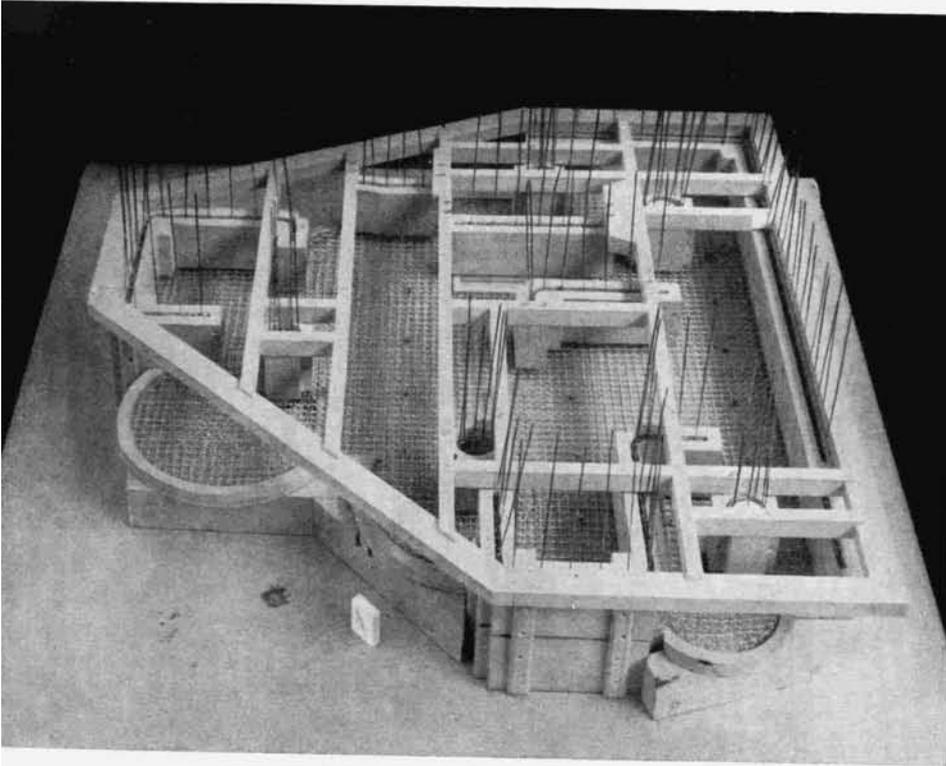
Maqueta - 1/4 planta total.



Análisis estructural de un edificio

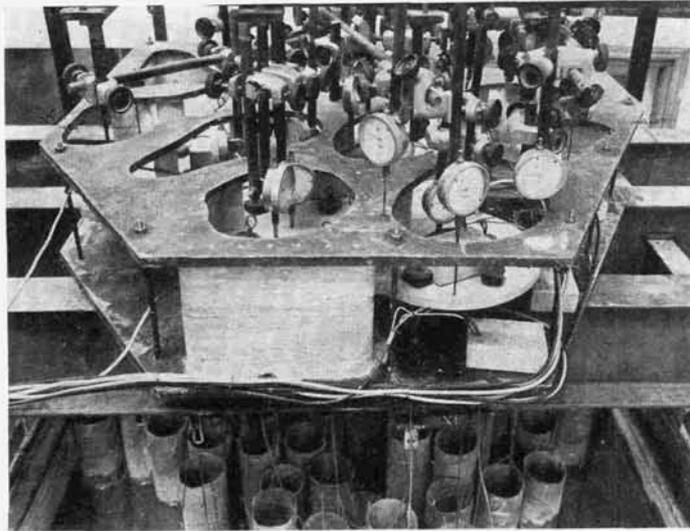
El tópico de la *escala humana* en arquitectura es una de las reminiscencias del viejo sofisma de Protágoras: *el hombre es la medida de todas las cosas*. No hay más que aplicarlo al caso de los templos, o al de las torres, para desecharlo inmediatamente. Pero la relación entre el hombre y los resultados de su actividad arquitectónica es mucho más profunda y hay que buscarla en estratos más básicos que los de la simple geometría. Existe una clara *relación de homogeneidad* y hay que ir a lo propiamente antropológico para encontrarla. Considerando al hombre desde la Antropología de nuestro filósofo Xavier Zubiri, organizado en una integración sistemática y ascendente en tres niveles: de *estructuras*, *funciones* y *acciones*, podemos proyectar esta misma organización en la materialización de los artefactos arquitectónicos tan necesarios y útiles para la realización de nuestra vida.

Mirando lo arquitectónico desde este punto de vista encontramos, en primer lugar, que una interpretación funcional es insuficiente al quedarse en el nivel intermedio. No permite establecer una diferenciación categórica entre un templo y una fábrica, ya que las *funciones* que hay que cumplir son casi las mismas en uno y otro caso. Es preciso remontar hasta las *acciones* para dejar en claro la diferencia entre ponerse en relación con la divinidad o producir objetos industriales, aunque en ambos casos haya que acotar un espacio defendido de la intemperie, donde un cierto número de personas puedan permanecer, en determinadas condiciones de iluminación, aireación, temperatura, etc., circular con arreglo a un programa más o menos amplio, etc., etc.



Maqueta de disposición de la armadura.

Las *funciones* se concretan en cada edificación en *estructuras* materiales, de las cuales es primordial, pero no única, la resistente, aunque en el decir normal aparezca como la estructura por antonomasia. En realidad, lo resistente afecta a todas las estructuras, ya que el construir lleva implícito la permanencia de lo que se construye, y resistir es subsistir, durar, continuar siendo. Por consiguiente, más que una es-

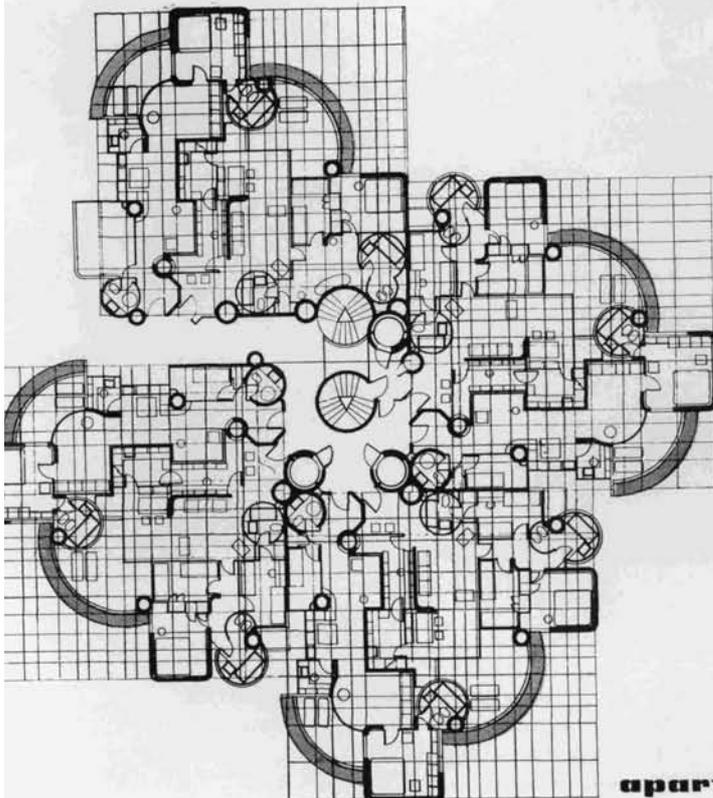


Ensayo en modelo reducido.

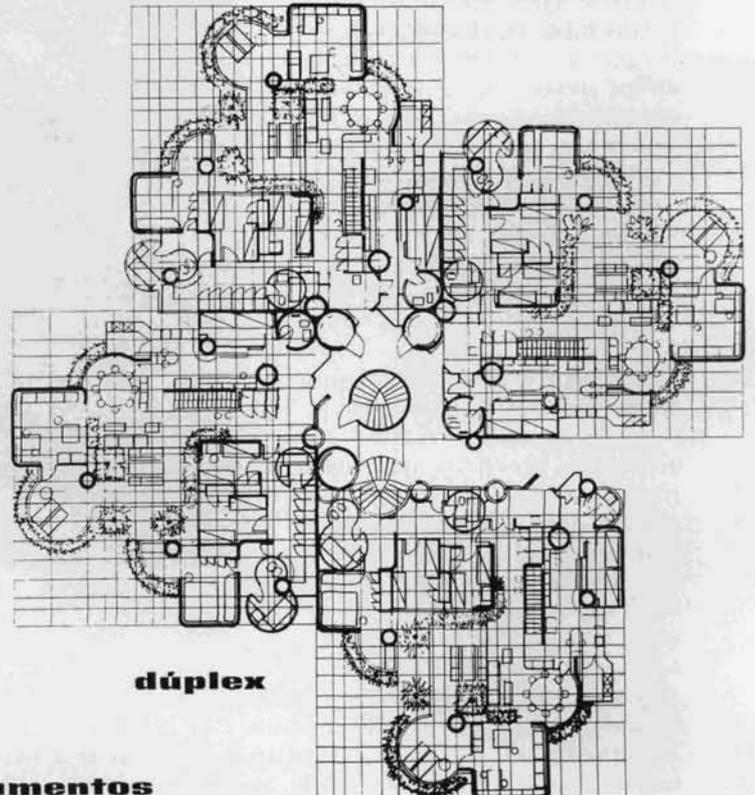
estructura especial tenemos para la función resistente un *primordium* que afecta a todas ellas. Así, las funciones de aislamiento del exterior, compartimentación interna, circulación, iluminación, aireación, etc., se concretan en determinadas estructuras resistentes de por sí, que unas veces aseguran la consistencia duradera del conjunto, pero otras no, siendo entonces preciso adicionar una estructura específicamente resistente para asegurar dicha función que es *sine qua non*.

lidad del edificio, lo cual, remontando el análisis anterior, consiste para el arquitecto en crear un conjunto de *espacios habitables*, cuya ordenación será tanto más compleja y difícil cuanto más alta sea la categoría de dichas acciones. Uno de los casos de máximo interés corresponde al edificio de viviendas, donde ha de desarrollarse la vida de hogar, que puede llegar a grados muy diversos de complicación y refinamiento.

