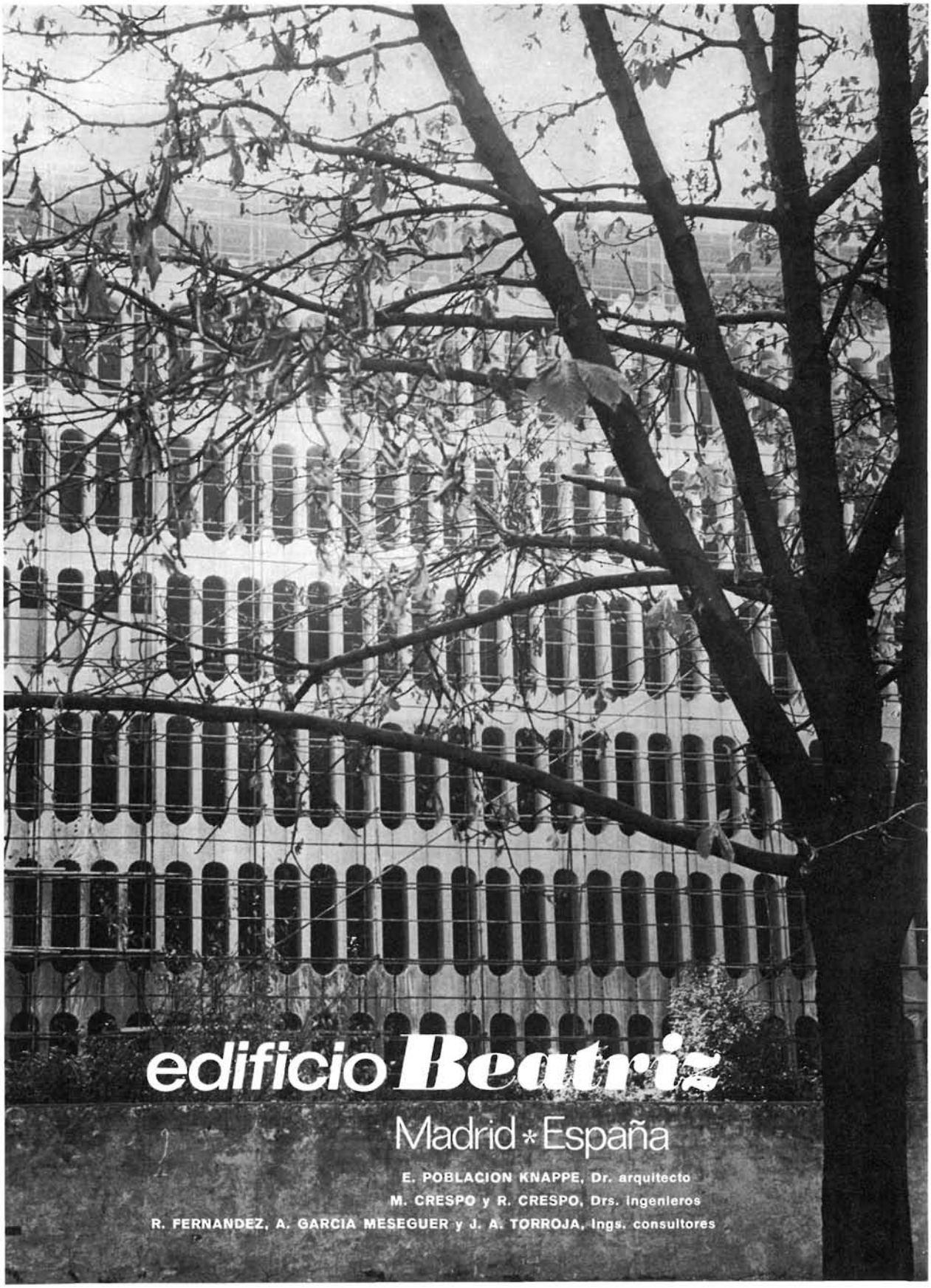
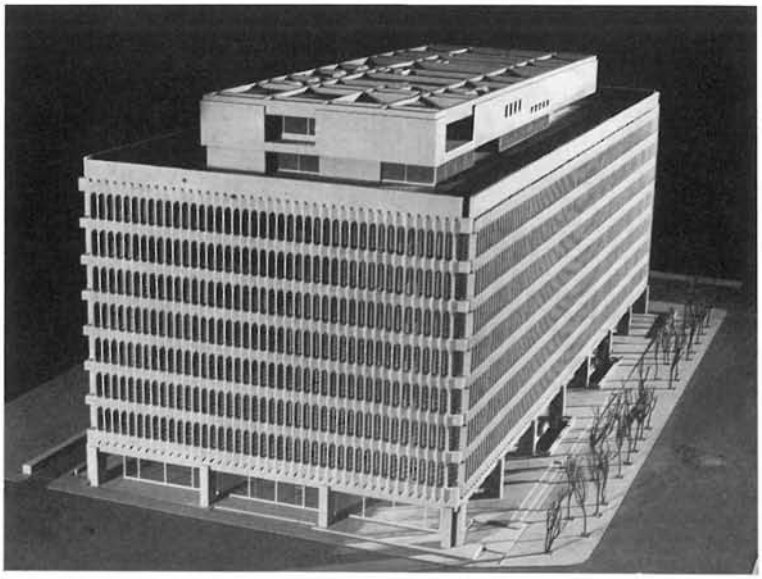


© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

sinopsis 831-34

Se describen en el artículo los objetivos, programa, antecedentes arquitectónicos, solución adoptada, construcción, cálculo y ensayos que han sido precisos para realizar este importante edificio de oficinas, que une a su línea depurada de moderna factura una estructura muy interesante desde varios puntos de vista, desarrollada a lo ancho y a lo alto de sus cinco sótanos y sus diez plantas altas.



MAQUETA

Premisas de planteamiento

Programa

Después de un largo proceso de tanteos, croquizaciones y anteproyectos realizados de acuerdo con la propiedad, se llegó al establecimiento del programa definitivo que se desarrolla.

Este programa, en sus líneas generales, se fijó en la forma que sigue:

Sótano 5.°

Sala de máquinas.
Estación de transformación.
Grupo electrógeno.
Talleres de conservación.
Archivos generales.

Sótano 4.°

Sala de máquinas.
Cremación de basuras.
Ventiladores principales.
Sala de baterías para teléfonos.
Archivo de valores.

Sótano 3.°

Aparcamiento.
Equipo automático repartidor de teléfonos.
Estaciones de lavado y engrase.

Sótano 2.°

Aparcamiento.
Expedición de correspondencia.
Empaquetado de papel y prensa.

Sótano 1.°

Aparcamiento.
Salón de actos.
Comedor y cocina de empleados.
Archivos y cajas de agencias bancarias.
Centralita telefónica.
Sala de espera de conductores.

Planta baja

Vestíbulo y hall principales.
Agencias bancarias.
Gestoría.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Plantas tipo
Núcleo central de accesos y servicios.
Oficinas.

Planta de ático
Locales de reunión.
Sala de Consejo.
Maquinaria de ascensores.

Planta de sobreático

Maquinaria de ascensores.

Torres de enfriamiento y recuperación de agua.

Club.

Servicios.

Calidad

Construcción de primera clase, sin lujos superfluos ni ostentación alguna, pero con cuantas instalaciones y detalles constructivos aseguren el máximo confort y rendimiento en el trabajo.

Los materiales son de la máxima permanencia y mínimo entretenimiento.

Antecedentes arquitectónicos

La racionalización arquitectónica del espacio burocrático, a escala de edificio completo, es relativamente reciente.

El primer paso, nucleización de las comunicaciones verticales y servicios, lo encontramos en un proyecto de inspiración expresionista de Mies Van der Rohe, para un edificio de oficinas en Berlín en 1919.

La idea, purificada, es repetida por el mismo en 1958 para el edificio Seagram, de Nueva York, realizado en estructura de acero posthormigonada y muro-cortina de bronce. Los soportes perimetrales al interior del cerramiento todavía estorban la planta. Dentro de este tipo tenemos también los edificios: «International», en San Francisco, de Aushen y Allen; el rascacielos administrativo en Dusseldorf, de Helmut Heniricle y H. Petschnigg; y otros muchos.

Un paso más es liberar la planta tipo de soportes en el interior, llevando la estructura afuera, como en el edificio de oficinas de Detroit, de M. Yamasaki; el de «La Continentale», en Chicago, de C. F. Murphy; el de la «Universal», de Hollywood, de Skidmore, Owings y Merril; la «Torre Nobel», en París; etc.

La utilización del hormigón prefabricado como elemento portante en fachadas aparece en las obras de Skidmore, Owings y Merril, Banca Lambert, de Bruselas, y de Marcel Breuer, oficinas en Baltimore, y otros en ejecución, en la actualidad, en Bruselas y Rotterdam. La complejidad de la proyección con este sistema constructivo ha cohibido, a pesar de sus indudables ventajas, su adopción más generalizada.

Sin embargo, la proliferación, en los últimos años, de empresas y nuevos métodos de prefabricación de elementos en hormigón armado con las garantías de las experiencias pasadas y de los rigurosos controles a que pueden ser sometidas las piezas, hacen que en la actualidad el proyectista pueda enfocar, con mayor libertad, la concepción de su obra con este sistema, del que la arquitectura de nuestro tiempo espera felices resultados.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Justificación de la solución adoptada

Consideraciones generales

De lo expuesto anteriormente se deducen unas determinantes del volumen tan acusadas que, admitidas éstas como ciertas, redujeron el problema de proyección al estudio de los problemas funcionales, estéticos y constructivos de la superficie a desarrollar, de acuerdo con el programa prefijado, sacando el mejor partido de las áreas de planta deducidas.

Desde el principio nos impusimos la disciplina del módulo, como necesaria en una obra cuya planta no queda determinada en su distribución definitiva, puesto que debe poder adaptarse a las diferentes condiciones de trabajo que impongan las circunstancias futuras.

La coordinación dimensional, modular en este caso, se ha llevado con el máximo rigor no sólo en el plano horizontal, sino también en el vertical, introduciendo todos los elementos en una rígida trama espacial.

Las ventajas de esta ordenación del espacio son obvias y conocidas. Cualquier elemento de planta tipo —mampara divisoria, cerramiento de pasillo, elemento de techo acústico, plafón luminoso, etc.— puede ser trasladado y acoplado a otra planta.

Los elementos de fachada, cerramiento y acristalamiento expresan al exterior este ritmo.

El módulo base elegido, 90 cm, es resultado de un estudio exhaustivo de coordinación modular. Las modulaciones empleadas en edificios de análoga función en U.S.A. vienen determinadas por su sistema de medida, y en otros ejemplos, por la simple división del solar en partes iguales.

Estos principios no son válidos si la coordinación del espacio ha de ser completa. El módulo ha de ser divisible en submódulos, principalmente con divisores 2 y 3, y obtenerse cifras enteras fácilmente aplicables a la prefabricación, o a la obra, sin escantillón.

Es necesario también en toda obra de arquitectura la relación de medida con el ser humano, para quien fue concebida. El empleo de unidades de dimensión basadas en el pie nos garantizan esa correcta relación. Concebimos el pie en nuestro sistema métrico como la unidad de 30 cm y, por lo tanto, deberemos siempre utilizar tramas de proyección divisibles por esta cifra.

De éstas, dos son las más corrientemente utilizadas: la de 1,20 m y la de 0,90 m.

La primera lleva a espacios más reducidos: oficina mínima de dos módulos, 2,40 m. La segunda, elegida por nosotros, tiene grandes ventajas, aun cuando el espacio mínimo cerrado no deba ser inferior a tres módulos, 2,70 m, magnitud que, en nuestro caso, está plenamente justificada por la altura libre de planta.

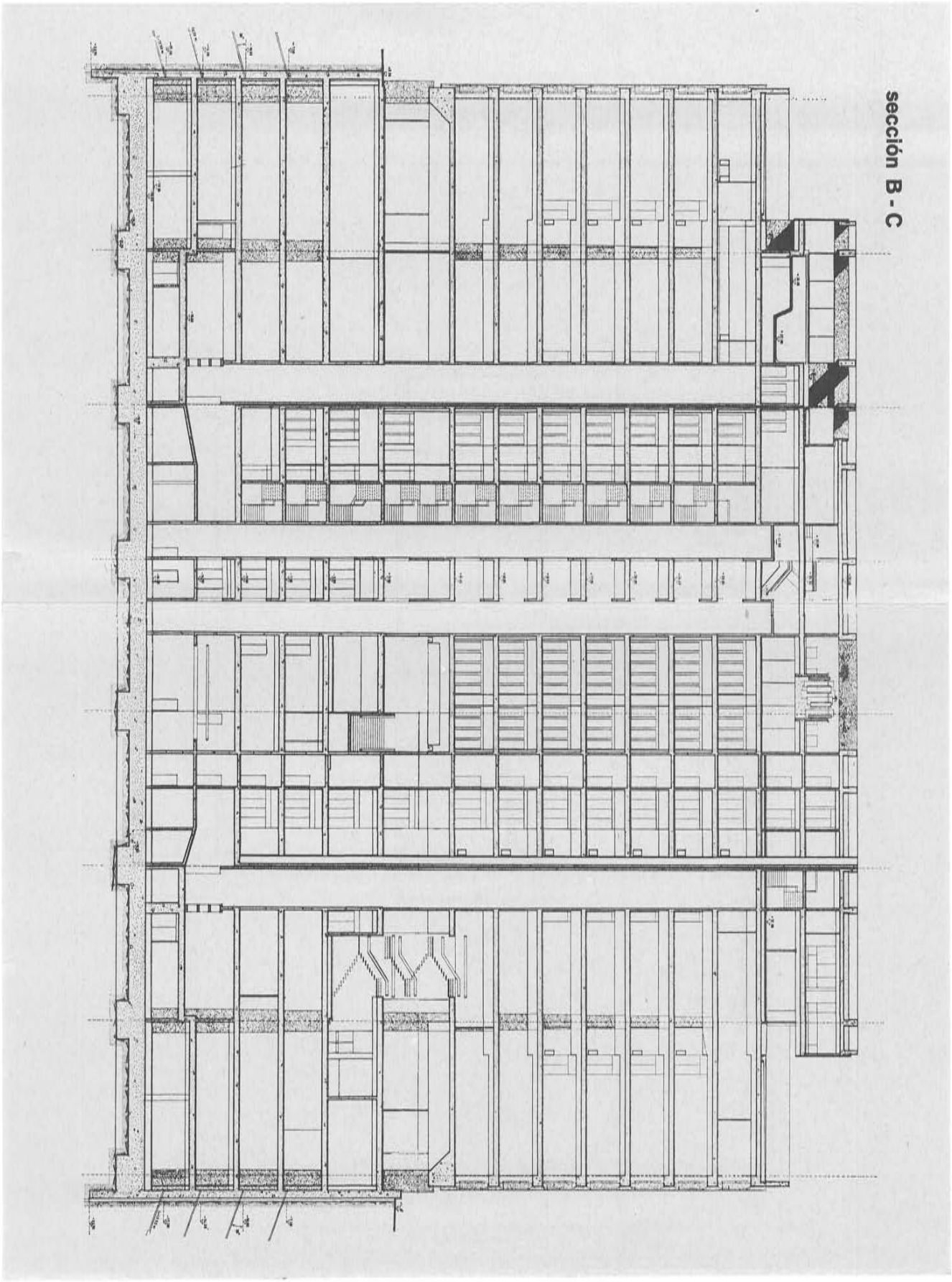
En efecto, este módulo coincide con las magnitudes necesarias para puertas; anchos de mesa; espacios para sentarse, para circular entre mesas; etc. Utilizado en la trama vertical nos da las alturas libres recomendadas de 2,70 para el trabajo y 2,25 para circulaciones, archivos, etc.

En nuestro caso hemos llegado a introducir en la trama también la distancia entre forjados terminados, con lo que la coordinación modular es completa en el espacio.

El estudio de las tolerancias, que aparece en el Pliego de Condiciones, ha sido difícil por cuanto que en nuestro país no existe una normativa aplicada a este aspecto de la construcción y aun creemos que quizás sea éste el primer Pliego donde aparezca un trabajo de este tipo.

Hemos, sin embargo, tratado de reducirlas al mínimo posible, tanto las de fabricación, ya que los procesos y materiales que empleamos lo permitieron, como las de posición, lo que exigió una perfecta ejecución y puesta en obra.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