plantas tipo



apartamentos



dúplex

2 La estructura resistente de un edificio de viviendas

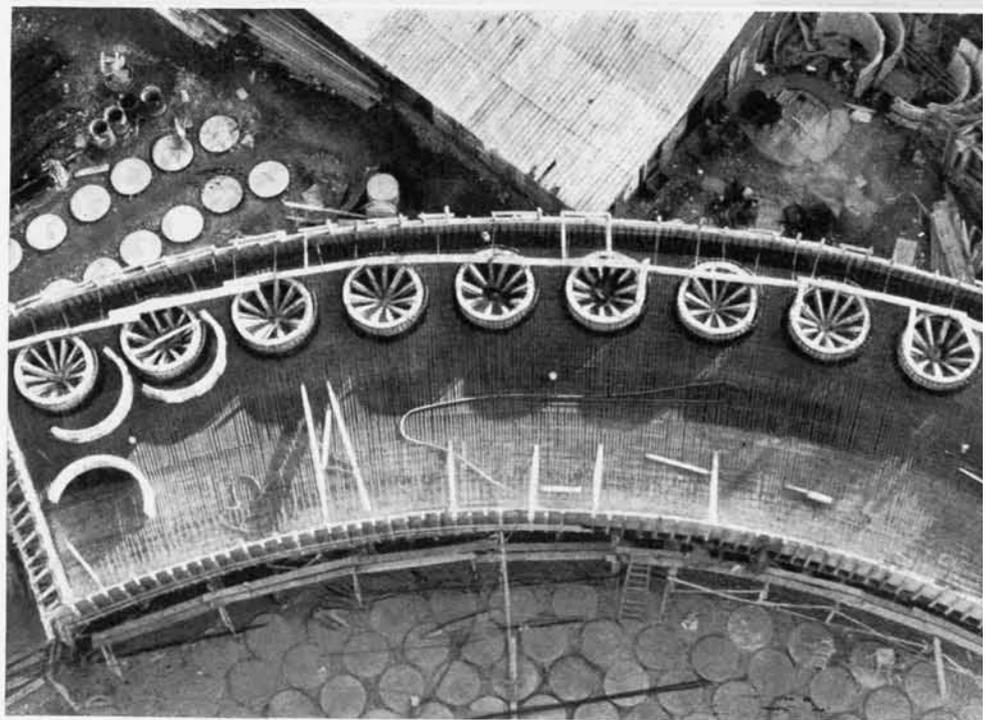
En las edificaciones tradicionales de sillería o ladrillo no existía estructura resistente específica, pues los muros de fachada y los de compartimentación interna soportaban directamente los forjados de los pisos, y la transmisión de cargas a cimientos se ordenaba sin estructura complementaria. Al aplicarse el acero de un modo intensivo en la construcción de edificios, surgió la estructura de esqueleto, que ya se manifestaba en las fábricas entramadas con madera, y este esqueleto se hizo total con la introducción del hormigón armado. Esto llevó, en los años veinte, a proclamar, como gran triunfo de la arquitectura moderna, el hecho de la desintegración de la corporeidad del edificio en un esqueleto resistente y un relleno complementario pasivo. Lo cual, en una época de sinceridad arquitectónica, no fue consecuente con el emparedamiento de este esqueleto entre una máscara de fachada y otro revestimiento no menos falso, en el interior. Nuestra guerra civil, con los impactos de los «obuses» en la desdichada Gran Vía madrileña, puso en evidencia esta falsedad de los espacios muertos en el interior de los edificios. Actualmente las falsedades perduran en los muros-cortina y en los paneles de revestimiento de las estructuras metálicas.

Aparte de este problema de pura teoría arquitectónica, la estructura de esqueleto planteó sus problemas prácticos, que tuvieron cierta importancia hasta hace unos años, como el relativo a la distribución de pilares, problemas que han desaparecido actualmente dada la mejora de las características resistentes del acero, el hormigón y la cerámica.

Hoy día para las edificaciones normales es tan correcto disponer los pilares en ordenación geométrica, lo que va muy bien cuando la planta está previamente modulada, como el sembrarlos «a voleo», donde la distribución interna lo permite, cuando obliga la articulación de los espacios habitables. Las vigas, elementos más rebeldes a la ocultación, pueden eliminarse utilizando las soluciones de forjados planos.



Construcción.

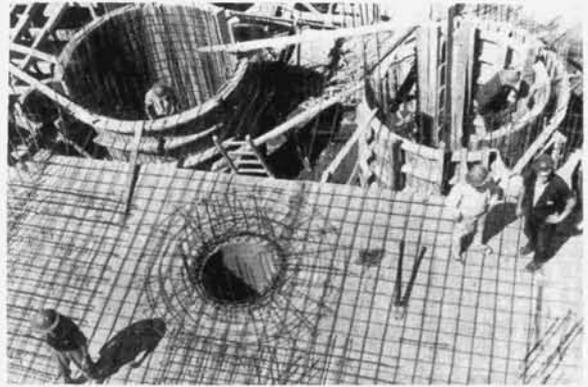


Pérgola.

3

Los problemas estructurales de una torre de viviendas

Mirada una torre de viviendas desde el lado de las viviendas, su especialidad consiste en la superposición de éstas en mayor número que en los edificios normales, lo cual obliga, en lo que se refiere a problemas estructurales, a una reducción de peso en los elementos horizontales, es decir, en los forjados, y a un aumento de resistencia en los elementos verticales y especialmente en los de zonas inferiores. Así, en el edificio de mayor altura actualmente construido: Lake Point Tower de Chicago (70 plantas, 197 metros de



Armadura ascensores y escalera.



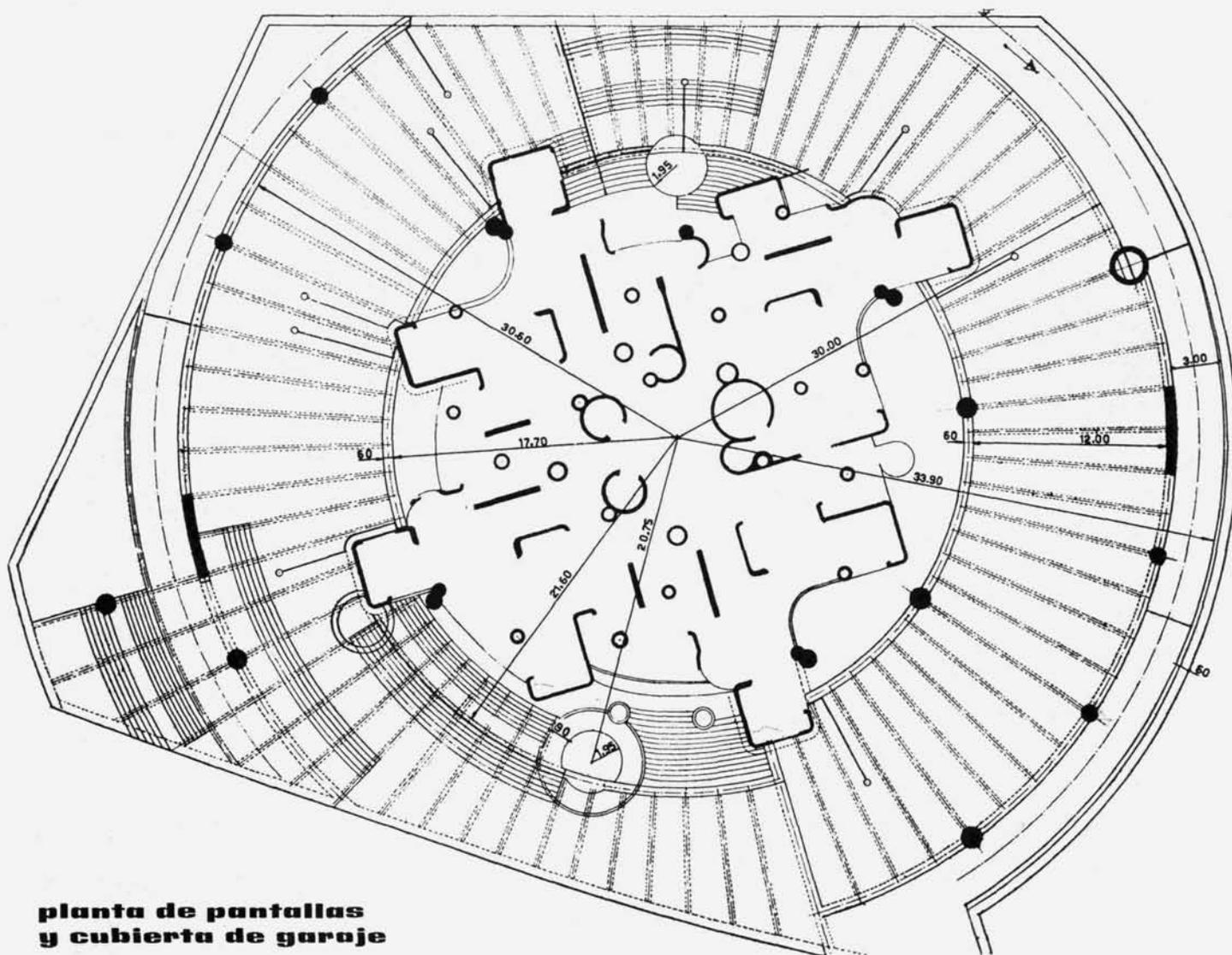
Construcción Centro social.

altura) se ha utilizado hormigón estructural ligero en los forjados (1.600 kg/m^3) y hormigón de elevada resistencia en los pilares (525 kp/cm^2).

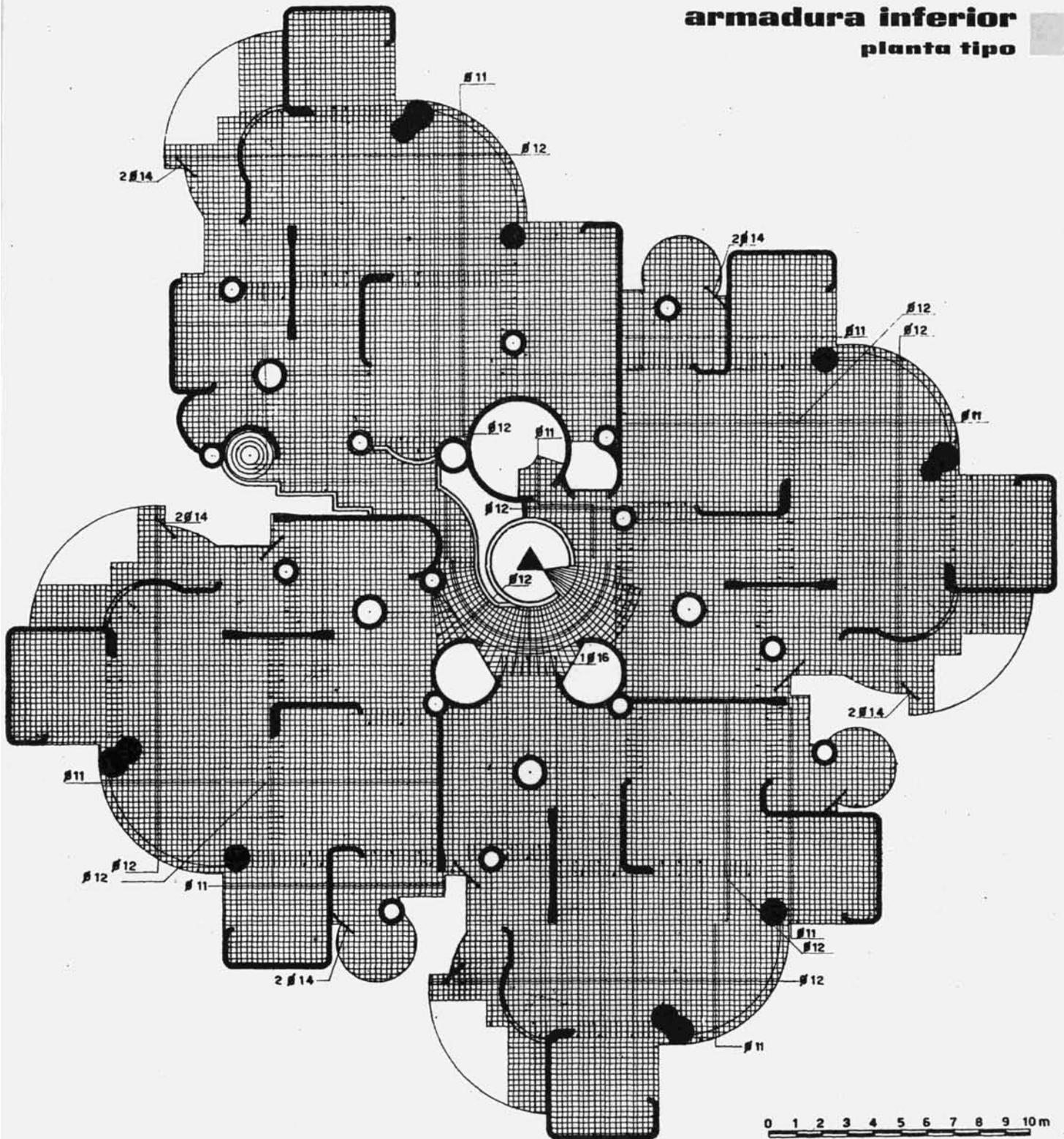
Pero también debe mirarse la torre de viviendas desde su otra vertiente: ser torre y no olvidar lo que esto ha significado en la historia de la construcción. Siempre ha habido una huida de la tierra desde la bíblica torre de Babel que pretendía escalar el cielo, a las torres del XVII que van elevando penosamente cuerpos en volúmenes decrecientes hasta clavar sus veletas en la tercera dimensión. También les correspondió de origen el papel de orientar aunque no tuvieran el papel específico de faros, misión que va unida a la de ostentación prestando su fisonomía para caracterizar la ciudad. Pero la verdadera afirmación de la torre es la de verticalidad, que es atalaya en el paisaje y dominio de los circunvecinos, pero, sobre todo, afianzamiento del primer éxito arquitectónico: el dolmen.

Madrid, que ha sido siempre ciudad de torres, ha tenido mala suerte en las realizaciones modernas. El primer rascacielos, la Telefónica, se coronó de merengue barroco para hacerse madrileña; a la Torre de Madrid le han quebrado despiadadamente las aristas verticales, y se han prodigado los chapiteles setecentistas, hasta en el Ministerio del Aire, que significa precisamente el triunfo del hombre sobre la tercera dimensión.

En la actualidad lo que promueve la creación de torres de viviendas es el aprovechamiento del solar, acumulando en una parte del mismo los pisos para poder disponer del resto en esparcimiento propio y defensa del exterior. Pero no llegará a ser torre sino edificio más alto de lo normal, si en su plasmación no toman cauce las aspiraciones que acabamos de indicar.



armadura inferior planta tipo

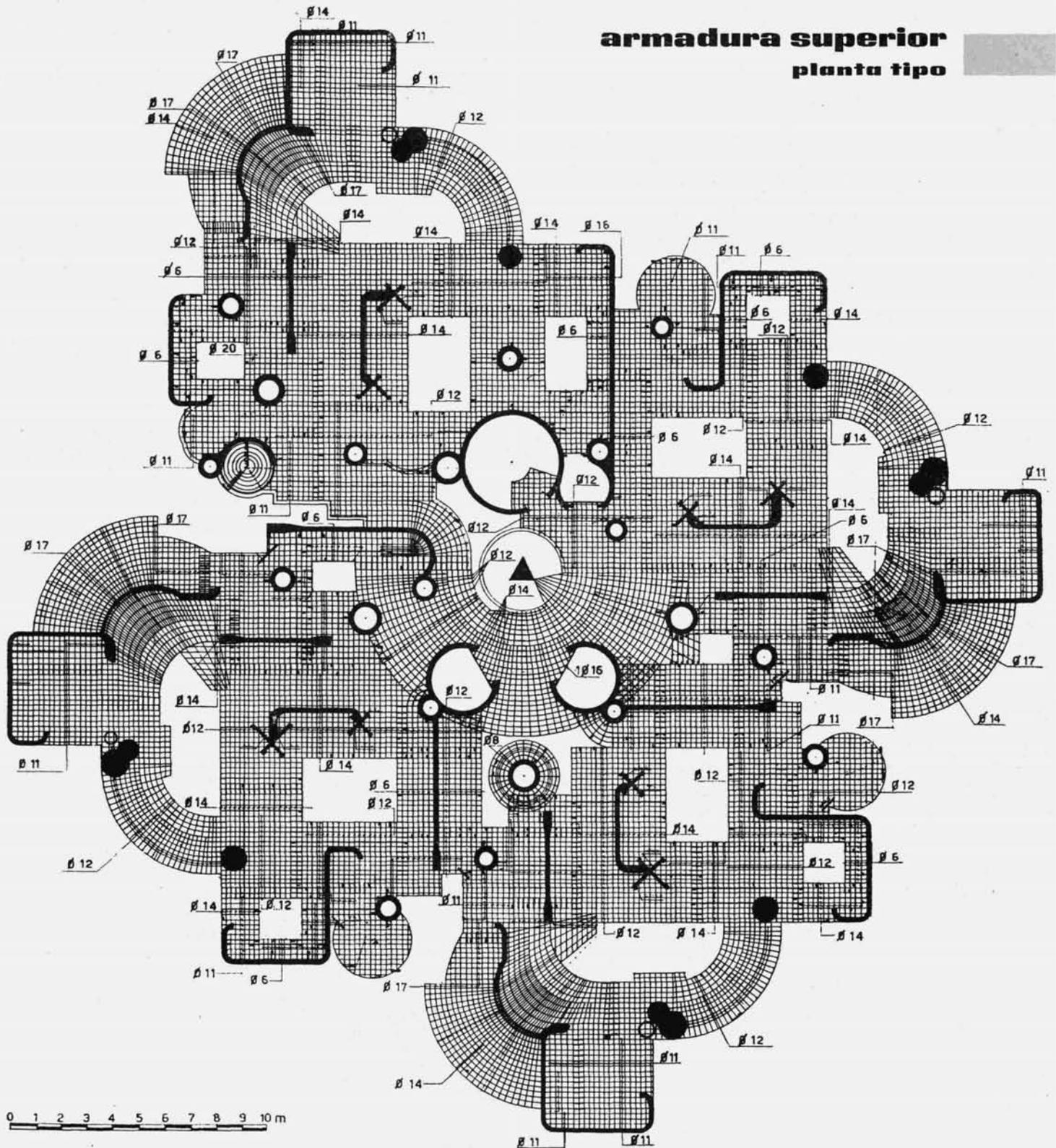


4

El problema estructural de Torres Blancas

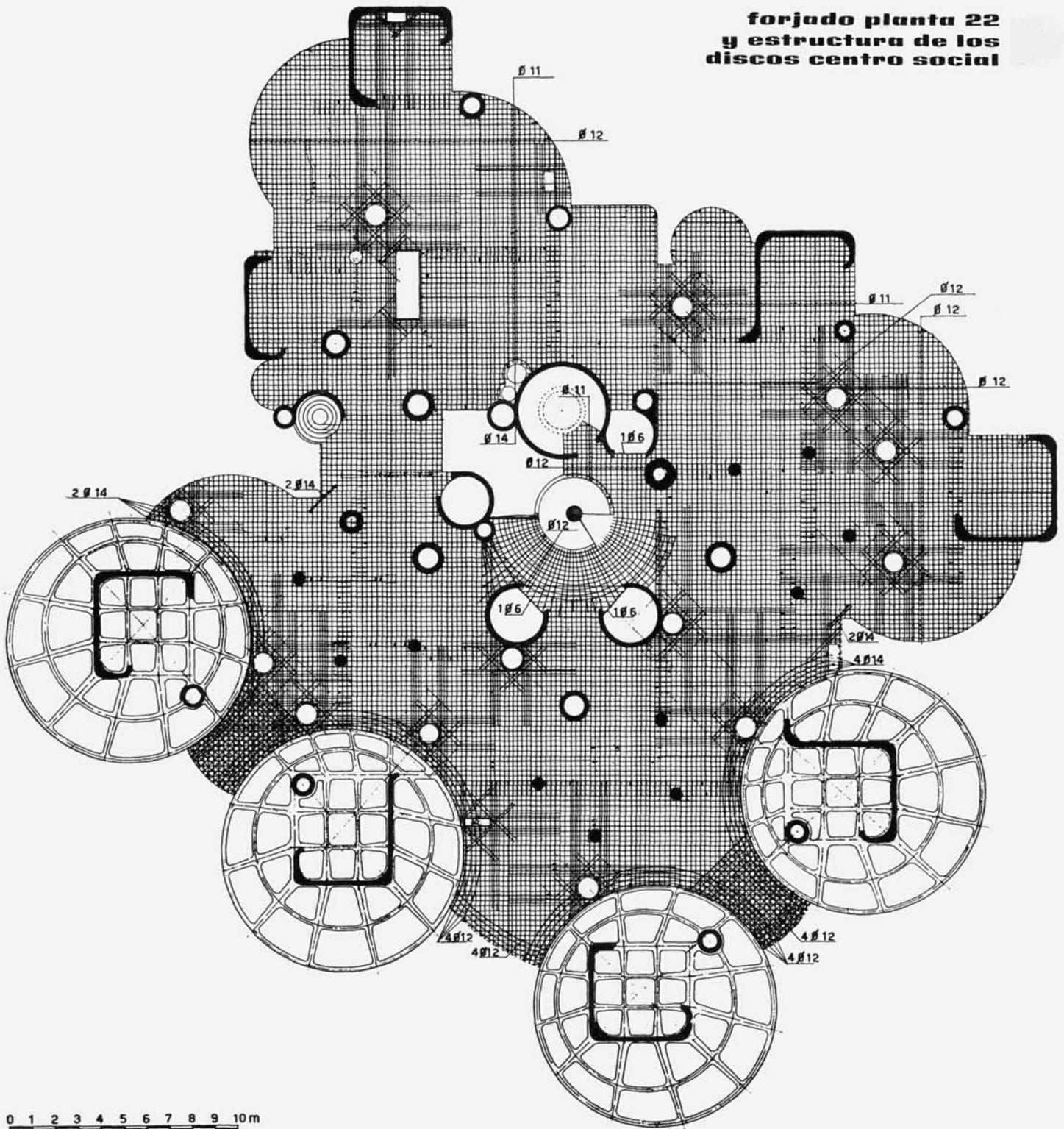
La torre de Sáenz de Oiza nace con vocación de torre desde su iniciación y no ha sido nunca la ampliación en vertical de un edificio de viviendas. Recoge todas las aspiraciones que acabamos de indicar: evasión, ostentación y afirmación de verticalidad; y en ella se han replanteado de modo original todos sus problemas, entre los cuales el de la estructura resistente. Ya desde su concreción geométrica en planta aparece la tensión entre el rectángulo y el círculo, que viene desde el despertar histórico en la actividad arquitectónica.