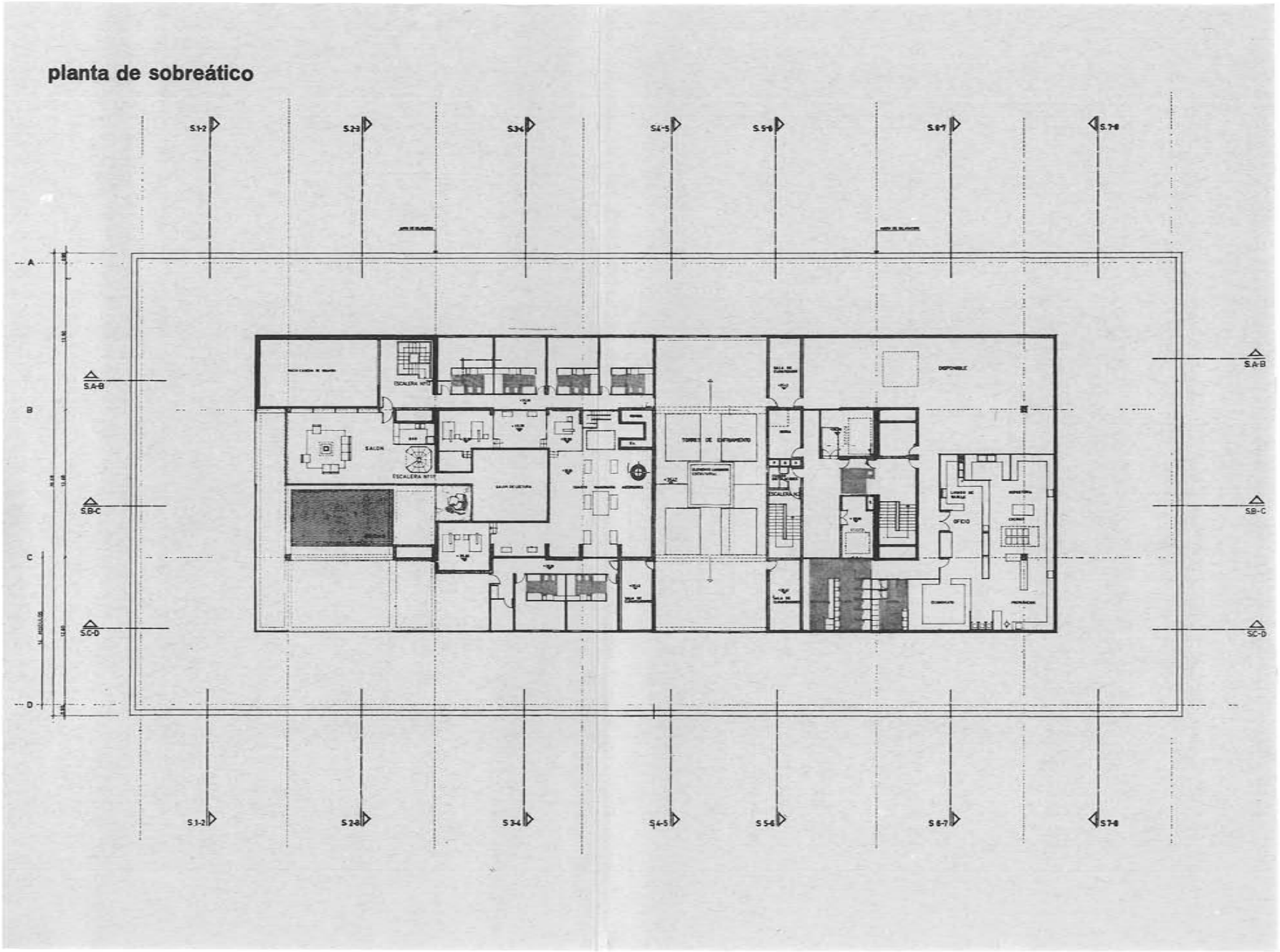
sección B - C

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

planta sótano tercero

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

planta de sobreático

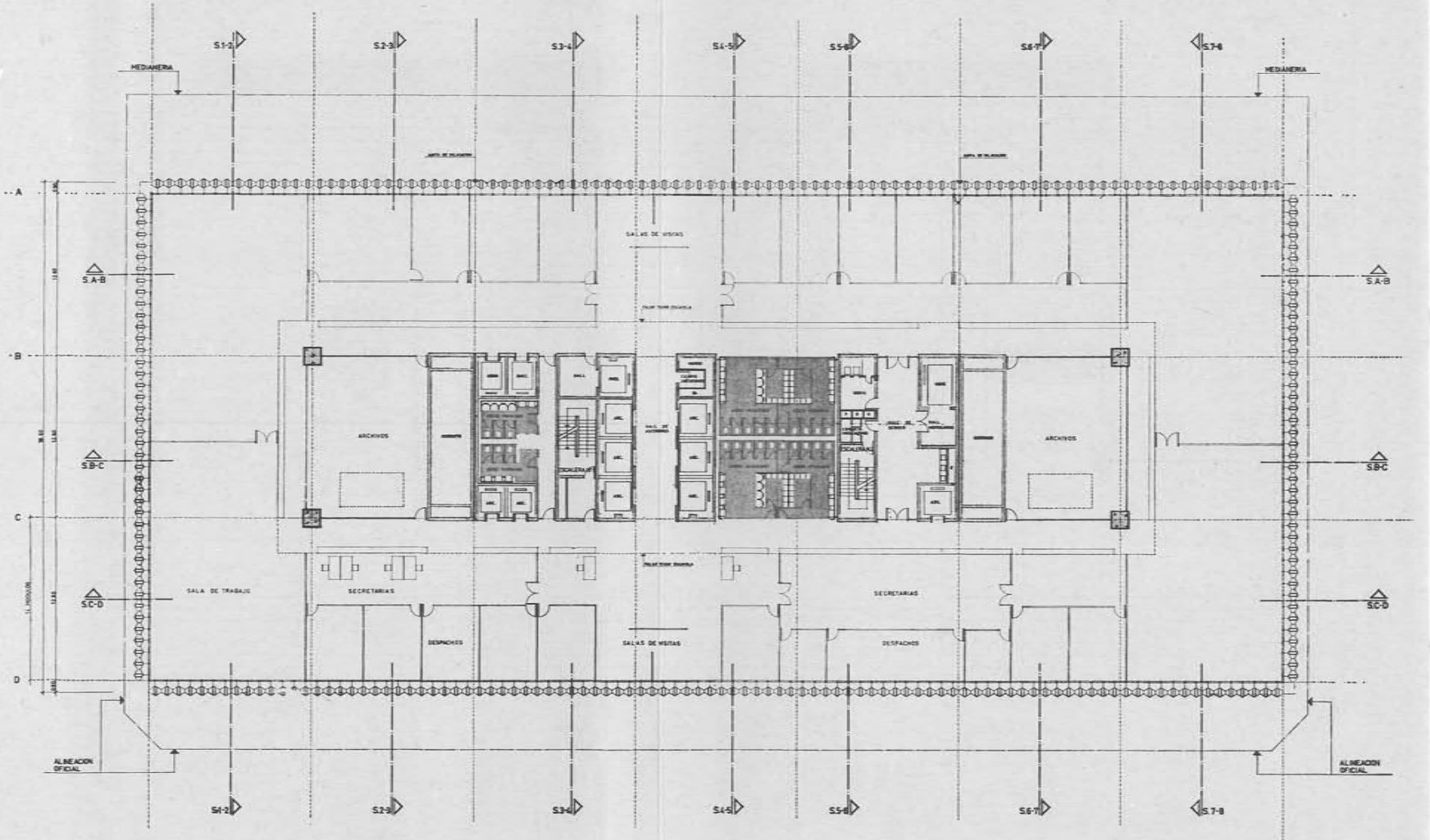


© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

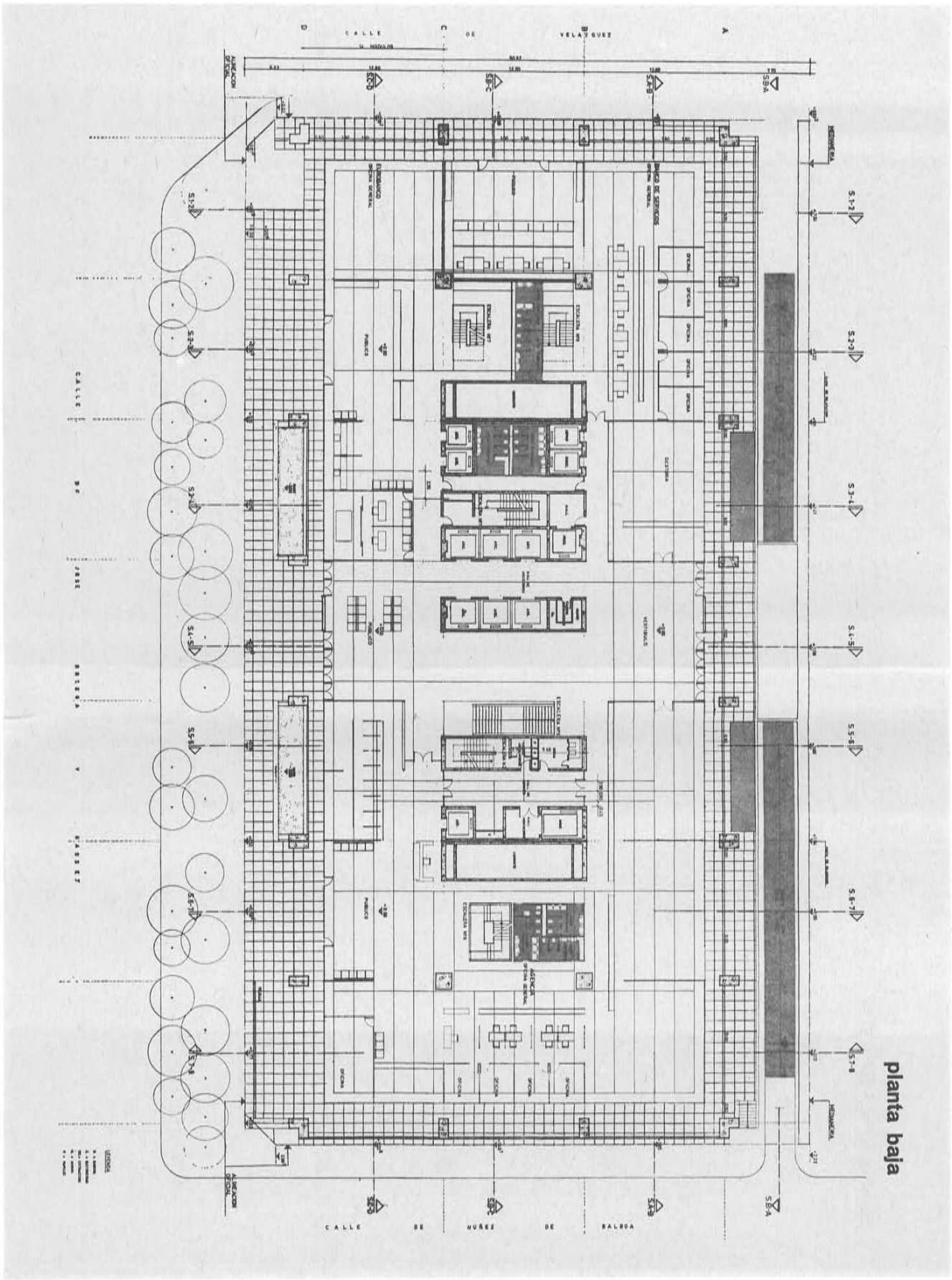
planta de ático

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

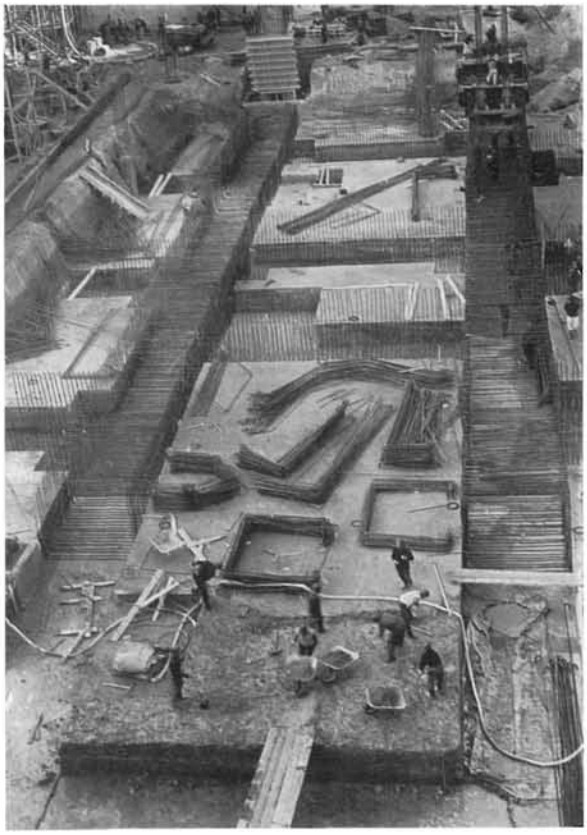
plantas 3.ª 4.ª 5.ª y 6.ª



© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



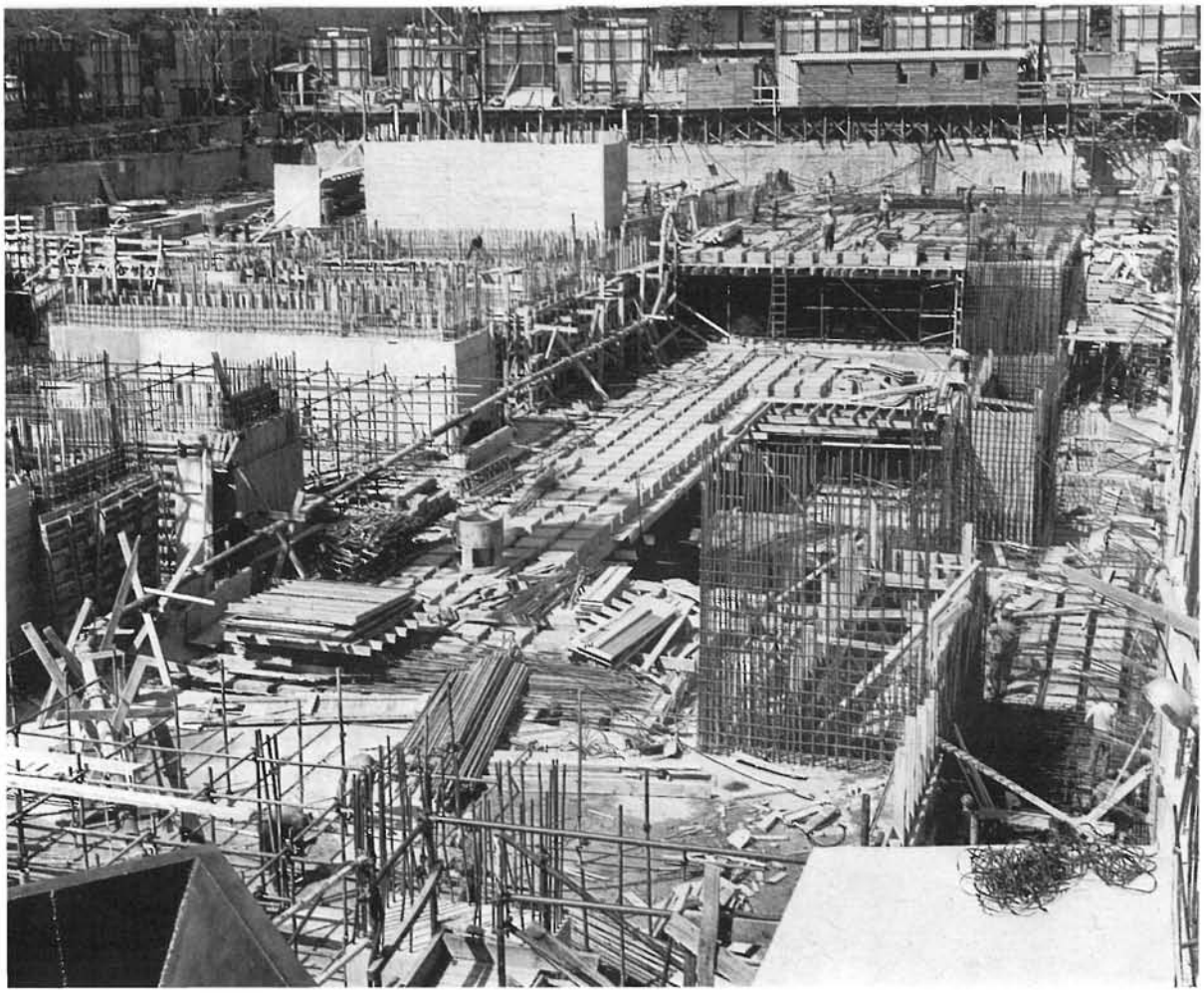
Consideraciones funcionales

Disposición general

Se ha concebido el edificio como una sucesión de superficies horizontales encadenadas entre sí por un núcleo central de comunicaciones verticales. Este importante núcleo central, verdadera columna vertebral del edificio, soporta la acumulación de cargas centrales, contiene todos los conductos verticales de las distintas instalaciones del edificio y alberga las comunicaciones verticales, que se disponen en tres grupos: comunicaciones especiales, las situadas más hacia la calle de Velázquez; comunicaciones de público, las centrales, y comunicaciones de servicio, las situadas hacia Núñez de Balboa.

Fase final de vaciado y anclaje.
Losa cimentación del núcleo central.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



Vista parcial dc estructura en sótanos 2.º y 1.º

Estas comunicaciones verticales se unen entre sí por los pasillos de circunvalación de núcleo dispuestos en cada planta, los cuales proporcionan la necesaria fluidez de las circulaciones horizontales. El mantenimiento de este área de pasillo es fundamental en el concepto del edificio y, por tanto, necesaria para su funcionamiento.

Estos dos principios de comunicaciones verticales y horizontales dan la mayor flexibilidad de las plantas dentro de un orden.

Las escaleras, proyectadas naturalmente dentro del núcleo, se han dimensionado totalmente dentro de la trama modular, lo que permitió unificar las alturas de peldañeado y, por consiguiente, su prefabricación.

En todas las plantas el área central alberga también los servicios sanitarios y las instalaciones singulares establecidas en cada una de ellas.

A pesar de la gran longitud de fachada del edificio, 88,20 m, la disposición adoptada hace que el recorrido desde la salida de ascensores principales hasta el despacho más alejado no sea superior a los 32 m, distancia a todas luces corta y muy inferior a lo establecido en las distintas Normas.

En cada planta y dentro del área determinada por el núcleo central y los cuatro soportes interiores, se han proyectado huecos modulares capaces de alberga escaleras de intercomunicación particular de servicios administrativos.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Aparcamiento

Las Normas sobre aparcamientos en futuras edificaciones aprobadas por el Ayuntamiento Pleno en 20 de mayo de 1966 establecen para la Zona de Edificación Cerrada, donde se comprende nuestro solar, los estacionamientos obligatorios siguientes:

1) Cada 50 m² de oficina ... una plaza.

2) En nuestro caso el cómputo de superficies útiles dedicadas a oficinas es:

Planta tipo

88,20 m × 37,80 m		3.350 m²
Pasillos, archivos, núcleo		1.224 m²
Total útil/planta		2.126 m²
7 plantas × 2.126 m²	14.882 m²	

Otras plantas

Planta baja	900 m²	
Sótano 4.°	144 m²	
Total	15.926 m²	≃ 16.000 m² .

3) El número de plazas necesario es, pues, de ... 16.000/50 = 320 .

4) **Superficie de garaje**

La superficie de que dispusimos en sótanos para el uso de garaje y aparcamientos era, una vez descontadas las rampas y núcleo central:

Sótano 1.°	960 m²
Sótano 2.°	3.390 m²
Sótano 3.°	3.390 m²
Total	7.740 m² .

Lo que supone, según las Normas antes citadas ... 7.740/20 = 387 vehículos.

Areas de relaciones públicas y sociales

En un complejo burocrático administrativo como el que constituye el edificio que proyectamos, es capítulo importante, en todos los órdenes, el de las relaciones públicas con el exterior y las de orden social con las gentes del interior, así como el establecer, para los cerebros rectores, las zonas de aislamiento y «decontracción» físicamente necesarias.

A estos efectos se han proyectado en la planta de primer sótano tres ambientes consecutivos y enlazables que ocupan toda la fachada de Ortega y Gasset, abriéndose a la acera por los patios ingleses de toma de aire, ajardinados en esta cota.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Una gran sala de espera y descanso, utilizable para «cocktails», separa el salón de actos del gran espacio dedicado a comedor. A esta sala se accede directamente desde el hall principal del edificio por una amplia escalera.

El salón de actos, capaz para 300 personas, se proyectó con la más cuidada acústica y se dotó de instalaciones de traducción simultánea —tres idiomas, sistema inalámbrico— y de los más modernos sistemas de proyección cinematográfica y circuito cerrado de televisión.

El comedor dispone de espacio para 290 personas sentadas en grupos de a cuatro, y la instalación de cocinas, con autoservicio, se ha previsto para poder servir del orden de 300 comidas cada veinte minutos, es decir, unas 900 comidas en el plazo de 1 hora.

Las tres zonas se concibieron ambientadas con el mayor confort en una atmósfera de gran calidad de materia, espacio y mobiliario.

Las plantas de áticos constituyen un cuerpo de edificio aparte, superpuesto sobre el césped que remata la impermeabilización de la cubierta del bloque principal.

Las funciones a desarrollar en ellos son: por una parte, las relaciones sociales de alto nivel y, por otra, el trabajo de concentración en equipo. Una tercera zona se ha destinado a la «decontracción» y reposo, en forma de club privado.

En íntimo contacto con el jardín, el primer ático, o planta baja de este cuerpo de edificio, contiene el amplio salón de consejos con gran cúpula de luz cenital, ocupando el centro del área y separando la zona norte destinada a antesalas y espacios de trabajo del área sur prevista para salones de cocktails, bar, etc.