armadura superior planta tipo



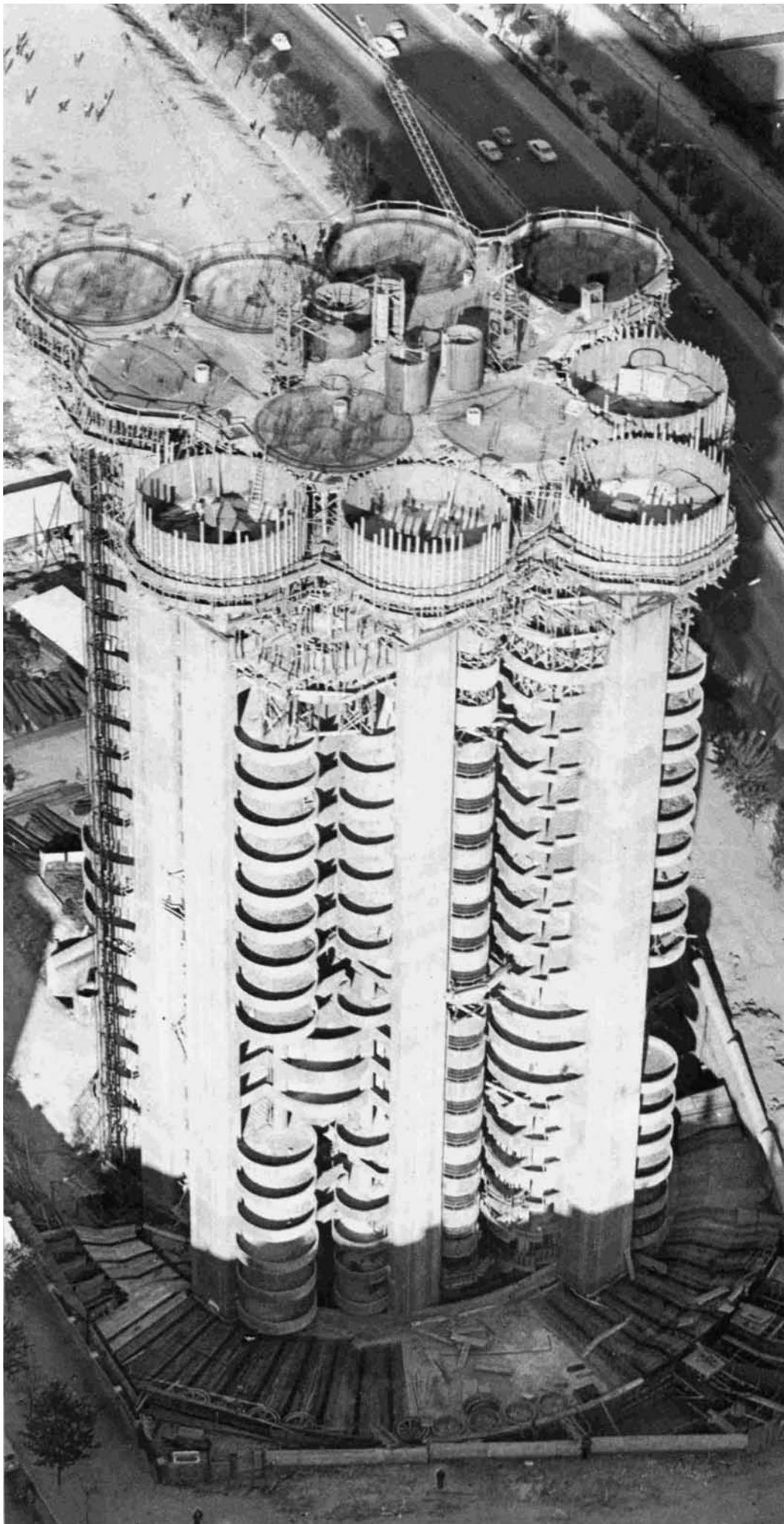
Queda la torre aislada y expuesta en coordenadas polares a todas las direcciones favorables y adversas de la rosa de los vientos, pero esta desorientación se reduce bastante al imponer los dos ejes cartesianos ortogonales correspondientes a la subdivisión de la planta en cuatro viviendas. Esto lleva a una cristalización en bloques rectangulares que en conjunto han de mezclarse en svástica, aunque subsistiendo la tendencia a ordenarse en direcciones radiales que le viene de su desnudez cilíndrica original. La combinación de ambas tendencias permite resolver la antinomia: cerrado-abierto primordial en todo planteamiento arquitectónico, pues la agrupación en sistema cúbico lleva a una delimitación en planos verticales perpendiculares que nos da lienzos de fachada rectangulares en toda la altura, mientras que la otra facilidad

**forjado planta 22
y estructura de los
discos centro social**



permite introducir cuñas radiales que al dislocar los volúmenes dan entrada a la luz, al aire y al sol allí donde sea menester.

En lo que se refiere a la estructura resistente, el planteamiento adoptado ha sido también radical, volviendo con hormigón armado, a lo original de dar corporeidad sin tener que rellenar un esqueleto. Su enunciado teórico fue: integración en estructura resistente única de las estructuras resultantes al materializar directamente las funciones del edificio. El intento resulta utópico, ya que de un lado no todas las funciones dan estructuras aptas para dicha integración, y de otro lado ya hemos visto que al integrarse todas pueden no resolver el problema resistente en todo el ámbito del edificio. Pero resulta claro que la oca-



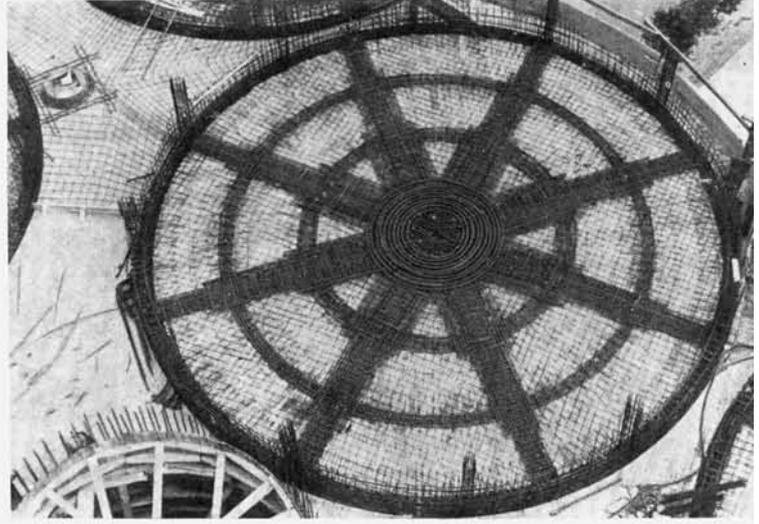
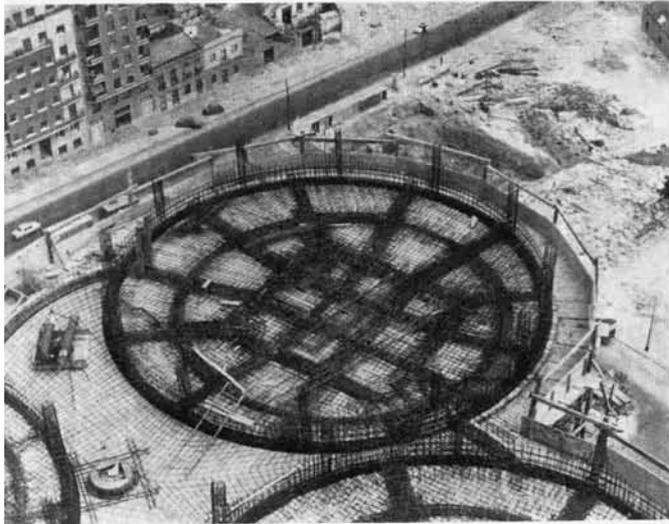
sión de una torre es donde las posibilidades de éxito de este planteamiento son máximas, pues la superposición vertical de elementos de compartimentación va dando una ordenación columnar con dimensiones geométricas muy adecuadas para su utilización resistente.

Vamos a pasar revista al proceso de incorporación de las distintas estructuras de la torre, contabilizando éxitos y fracasos en la realización de la idea directriz.

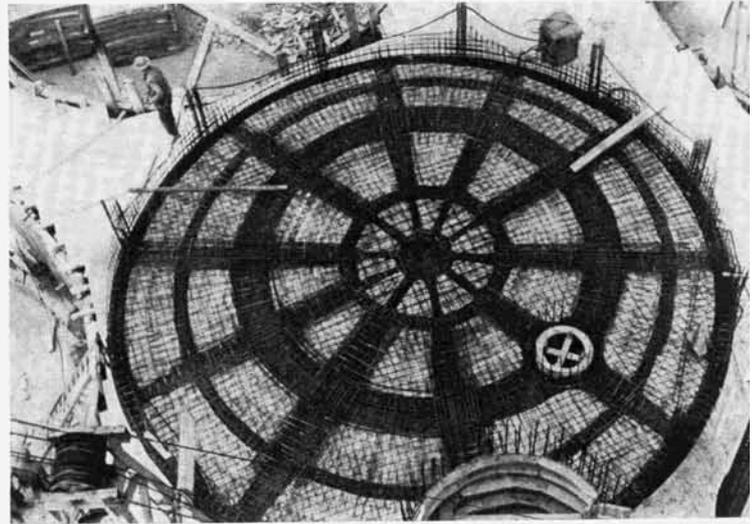
El tratamiento en tres dimensiones del edificio moldeando directamente volúmenes no desintegrados en plantas y alzados ha permitido una independencia total en la estructuración de vanos y macizos, no habiendo sido preciso recurrir al tradicional ajedrezado de las ventanas. Huecos y macizos se han dispuesto en superficies independientes, y por un lado tenemos amplios vanos en las zonas de cuñas, y por otro, lienzos ciegos de arriba a abajo perfectamente adecuados para transformarse en elementos sustentantes sin disfrazarse de pilastras.

Tenemos así, por la simple materialización de la estructura de aislamiento del exterior, un primer sistema de elementos sustentantes en los lienzos verticales de fachada, que son como gigantes perfiles moldeados de sección en L con los bordes revueltos para acentuar su rigidez (pudieran moldearse de un modo continuo mediante encofrados deslizantes) que se agrupan a dos por vivienda, es decir, ocho en total, sobresaliendo en las avanzadas del conjunto.