En las ocasiones necesarias toda la superficie puede utilizarse unida, dada la disposición de cerramientos de la sala de Consejos.

El club ocupa el tercio occidental del sobreático. Dispone de un pequeño número de habitaciones individuales dotadas de todas las características de un hotel de lujo, salón de estancia, biblioteca, pequeña cocina de autoservicio, cancha de squash y piscina.

[redacted]inación de áreas de planta tipo

Las Normas generales, estudiadas de acuerdo con la Propiedad, para la redacción del programa básico, disponen:

a Dentro de cada servicio sólo se asegurará despacho independiente al jefe de servicio, estando el resto del personal, incluso los jefes de sección —salvo las excepciones que se señalen— en naves generales.

b Colocar las secretarias siempre en «pool» general.

Con estas premisas, y moviéndonos siempre dentro de la trama reticular impuesta, se comenzó por establecer tanto en suelos como en techos los elementos de instalaciones (aire acondicionado, iluminación, tomas de energía e intercomunicación, etc.), de forma tal que permitieran una división del espacio armónica de acuerdo con las posibilidades del módulo.

El ancho del pasillo de circunvalación se estableció en 3 M, 2,70 m, de los cuales 1/2 M sería ocupado por el elemento de separación con las zonas de trabajo.

Se reservaron las áreas de ambos extremos del bloque para naves generales de cada servicio.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

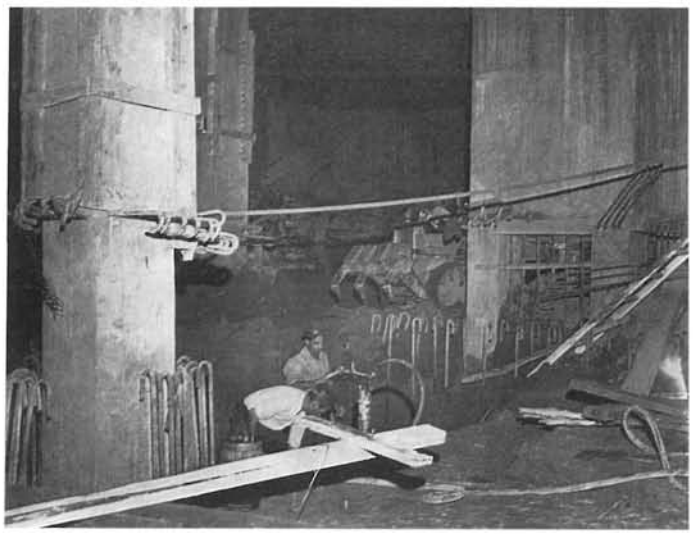
Las áreas paralelas a pasillos en fachadas norte y sur se subdividieron a su vez, según los casos, en despachos, pooles de secretarias y oficinas generales.

Se establecieron, en principio, tres categorías de despacho solamente:

Presidente:
6 ½ M × 8 M = 42,02 m².

Vicepresidente, Director general y Adjunto:
6 ½ M × 5 M = 26,325 m².

Jefe de Servicio:
4 ½ M × 4 M = 14,58 m².



Los elementos de separación se estudiaron con aislamiento fónico no inferior a 34 db y son opacos o transparentes según las distintas necesidades.

Los servicios sanitarios de cada planta, dispuestos en el núcleo central, como ya dijimos, se han dividido en dos grupos:

Aseos y guardarropa de jefes, situados entre el grupo de ascensores especiales y el de público.

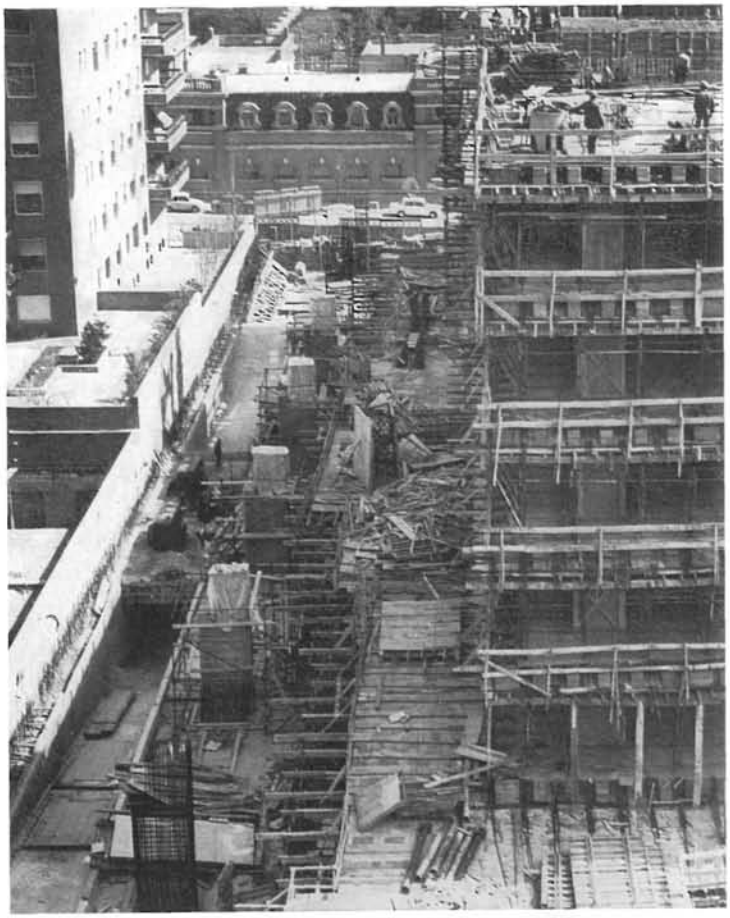
Aseos de personal, situados entre ascensores de público y el grupo de ascensores y elevadores de servicio.

Ambos grupos de aseos se proyectaron con revestimientos, separadores e instalaciones modulares, de manera que en cualquier momento puedan subdividirse, según las necesidades, en la forma conveniente.

Elementos de conexión de pilares con losa de cimentación realizada con estructura de sótanos terminada.

Tratamiento de hormigón visto del pilar sótano 3.°

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



En el pasillo de montacargas se proyectó un espacio para máquinas de autoservicio, de bebidas frías y calientes.

Consideraciones constructivas

Estructura

Hemos expuesto, anteriormente, el camino recorrido hasta la adopción de la actual estructuración del edificio con fachada portante exterior y núcleo central de accesos verticales.

Concebido así el esquema, el procedimiento lógico e inmediato de construcción de este núcleo es el hormigón armado por su posibilidad de moldeo y de absorber grandes esfuerzos bajo forma de pantallas.

Realizados los oportunos estudios comparativos para el resto de la estructura, volvieron a destacarse las grandes ventajas del hormigón armado por su resistencia al fuego, mantenimiento externo, altura de forjados, con facilidad de paso de conductos y, finalmente, precio.

Naturalmente, la puesta en obra y ejecución era más lenta y dificultosa que la de una estructura metálica, desventaja que quedó sobradamente compensada por las anteriores razones.

El forjado elegido, por sus características de reserva de resistencia y pequeño espesor para grandes luces, fue el de losa armada de estructura reticular, aligerada, coincidiendo la retícula con la modular.

Para los elementos portantes del exterior se analizaron con el mayor cuidado cuantas soluciones constructivas eran posibles, ha-

Vista parcial de la estructura de plantas de oficina correspondiente al núcleo central.

Armado de losas de forjado.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

biéndose adoptado finalmente la prefabricación en razón de la garantía de su acabado y la mayor resistencia característica del hormigón conseguido en taller, lo que permitió adelgazar los perfiles notablemente.

Los problemas de construcción de la ataguía de contención de tierras para los cinco sótanos proyectados se han resuelto mediante el empleo de pantalla continua de hormigón, anclada provisionalmente.

Cerramiento

El cerramiento del edificio quedó constituido por los elementos portantes de fachada que sirven de parasoles y por un acristalamiento situado en plano posterior, con pasillo intermedio.

La expresividad del edificio impuso que este cerramiento vítreo debía discurrir de suelo a techo y a todo lo largo, sin antepechos ni aparatos que interrumpieran la diafanidad.

Planteado así el problema, se encontró la solución de acondicionamiento de aire adecuado, quedando sólo por elegir, previamente al estudio de esta instalación, el tipo de acristalamiento a considerar. A tal objeto se realizaron los estudios de flujo de calor que atraviesan la parte acristalada, así como el estudio del porcentaje de cristal que queda expuesto al sol en la hora punta de cada fachada, que se resume en el siguiente cuadro:

	Este	Sur	Oeste	Planta
(%) Cristal al sol	56,0	65,0	56,0	21,0

Las horas punta de cada fachada son:

Este ... ... a las 8 a.m. solar de agosto.
Sur ... ... a las 12 m. solar de noviembre.
Oeste ... ... a las 4 p.m. solar de agosto.
Toda la planta ... ... a las 3 p.m. solar de agosto.

Ambos estudios y los precios de los distintos tipos de acristalamiento que la industria puso a nuestra disposición, determinaron la elección del doble acristalamiento estanco, como idóneo para nuestro caso.

Consideraciones estéticas

De cuantos factores determinan la creación de una obra de arquitectura es difícil valorar cuál ocupa el lugar preeminente. En realidad, función, construcción y estética se barajan entrelazadas desde que surgen las primeras ideas frente al papel cuando, como en nuestro caso, no se pretendió supervalorar cualquiera de ellas.

Por otra parte, las Ordenanzas Municipales determinan ya un volumen, una forma con la que debemos trabajar, a pesar de que creamos que un edificio no puede hacerse a golpe de ordenanzas.

Un edificio es un ser vivo, con su esqueleto, sus nervios y músculos, y su piel. Una criatura en constante tensión. Y es importante que se expresen esas tensiones internas traducidas en las formas estructurales.

Dice Walter Gropius que «la arquitectura vive, cambia, expresa lo intangible a través de lo tangible. Da vida a materiales inertes al relacionarlos con el ser humano. Concebida así, su creación es un acto de amor».

Y es que realmente toda creación es un acto de amor. Y de entrega por tanto.

Nuestro edificio apoya reciamente su volumen puro y tenso, en los grandes soportes de la planta basamental.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Detalle de sujeción de piezas de arranque y armado de pila perimetral de planta baja.

La retícula modular trasluce al exterior por doquier, ritmada con la serie de Fibonacci. Todo el volumen no es más que la expresión plástica de una teoría de números.

En cuanto al color y la materia, tan importantes, hemos intentado armonizar el primero con el tono dominante en Madrid, el gris rosado; en cuanto a lo segundo no hemos dudado en elegir el hormigón tratado de la forma conveniente a cada proceso de ejecución.

Los elementos prefabricados de fachada tienen aristas perfectas. Para obtenerlas y al mismo tiempo dejar descubierto el árido se ha previsto un tratamiento superficial de pulido mate.

Los hormigones fundidos en obra han tenido igual granulometría y tipo de árido y cemento. El tratamiento superficial será más tosco, como corresponde a la ejecución in situ, lo que se conseguirá estriando el encofrado y abujardando posteriormente.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

memoria de cálculo

Generalidades

El edificio consta de cinco sótanos, planta baja, siete plantas tipo, ático y sobreático.

Dadas las características del edificio, en el que era preciso conjugar la estética de la fachada con grandes luces en su interior, se ha elegido como estructura más idónea la de forjados horizontales, a base de placas planas aligeradas de hormigón armado, sistema FERCA, nervadas en dos direcciones, que se apoyan en su interior en puntos aislados constituidos por pilares de hormigón o en líneas continuas formadas por pantallas de caja de escalera que corren verticalmente de arriba a abajo del edificio.

Estas pantallas rigidizan extraordinariamente el edificio a efectos de dilataciones y retracciones. Análogamente absorben perfectamente todos los esfuerzos horizontales, tanto de viento como sísmicos.

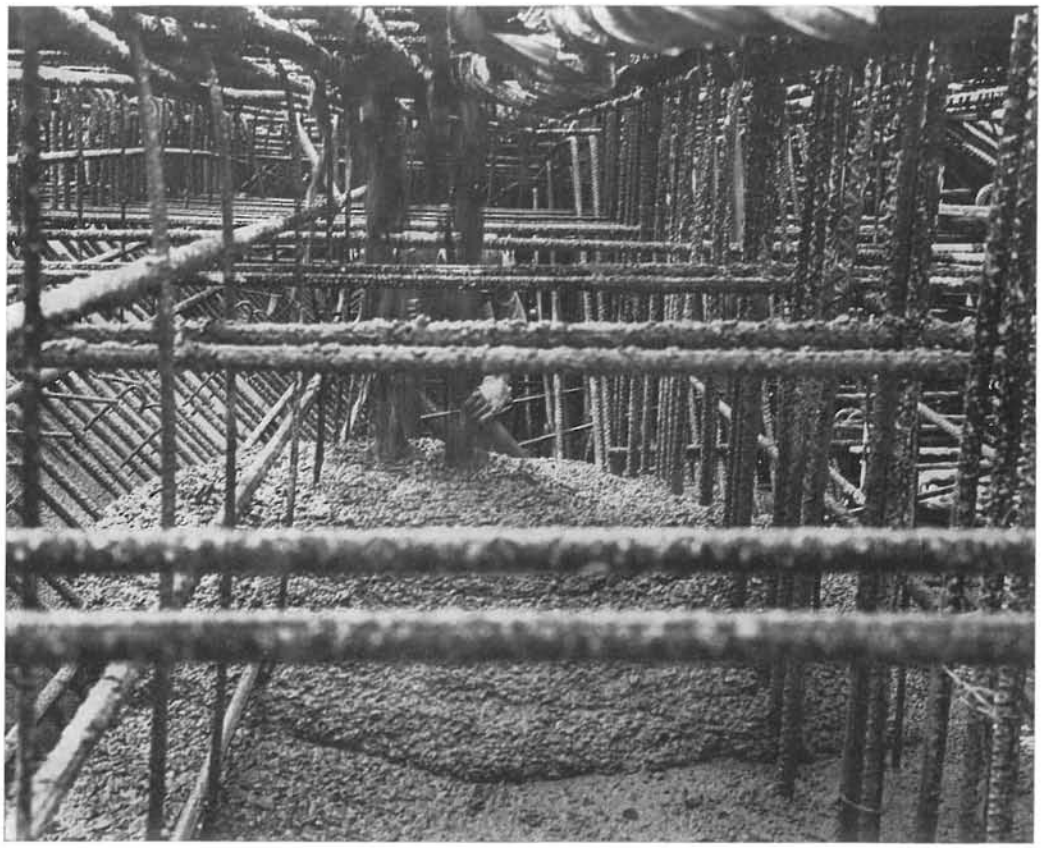
En el exterior el apoyo se compone de líneas continuas perimetrales de diversa naturaleza según las plantas.

En las plantas elevadas por encima de la planta primera, las líneas de apoyo exterior de los forjados están constituidas por dinteles del pórtico de fachada. Dicho pórtico se organiza mediante piezas prefabricadas de hormigón, en forma de cruz latina, cuyos brazos horizontales, en prolongación uno con otro, se solidarizan entre sí y con el forjado correspondiente por medio de un nervio de borde hormigonado in situ. Estas piezas están situadas cada 0,90 m, organizadas en vertical por simple apoyo de las piezas prefabricadas, unas sobre otras, a través de placas de neopreno. En la planta primera estos elementos apoyan sobre una gran viga perimetral de hormigón que constituye el dintel de la planta baja. El canto de la viga es de 2,25 m y tiene dos o tres vanos, según las fachadas, de 12,60 m de luz.

En las plantas por debajo del nivel del terreno, las líneas de apoyo de los forjados están compuestas por ménsulas metálicas empotradas en una pantalla perimetral de hormigón armado. Estas pantallas cumplen una doble función: contener las tierras y dar cerramiento a los sótanos.

El edificio así constituido proporciona un conjunto resistente de gran rigidez, en el que las cargas verticales que reciben los forjados de cada planta se transmiten, por flexión

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



Hormigonado de viga perimetral de planta baja.

de éstos en dos direcciones, a la fachada, las cajas de escalera y los soportes. Al llegar a la planta baja, las cargas de fachada pasan, por flexión de la viga perimetral, a los soportes correspondientes; y de dicha planta hasta el sótano inferior, los soportes y las cajas de escalera transmiten las cargas a la losa de cimentación.

Las cargas horizontales de viento o movimientos sísmicos son transmitidas por los forjados a las cajas de escalera, que por ser elementos cerrados constituidos por pantallas de hormigón ofrecen una gran rigidez, adecuada para absorber por flexión tales esfuerzos. Por tanto, los pórticos de fachada no reciben cargas horizontales, debiendo resistir únicamente las de dirección vertical.

Las cargas horizontales debidas a movimientos sísmicos no han sido tenidas en cuenta, ya que las últimas Normas sismorresistentes P.G.S. 1 (1968) sobre acciones sísmicas autoriza, para edificios situados en zona de grado sísmico inferior a 6 según la escala de Mercalli, a no considerar tales cargas horizontales, sobre todo en un caso, como el presente, en el que la rigidez de la estructura a esfuerzos horizontales es máxima.

La disposición del edificio en tres cuerpos independientes, con juntas de dilatación a unos 38 m de distancia máxima, permite que se lleven a efecto las deformaciones térmicas de conjunto sin que aparezcan esfuerzos de importancia por esta causa.

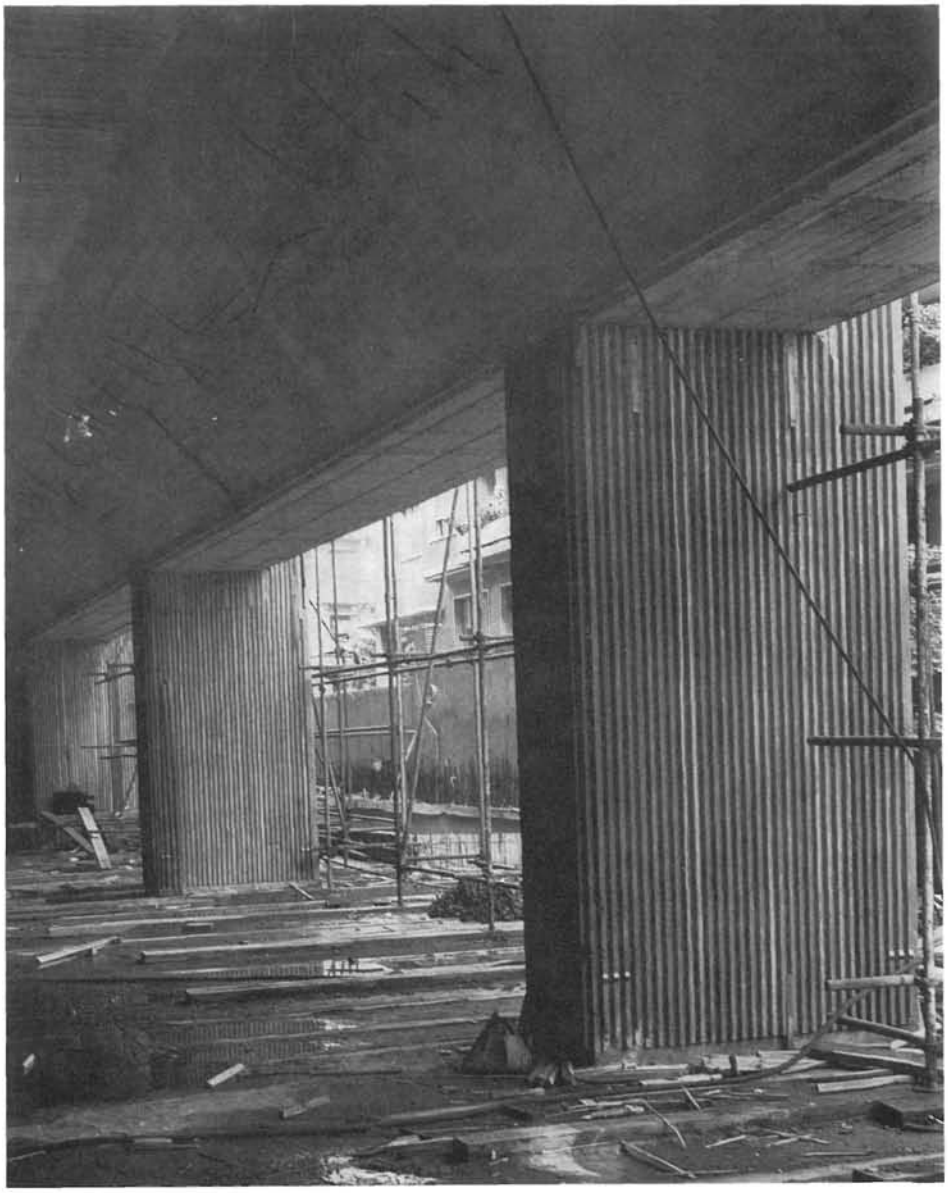
© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Antecedentes y exigencias que han conducido a la solución estructural de fachada