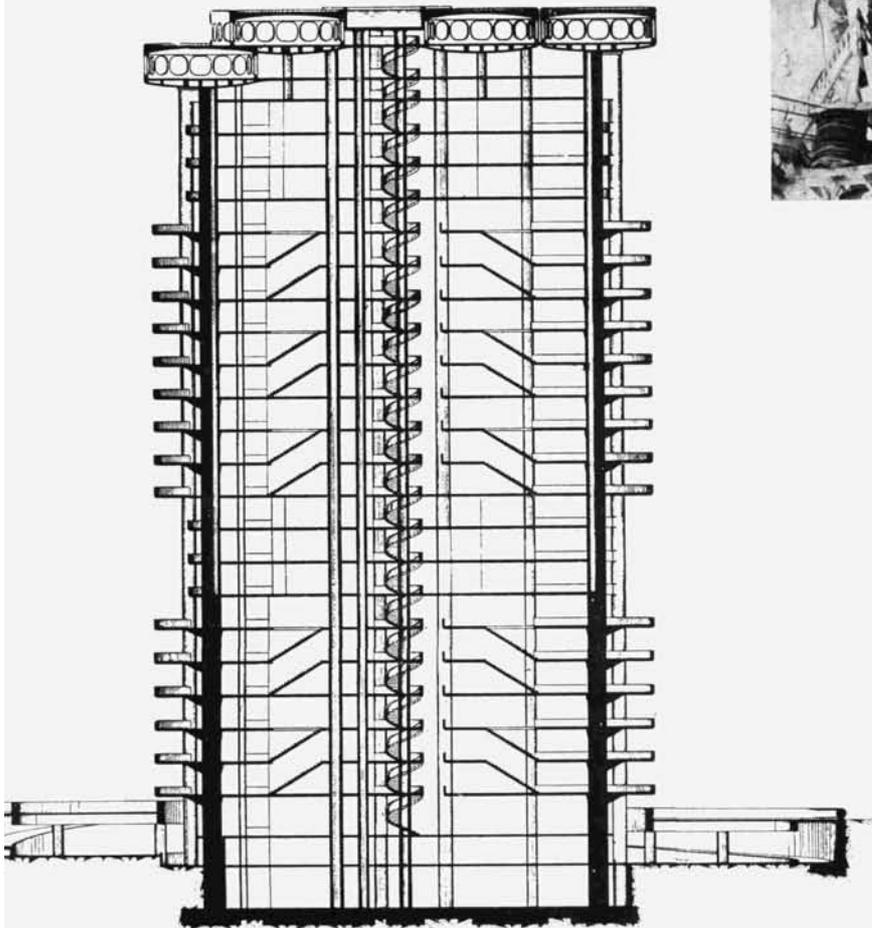
Estos pilares enhiestos se enlazan entre sí por el festoneado que delimitan en cada planta los bordes de



**armaduras de los discos
circulares**



sección

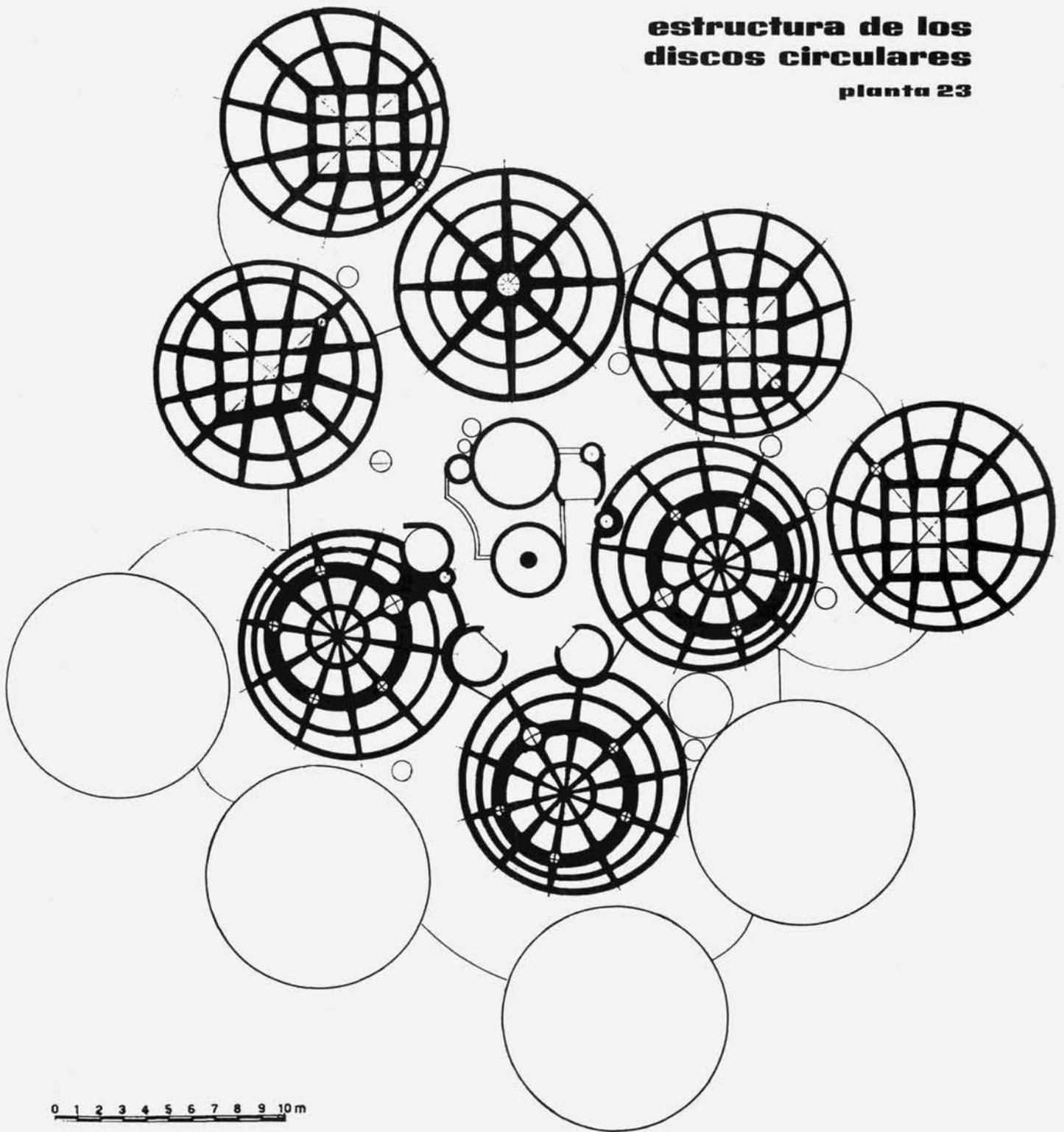


las cuñas de apertura, donde los pretiles que permiten su utilización como terrazas se incorporan también a la estructura resistente contribuyendo como vigas-balcón al soporte de dichas terrazas, reforzando sus bordes y aliviando su flexión al transmitir directamente parte de las cargas a los pilares primarios.

La estructura así conseguida como *dermato-esqueleto* en el contorno, tiene su contrapunto en la que como *columna vertebral* obtenemos al incorporar en zona central los cilindros de aislamiento de la estructuración de circulaciones verticales: caja de escalera central y tres cajas de ascensores.

estructura de los discos circulares

planta 23



Intermedio entre uno y otro sistema obtenemos del mismo modo el que estructura los elementos de compartimentación interna: los tabiques que subdividen en cuatro viviendas la planta total, y otros dos de subdivisión dentro de cada piso, que forman pantallas verticales en toda la altura del edificio.

Para terminar tenemos la incorporación de las estructuras de circulación vertical de líquidos, gases y sólidos ordenados en tubos, que unas veces confinan haces de tuberías de conducción de agua, gas, cables, etc., y otras son tubos independientes como los de monta-comidas o los de bajada de basuras.

Agotamos así la estructuración vertical que es la más importante. En cuanto a la estructuración horizontal la obtenemos directamente mediante la materialización de los planos horizontales de los pisos, que son diferentes según que las plantas sean simples, dúplex o apartamentos. Su traspaso a estructura resistente ha sido el más simple: losa de espesor constante, que, además de transmitir las cargas a pilares, los arriostran entre sí.

Terminado el proceso de incorporación estructural vamos a hacer balance en cuanto al más y al menos en la realización de la idea que nos habíamos propuesto. Del lado sustractivo ha habido que prescindir de algún elemento de compartimentación, como las cajas de los cuartos de baño circulares y algunos tabiques secundarios que por su situación no mejoraban las condiciones de sustentación de los forjados. También se han perdido los elementos columnares de agrupación de tuberías que no podían construirse hasta después de haber efectuado el montaje de las mismas.

Del lado aditivo tenemos la estructura complementaria de pilares que aparecen como círculos macizos en la planta, algunos de los cuales se expansionan en capiteles troncocónicos para mejorar su función de recogida de cargas en la sustentación de terrazas.

5

La estructura de Torres Blancas

Vamos a detallar cómo se ha concretado la estructura, analizando sus condiciones de trabajo y el proceso de cálculo. Trataremos independientemente la organización vertical y la organización horizontal.

Estructura vertical. La organización de pantallas resistentes situadas en la periferia, en el núcleo y en la zona intermedia, nos da una estructura superabundante, lo cual permite a cada pantalla adecuarse mejor a su doble papel estructural: de soportar las cargas verticales que les transmiten los pisos y resistir la flexión correspondiente a la actuación del viento. La acción total debida a esta causa afecta a cada pantalla, en proporción de su rigidez a la del conjunto, y, dado el gran número de pantallas, la flexión que corresponde a cada una es bastante reducida. Tienen que resistir además la flexión por efecto entramado múltiple, pero es de tipo antimétrico en cada altura y no se acumula de piso a piso. Por consiguiente, la flexión no resulta esfuerzo determinante, constituyendo la carga vertical la acción más importante.

Hemos dispuesto las pantallas con plegamientos en los bordes, con la doble finalidad: de reducir las tracciones horizontales producidas por la concentración de carga en extremidades, y aumentar su coeficiente de seguridad al pandeo. Además, desde el punto de vista de las losas, disminuimos las concentraciones de flexiones y aumentamos el coeficiente de seguridad al punzonamiento.

El número de pantallas es 46 con formas diversas: circulares, U, L, cerradas sobre sí mismas para constituir pilares, etc., variando sus espesores según su forma y con la altura a que se encuentra, entre 15 y 20 cm. Se arman con redondos de acero 42 kp/mm² de límite elástico, siendo de 9,5 mm a separación de 15 cm en dirección vertical y de 6,5 mm a 20 en dirección horizontal.

El cálculo no ha tenido particularidad alguna, pues las cargas verticales quedan bastante definidas y van repartiéndose definitivamente en cada altura, y las flexiones, que ya hemos visto son poco importantes, se determinan con bastante aproximación.

Su estabilidad se consigue tanto por el arriostramiento que le proporcionan las losas de forjados como por el efecto de su plegamiento.

Las pantallas que corresponderían a los balcones se cierran sobre sí mismas hasta convertirse en pilares, con el fin de aumentar la entrada de luz en las viviendas y obtener una rigidez idéntica en todas las direcciones, lo cual es muy conveniente para las expansiones en voladizo de los balcones.

Estructura horizontal. Para la organización de la estructura de los forjados tenemos, con nuestra ordenación de pantallas, la distribución de soportes más lejana de la clásica ordenación de pilares en retícula más o menos rectangular. Por consiguiente, no existen direcciones privilegiadas según las cuales especializar las flexiones concentrando la rigidez superficial en elementos definidos como vigas y forjados. La solución adoptada ha sido la de losa de espesor constante, que valora por igual cualquier dirección de flexión.

Los esfuerzos que solicitan esta losa dependen, casi exclusivamente, de las cargas verticales que actúan sobre los pisos, pues la acción del viento no produce efecto apreciable sobre ella, debido a la enorme rigidez vertical que se obtiene con el gran número de pantallas existentes, cosa que no ocurre en las estructuras corrientes de pilares. Por consiguiente, la conformación de la estructura horizontal viene condicionada únicamente por las cargas verticales.

En las losas de pisos normales y dúplex podemos distinguir, dentro de su aparente complejidad mecánica, tres zonas, que ocupan casi la totalidad de la planta, en donde el trabajo resistente se simplifica bastante:

En primer lugar tenemos la parte central que rodea a la escalera principal y está circundada por las pantallas de ascensores y la escalera de servicio: Su forma semicircular organiza su trabajo resistente a la manera de las losas circulares empotradas en su contorno y huecos en el centro que produce flexiones radiales y circulares en el exterior y circulares solamente en la parte interior no apoyada.