Al ser este edificio el primero de tal género que se construye en nuestro país, parece obligado referirse a los precedentes de edificios análogos que existen hoy día en el mundo.

Sin pretender establecer una relación exahustiva, recordaremos la Banca Lambert de Bruselas, de siete plantas sobre planta baja, cuyas piezas prefabricadas de fachada en forma de cruz, se unen mediante rótulas metálicas de acero inoxidable. El rascacielos del Centre Point, en Londres, de treinta y cinco plantas, en el que las piezas de fachada tienen forma de Y invertida y se unen rígidamente mediante soldadura y bulonaje de armadura en espera. La fábrica de superfosfatos Albatros, en Holanda, de cinco plantas, con elementos prefabricados en forma de H que se unen mediante placas metálicas y vástago centrador. El edificio de apartamentos Longo, en Nebraska (Estados Unidos), cuya estructura de doce plantas, aunque no vista al exterior, es del mismo tipo, con elementos en H y uniones por rosca y soldadura. El edificio para la empresa Janone de máquinas de coser, en Tokio, de siete plantas, sobre locales comerciales, con fachada portante de elementos cruciformes de hormigón pretensado. La Space House en Kingsway, en Londres, de planta circular y dieciséis plantas de altura, cuyas piezas prefabricadas de fachada, en forma de cruz, se unen mediante pasadores inyectados posteriormente a presión, etc.

Detalle de pilares y viga de planta baja.



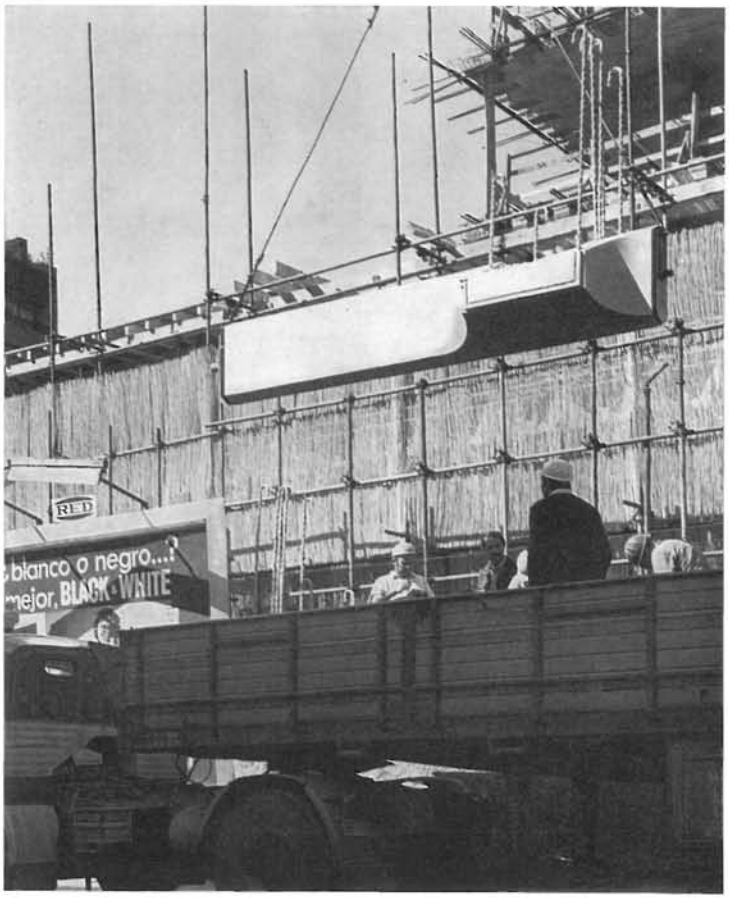
© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Detalle de útil mecánico para elevación de piezas tipo de fachada.

De carácter análogo, con unas y otras variantes, son los edificios para la Compañía Limitada Heinz, en Hayes Park, Middlesex (Inglaterra); la Embajada de los Estados Unidos, en Dublín; el garaje mecánico de Shoe Lane, en Londres; el Hospital de gineco-obstetricia de Isste en Nonoalco (México); la Embajada de Dinamarca, en París; etc.

Casi todos los ejemplos mencionados tienen en común sus fachadas portantes, constituidas por piezas prefabricadas de hormigón de altura igual a la de cada planta y de forma más o menos análoga.

Descarga y elevación de piezas de fachada.



Justificación funcional de la solución elegida

Adoptada en principio la solución de celosía portante exterior realizada con elementos prefabricados de hormigón, fue cuestión debatida el inclinarse por la solución de uniones rígidas o uniones articuladas.

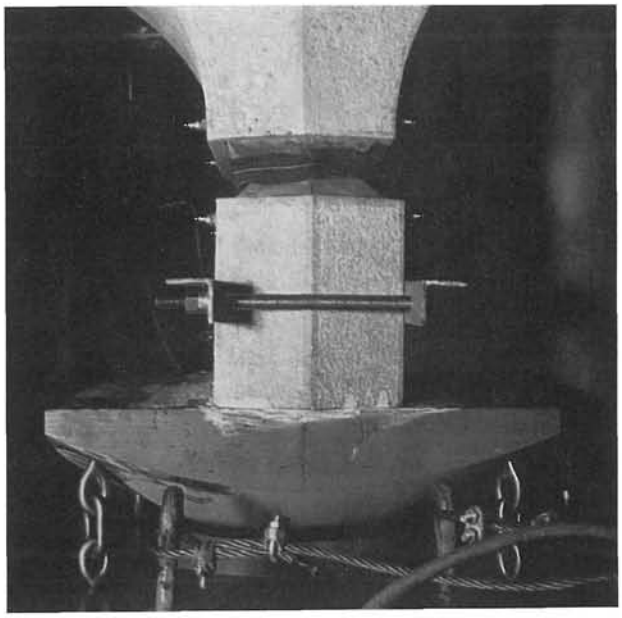
Llevados a cabo los oportunos estudios con el asesoramiento de importantes firmas dedicadas a la prefabricación de este tipo de estructuras en el extranjero y de acuerdo con los ensayos previos realizados sobre piezas a escala natural en el Instituto Eduardo Torroja, se decidió la solución de articulación sobre apoyos de neopreno.

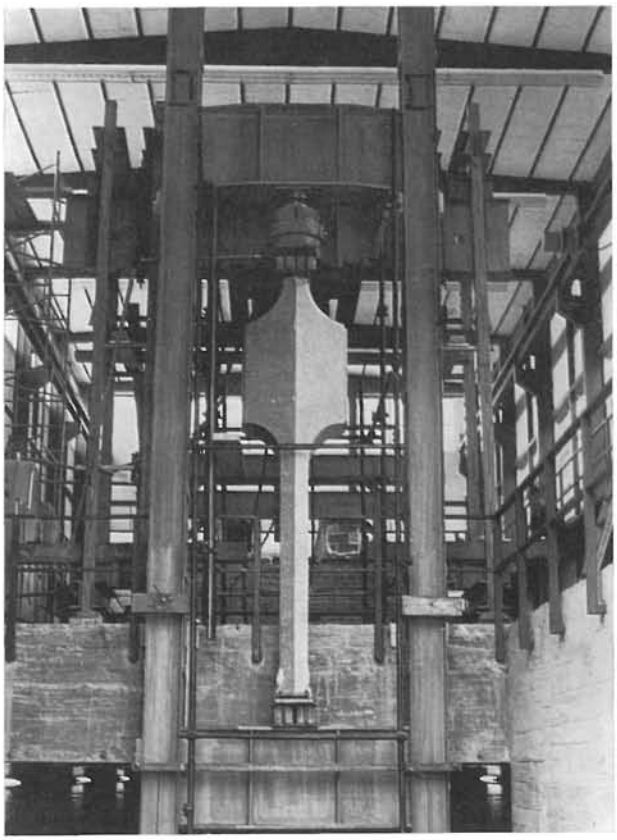
© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Descripción detallada de los restantes elementos componentes de la estructura

Pantalla de ataguía perimetral de sótanos

Es una pantalla de hormigón construida antes de la excavación del solar por el sistema de muro-pantalla «RODIO». Dado que la excavación consta de cinco sótanos estaba previsto el ir anclando dicha pantalla a medida que se hacía la excavación mediante filas de cables postensados, con lo que se consigue excavar la totalidad del solar. Dicha pantalla lleva la armadura indicada en los planos correspondientes y además placas especiales metálicas que sirven para apoyar posteriormente los forjados.