En segundo lugar tenemos los voladizos que constituyen las terrazas: Desde el punto de vista cuantitativo, las flexiones que producen son mucho mayores que las del resto de la planta. Su presencia ha obligado a las siguientes particularidades en su tratamiento. Se le ha conferido rigidez a flexión al pilar ochavado, con el fin de evitar la influencia de las flexiones que produce el voladizo sobre la losa posterior. Desde este punto de vista, el balcón no es sino una expansión de pilar.

Con respecto al voladizo en sí, vemos que, por no estar situado el apoyo en el centro geométrico de su superficie, la distribución radial de las flexiones tiene una preponderancia en dirección de los radios mayores. Para soslayar esta concentración de esfuerzos se han tomado dos precauciones:

- 1.º Introducir un acartelamiento en la losa direccionado de la misma manera que el balcón.
- 2.º Plegar la losa para formar el peto que a modo de viga flotante transmite parte de la carga por el contorno a aquellas zonas de los balcones que distan menos de los apoyos. Esta disposición produce un incremento de la flexión transversal sobre la pila y permite una más fácil fabricación de las armaduras sin separarse demasiado de la dirección de las isostáticas.

Por último tenemos las zonas de piso que se encuentran entre las dos descritas: Se caracterizan por tener contornos más o menos rectangulares con luces de unos 6 m. La armadura es ortogonal en la cara superior e inferior y se adecua bastante bien tanto a la prefabricación de la armadura como a la distribución de las flexiones principales.

La interconexión de estas tres zonas produce estados tensionales semejantes a los que encontramos en las losas sobre columnas.

Las losas de apartamentos se diferencian de las losas de pisos únicamente en la forma y tamaño de los balcones, permaneciendo constantes las partes interiores.

Por un lado encontramos el incremento del vuelo sobre la pantalla en «hoz». La armadura en retícula de las plantas normales cambia su dirección en sentido de los momentos principales al aumentar la cuantía de las flexiones.

Debido a la irregularidad, desde el punto de vista geométrico, de la distribución de los apoyos, no puede hablarse de luces en sentido estricto. Diremos que las pantallas tienen una separación entre ellas de unos 3 m en la parte central de la torre y de 5 a 6 m en las zonas que constituyen las viviendas. Los voladizos correspondientes a las terrazas son de 4,5 m en las plantas normales y de 2,6 m en los apartamentos.

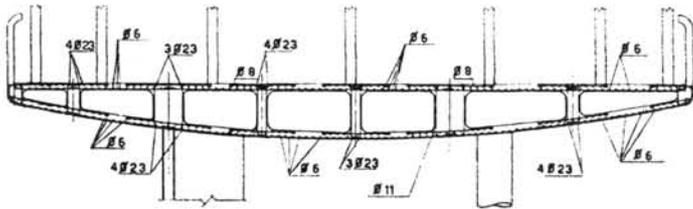
La losa de 20 cm de espesor se mantiene constante en toda la planta y únicamente se refuerza con un capitel en las grandes zonas de terrazas de las plantas normales.

La armadura, situada en la cara superior e inferior, está constituida por redondos de 42 kp/mm² de límite elástico, y sus calibres y separaciones oscilan de ϕ 6,5 a 20 cm a ϕ 14,5 a 20 cm; en las zonas voladas las distribuciones de los redondos llegan a ϕ 17,5 a 20 cm.

El cálculo de las losas se ha efectuado a partir del planteamiento resistente expuesto y confrontado con la ejecución de dos modelos reducidos, de mortero armado, que reproducían un cuarto de planta. Las escalas eran 1/20 y 1/10. Para reproducir la influencia de las otras plantas sobre la rigidez de las pantallas se arriostraron las cabezas por una placa metálica en el primero y de hormigón en el segundo.

Se efectuaron mediciones de flechas por medio de flexímetros y deformaciones por bandas extensométricas pegadas en la superficie del hormigón. Con estas mediciones se pudieron obtener las líneas de nivel de la deformada de la losa y, por tanto, las direcciones principales de flexión y la cuantía de los esfuerzos por medio de las deformaciones.

Una vez aclarado el funcionamiento elástico de la estructura se llevaron los modelos hasta la rotura.

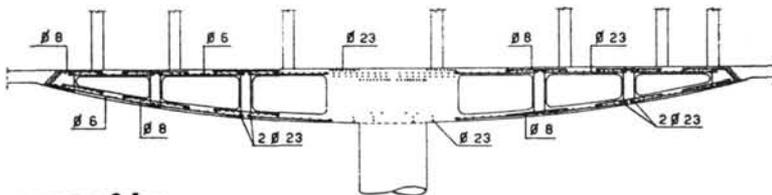
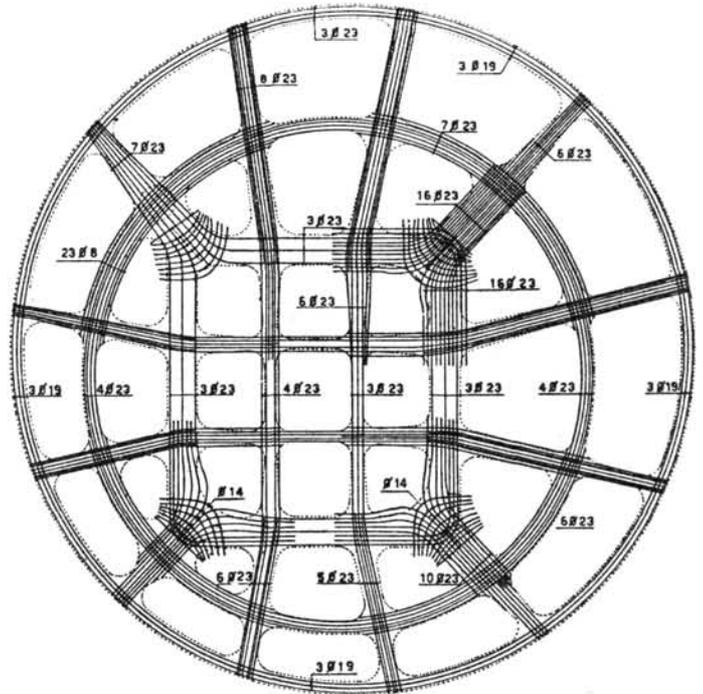
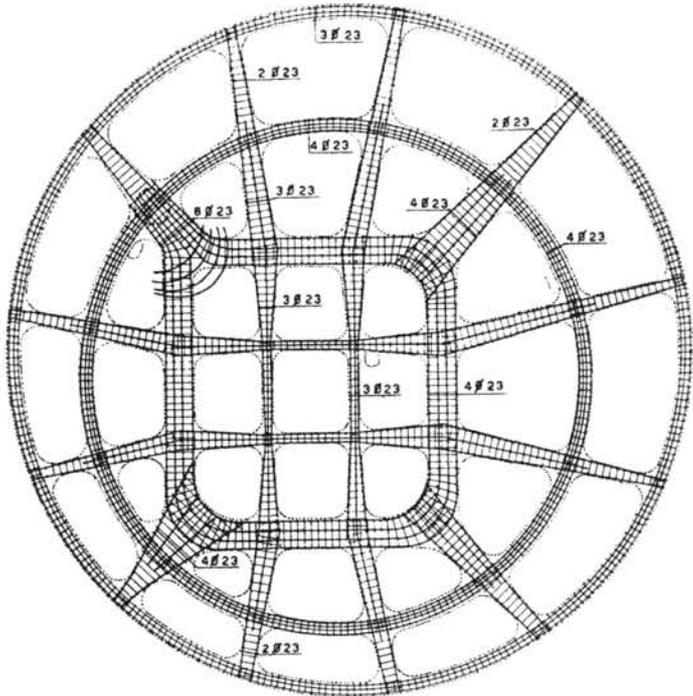


sección

armadura inferior

disco 3

armadura superior

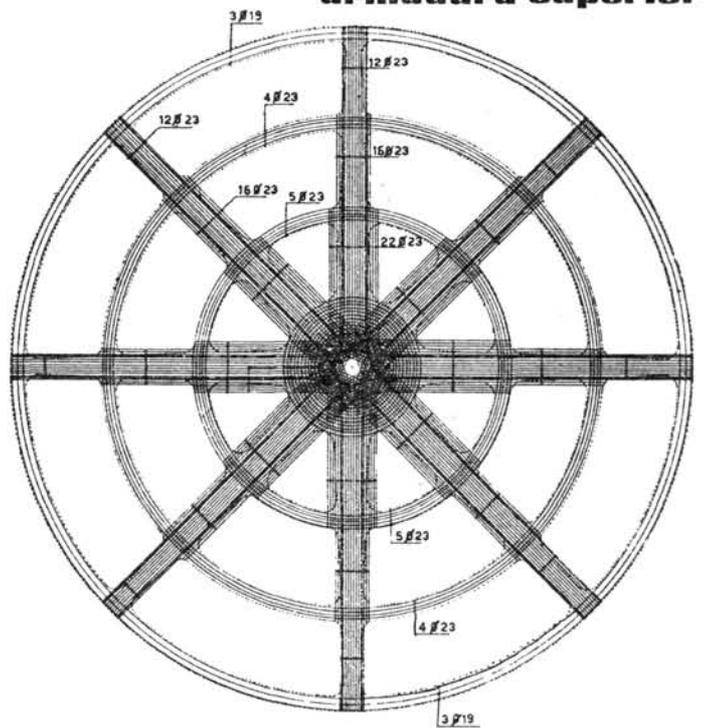
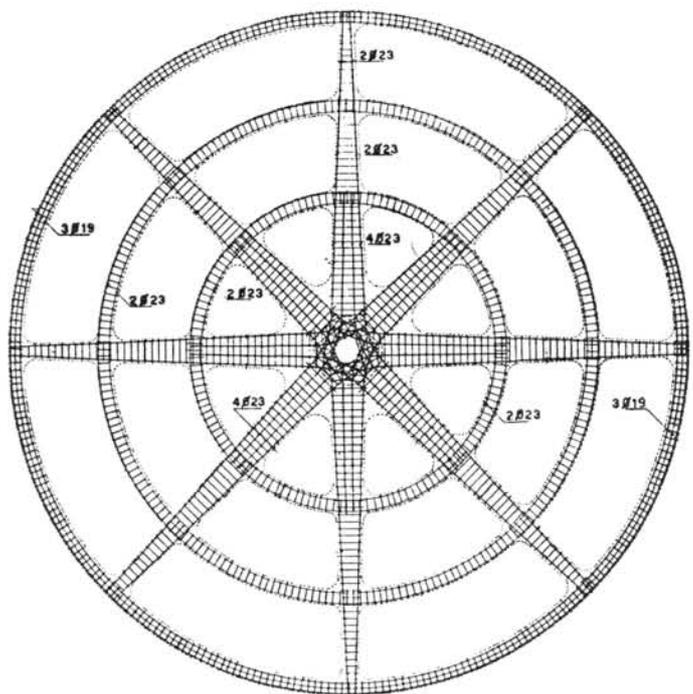


sección

armadura inferior

disco 4

armadura superior



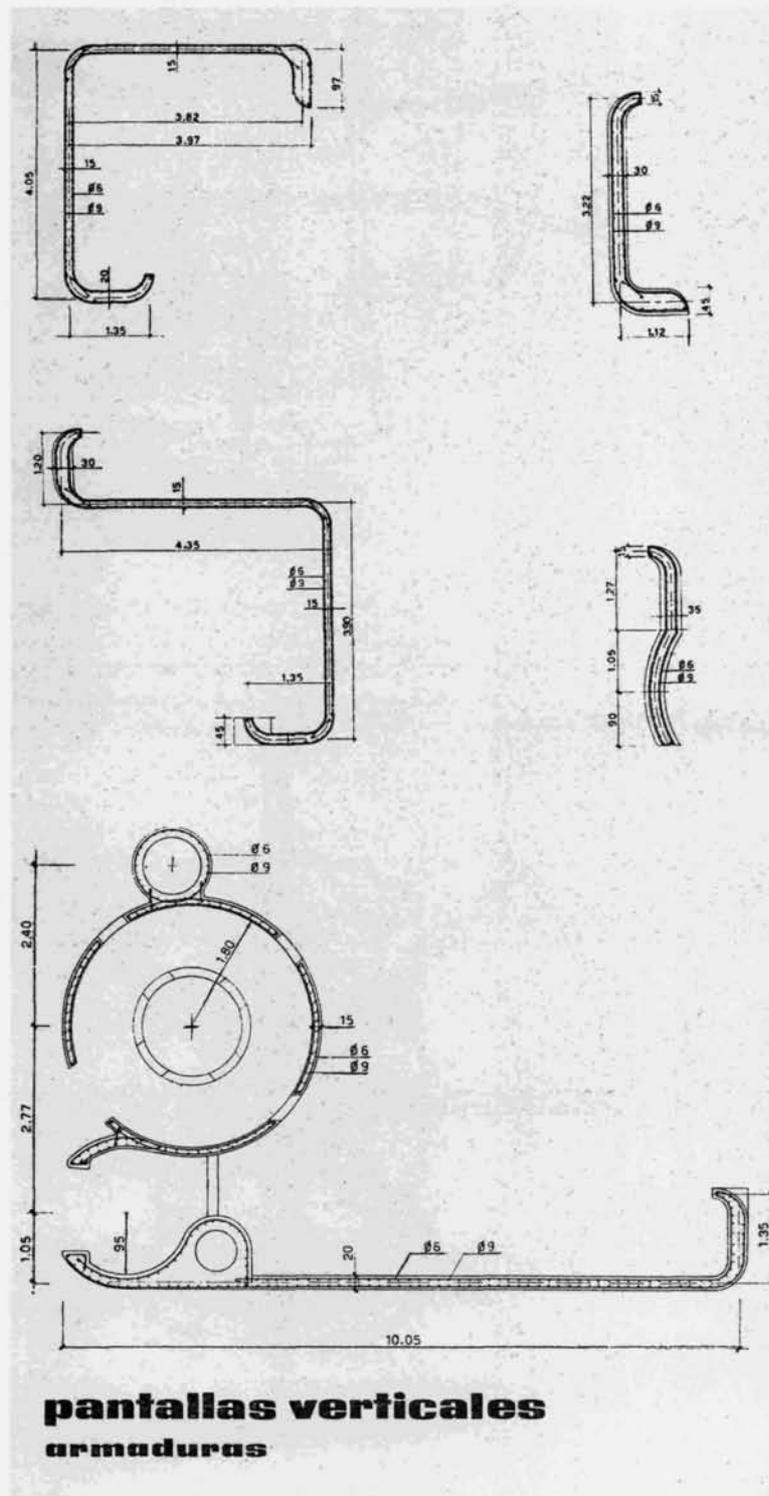
6

Estructura del núcleo social

El planteamiento funcional de la parte superior de la torre es completamente distinto del que hemos visto en las plantas de viviendas. Se trata de crear grandes espacios circulares libres de apoyos. Por otro lado, las acciones del viento que han contribuido de manera definitiva a estructurar la torre dejan aquí de tener importancia por carecer de brazo de palanca.

Estas dos condiciones dieron lugar a un esquema resistente muy diferente.

Las pantallas interiores de la torre desaparecen convirtiéndose en apoyos puntuales que se adecuan mejor a la distribución funcional del núcleo social. La transición de estas pantallas y pilas se efectúa en la planta 22, destinada a contener las instalaciones del núcleo social.

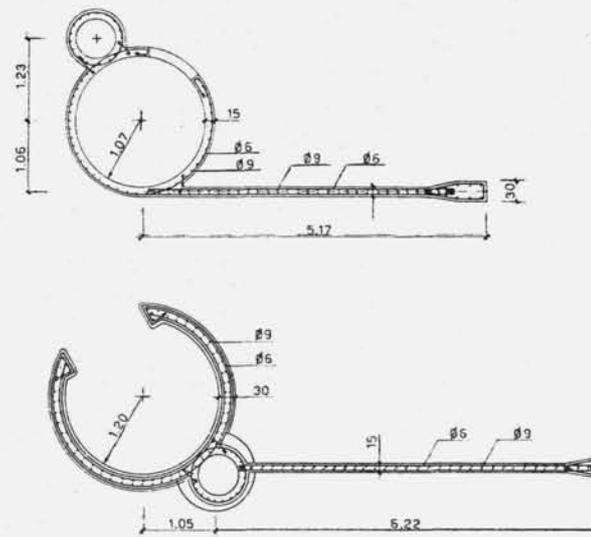


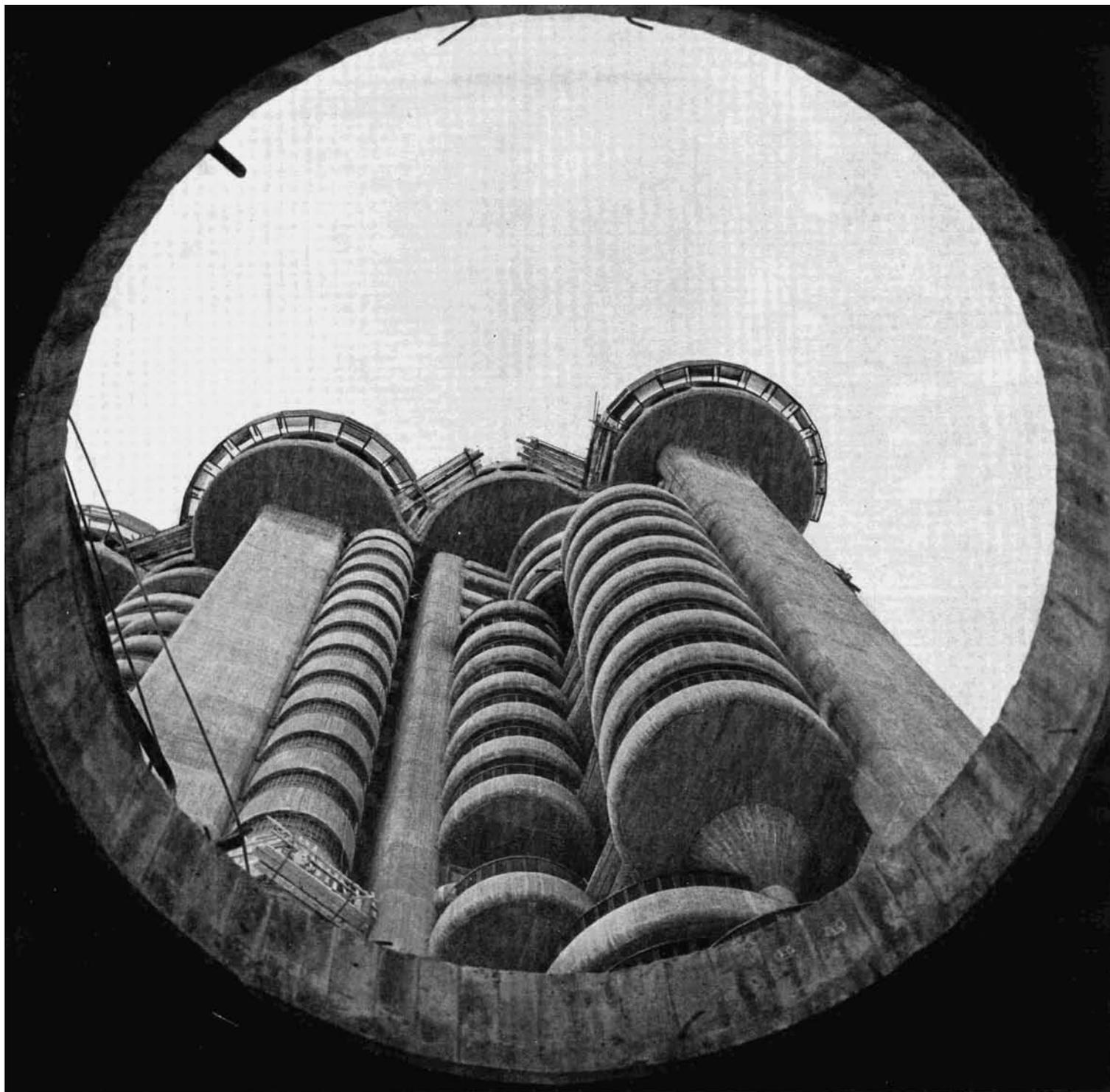
**pantallas verticales
armaduras**

El problema estructural se plantea en los siguientes términos: Cómo transmitir las cargas que producen la materialización de los espacios circulares del núcleo social, sobre unos apoyos cuya ordenación en planta sigue rigiéndose por la ordenación en los pisos la cual es totalmente independiente de la circular.

El problema se resolvió con la individualización de estos discos entre sí, haciendo que en sí mismos se verificase la transmisión de las cargas del techo, por su borde, al suelo y que éste las transmitiese por flexión a los apoyos.

La insinuación en la forma que la cuantía de los esfuerzos confiere a las plantas normales y de apartamentos, se hace aquí definitiva al barajarse cargas realmente importantes; la losa sustentante de suelo toma forma lenticular, organizándose interiormente en una serie de nervadu-





ras, fijamente determinadas por lo que han de soportar y donde se han de apoyar, con lo que además se aligera de la materia menos eficaz.

En su contorno se pliega hacia arriba para recoger el techo, que, al doblarse hacia abajo, forma con ella una unidad estructural especial. La tapa, sostenida y no sustentante se aligera al máximo para reducir peso y tomó forma cupular para resistirse. Los dos plegamientos de tapa y suelo se afinan hasta convertirse en pilares con el fin de permitir la iluminación del local. Dichos pilares se articulan en el centro para reducir, ya que no eliminar, el intercambio de flexiones entre suelo y techo.

Las zonas entre discos se cubren con una losa de hormigón armado que se apoya sobre los discos por medio de una articulación con la doble misión: de arriostrar los discos entre sí y evitar la transmisión de

detalles



La estructura de su cubierta está constituida por una serie de vigas radiales, de hormigón armado, de 13 m de luz y separación entre sí de 2,6 m, que descansan sobre otras circulares en su contorno, las cuales llevan la carga a los apoyos. Estas vigas perimetrales son continuas sobre los apoyos y tienen luces que oscilan entre 10 y 12 m. Las dimensiones de las vigas radiales son $1 \times 0,3$ y las perimetrales de $1 \times 0,6$ y $2 \times 0,6$ m.

Pérgola. Situada encima del aparcamiento, utiliza para apoyarse la prolongación de dos pilas del aparcamiento. Su estructura está formada por una losa, de espesor variable entre 30 y 20 cm, que se rigidiza en la zona de apoyos para formar una viga longitudinal empotrada en las pilas. Los pilares, separados entre sí 10 m, se articulan en su base con el fin de evitar los momentos flectores. La estabilidad de la pérgola se consigue articulándola longitudinalmente sobre la prolongación del muro exterior del cerramiento. La envergadura transversal de la pérgola es de 6,50 m.

Cimentación. El terreno sobre el que se apoya la torre es un estrato arenoso muy profundo. Los sondeos efectuados hasta una profundidad de 50 m demostraron la homogeneidad de la arena en esa zona.

La cimentación está formada por una losa, de hormigón armado, de 1 m de espesor, que se extiende en toda la superficie de la torre. Esta losa pasa a espesores de 1,5 m debajo de las pantallas en las partes que están más fuertemente solicitadas por las cargas.

Los pilares del aparcamiento que se encuentran en la parte exterior de la torre se cimentan sobre zapatas rectangulares.

Esta estructura de losa encuentra su razón cualitativa en los mismos criterios que han dado lugar a las losas de pisos y se confirma, desde el punto de vista cuantitativo, por necesitar toda la superficie de la planta los ensanchamientos que precisan las pantallas para producir tensiones admisibles en el terreno.

Descripción del edificio. Torres Blancas, situado en Madrid, en la esquina formada por la Avenida de América y la calle Padre Xifré, es un edificio de viviendas que consta de: 2 plantas de sótano; 21 plantas dedicadas a pisos normales, dúplex y apartamentos; 1 planta de servicios en la planta 22, y 2 plantas más en la parte superior destinadas a núcleo social. En la parte inferior y rodeando a la torre se encuentra el aparcamiento de vehículos.

La altura total de la torre es de 81 m y sus dimensiones en planta pueden asimilarse a 34×34 m.

En cada una de las plantas se establecen cuatro viviendas organizadas alrededor del núcleo de comunicaciones situado en la parte central de la torre.

flexiones de los discos a las losas que no ayudarían nada aquéllos y perjudicarían mucho a las losas.

Existen doce discos de 10 m de diámetro, situados cuatro en la primera planta del núcleo social y ocho en la segunda. La superficie comprendida entre ellos se salva con una losa de 20 cm de espesor.

Cada uno de los discos está formado por una losa nervada en la parte que constituye su suelo y una losa maciza que le sirve de cubierta: ocho de ellos se apoyan en las ocho pantallas exteriores, tres en las interiores y el último en uno de los pilares de 90 cm de diámetro que prolongan los soportes de las plantas.

La parte inferior, nervada, es de espesor variable entre 80 cm y 30 cm. Las nervaduras tienen una anchura variable de 15 a 50 cm.

La armadura dispuesta según la dirección de las nervaduras está constituida por redondos de 23 mm de diámetro y 40 kp/mm² de límite elástico. Su número varía de 16 redondos en las nervaduras de esquina a 3 en las perimetrales.

Varios. En la parte superior de la torre existen una serie de estructuras destinadas a soportar diversas funciones de la torre, tales como: una piscina, la maquinaria de ascensores y montaplatos y los conductos de ventilación y calefacción. Todas ellas están formadas por losas de hormigón armado cuya resistencia principal se consigue con la rigidez de forma de los espacios que delimitan.

Estructuras de zona inferior

Existen las estructuras que exponemos a continuación:

Muros. Rodeando al aparcamiento y para salvar el desnivel de tierras entre el piso del aparcamiento y la calle se establece un muro en L, de espesor variable, cuya altura y espesor máximo llegan a 7 m y 1 m, respectivamente, y la zarpa estabilizante a 4 m. Igual que el resto del edificio el muro es de hormigón armado.

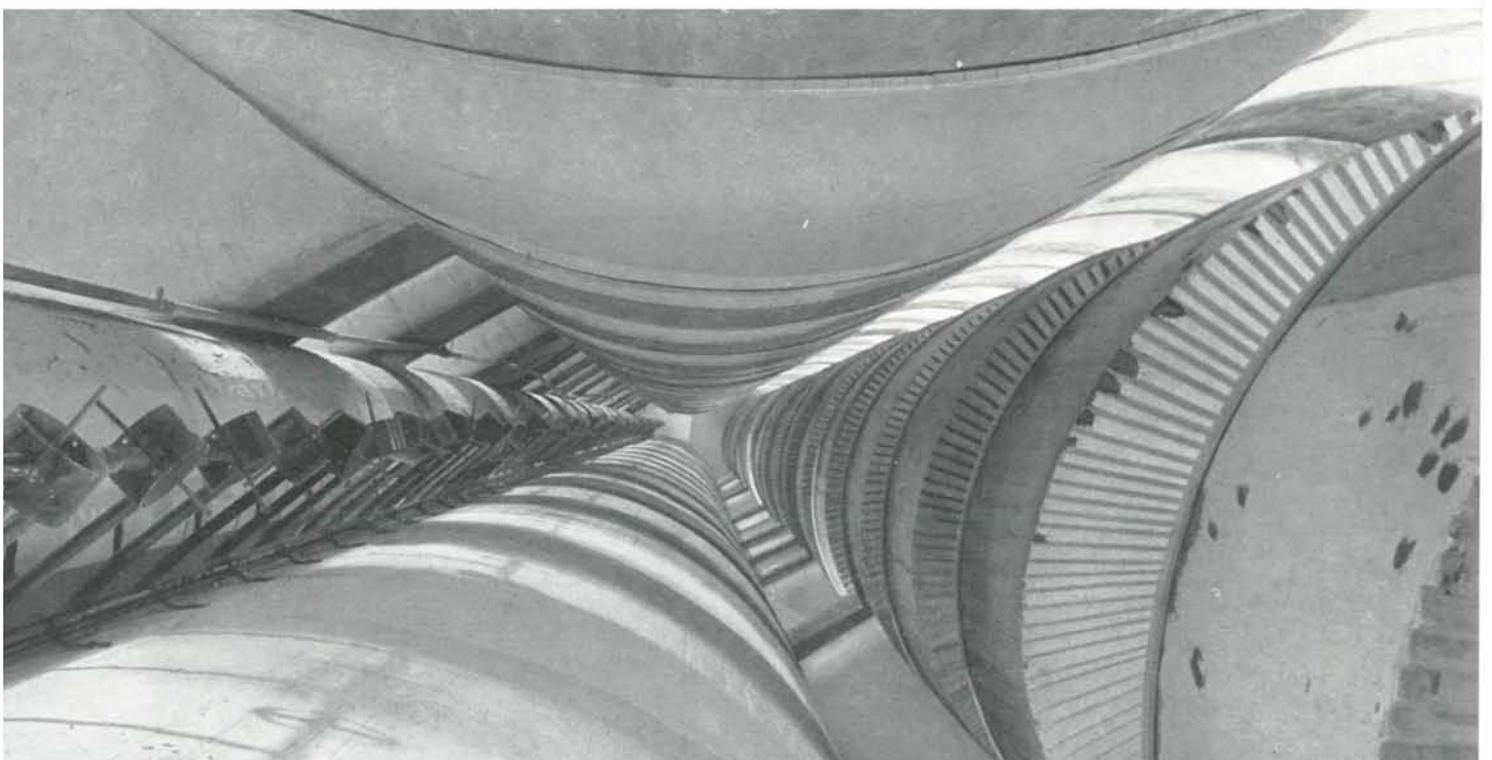
Aparcamiento. El aparcamiento forma un anillo circular, de 13 m de ancho, rodeando a la torre. El círculo interior es de 17,7 m de radio y el exterior de 30,60 m.

Colaboraciones

Es necesario destacar la intervención del aparejador D. Antonio Pallol que, como jefe y aparejador de la obra y encargado de la ejecución, ha resuelto los problemas que plantea la construcción y contribuido a la redacción del proyecto de estructura en lo concerniente a la repercusión del proceso constructivo.

Construcción

La ejecución de la obra ha sido llevada a cabo por la empresa constructora HUARTE Y CIA. para la empresa inmobiliaria HISA.



La structure de "Torres Blancas", Madrid - Espagne

F. Sáenz de Oiza, architecte; C. Fernández Casado et J. Manterola Armisén, ingénieurs

Dans cet article, les auteurs évoquent les problèmes structuraux d'un édifice de logements en général, et analysent les conditions de travail et le processus de calcul de cette structure singulière tout en étudiant séparément les organisations verticale et horizontale. La première est constituée par 46 écrans résistants —de formes diverses et d'épaisseurs variant entre 15 et 20 cm— avec des plissements aux bords permettant, entre autres avantages, ceux de réduire les tractions horizontales et d'augmenter le coefficient de sécurité au flambement. L'organisation horizontale adoptée a été celle de dalles ayant des épaisseurs constantes —de 20 cm, avec des renforts de chapiteaux dans les grandes zones de terrasses— qui résistent également à toutes les directions de flexion.

Finalement, les auteurs détaillent, séparément, la structure fondamentale, celle du noyau social et celle de la zone inférieure, où se trouvent les quatre parties importantes: murs, parking, pergola et fondations.

The Structure of "Torres Blancas", Madrid - Spain

F. Sáenz de Oiza, architect; C. Fernández Casado and J. Manterola Armisén, engineers

The article describes the structural aspects and discusses the loading conditions and calculation procedures of this outstanding building, for which both the vertical and horizontal systems of forces were taken into account. The vertical structure involves 46 load bearing surfaces, of various shapes and of 15 to 20 cm thickness, with folded edges. Thanks to this, among other advantages, it is possible to reduce horizontal tensile forces and increase the strength in buckling. Horizontally, the structure consists of constant thickness slabs, of 20 cm depth, with chapitel reinforcements in the terraced zones. These slabs have constant bending strength in all directions.

A separate description is given of the basic structure of the top social zone and of the lower one, related to the parking spaces, the pergola and the foundations.

Die Struktur der "Weissen Türme", Madrid - Spanien

F. Sáenz de Oiza, Architekt; C. Fernández Casado und J. Manterola Armisén, Ingenieure

In diesem Artikel werden die strukturellen Probleme eines Wohngebäudes im allgemeinen beschrieben, wobei die Arbeitsbedingungen und das Berechnungsverfahren dieser eigenartigen Struktur analysiert werden. Hierzu werden getrennte Untersuchungen angestellt für die vertikale und die horizontale Anordnung. Erstere besteht aus 46 widerstandsfähigen Schirmwänden —unterschiedlicher Form und mit Stärken zwischen 15 und 20 cm— mit Aufbiegungen an den Rändern, womit neben anderen Vorteilen eine Verringerung der horizontalen Zugspannung sowie eine Erhöhung des Sicherheitskoeffizienten bei Knickbelastung erzielt wird. Die horizontale Anordnung besteht aus Platten konstanter Stärke 20 cm, mit Kapitellverstärkungen an den weiten Terrassenzonen die einer Biegung in jeglicher Richtung den gleichen Widerstandswert entgegensetzen.

Getrennt werden die Hauptstruktur, die Struktur der Gemeinschaftszone sowie der unteren Zone beschrieben, wo vier bedeutenden Elemente vorhanden sind: Mauern, Parkplätze, Pergola und Fundamente.