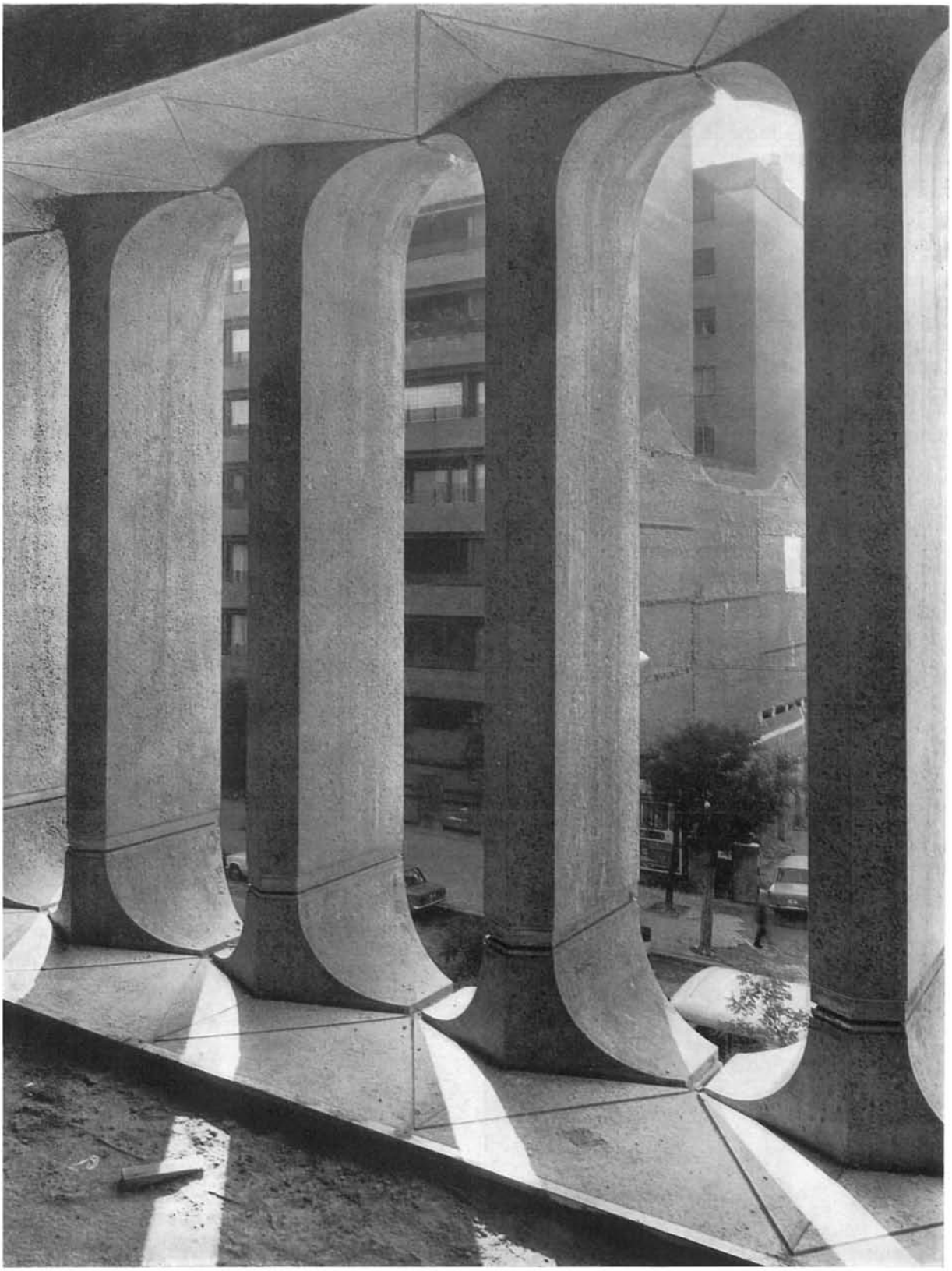
Cimentación

La cimentación es una losa de hormigón formada por vigas principales ortogonales de 2,50 × 3,08. Entre dichas vigas se ha dispuesto una losa aligerada con nervios de 1,50 × 0,56. El aligeramiento se ha efectuado mediante cuatro bloques «FERCA» de 70 × 70 × 22,5.

Pilares y pantallas

Las plantas sótanos van sustentadas por la pantalla de borde mediante el grupo de pantallas centrales en la zona de servicios y por un grupo de 28 pilares principales. En la planta sótano 5 hay unos pilares de hormigón para disminuir las luces, ya que en esta zona las sobrecargas son muy fuertes.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



Vista interior de piezas de fachada y pasillo perimetral terminado.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Placas de techo ático y de techo sobreático

Estas placas van retranqueadas con respecto a las placas tipo. El núcleo central de pantallas tiene diferencias con el de plantas tipo, como se indica en los planos correspondientes.

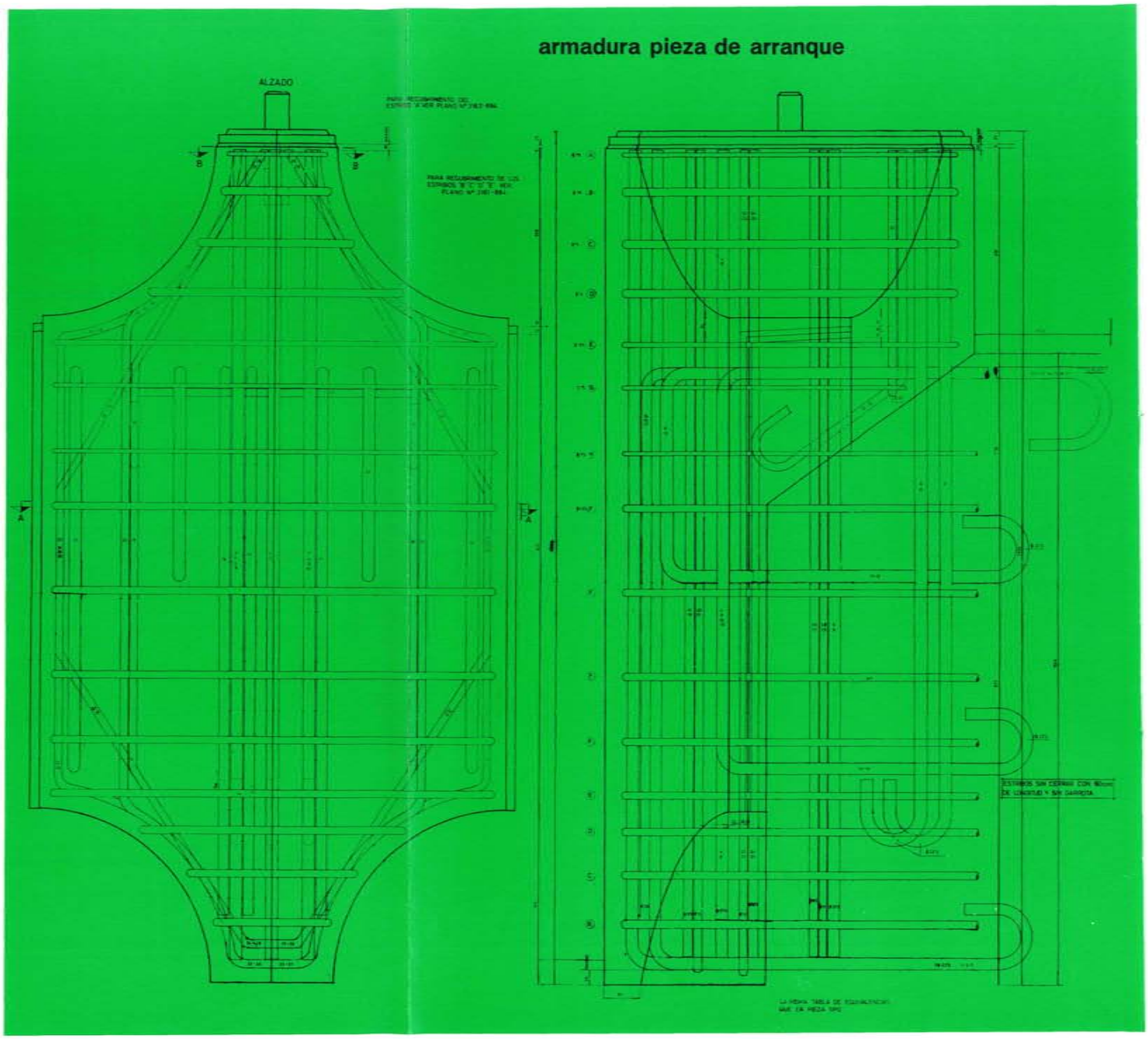
La particularidad más importante consiste en que el techo de ático en todo su perímetro exterior va colgado mediante tirantes ø 32, tipo Rea-42, de la planta techo de sobreático. Estos tirantes son recogidos arriba por una viga de borde, la cual se apoya sobre unas ménsulas con continuidad que, a su vez, apoyan en el núcleo central de pantallas. Todo este sistema de vigas de gran canto se halla arriostrado transversalmente.

En todo el borde de ambas placas van situados dos ángulos metálicos que sirven de anclaje de los tirantes.

Bases de cálculo

Cálculo de esfuerzos

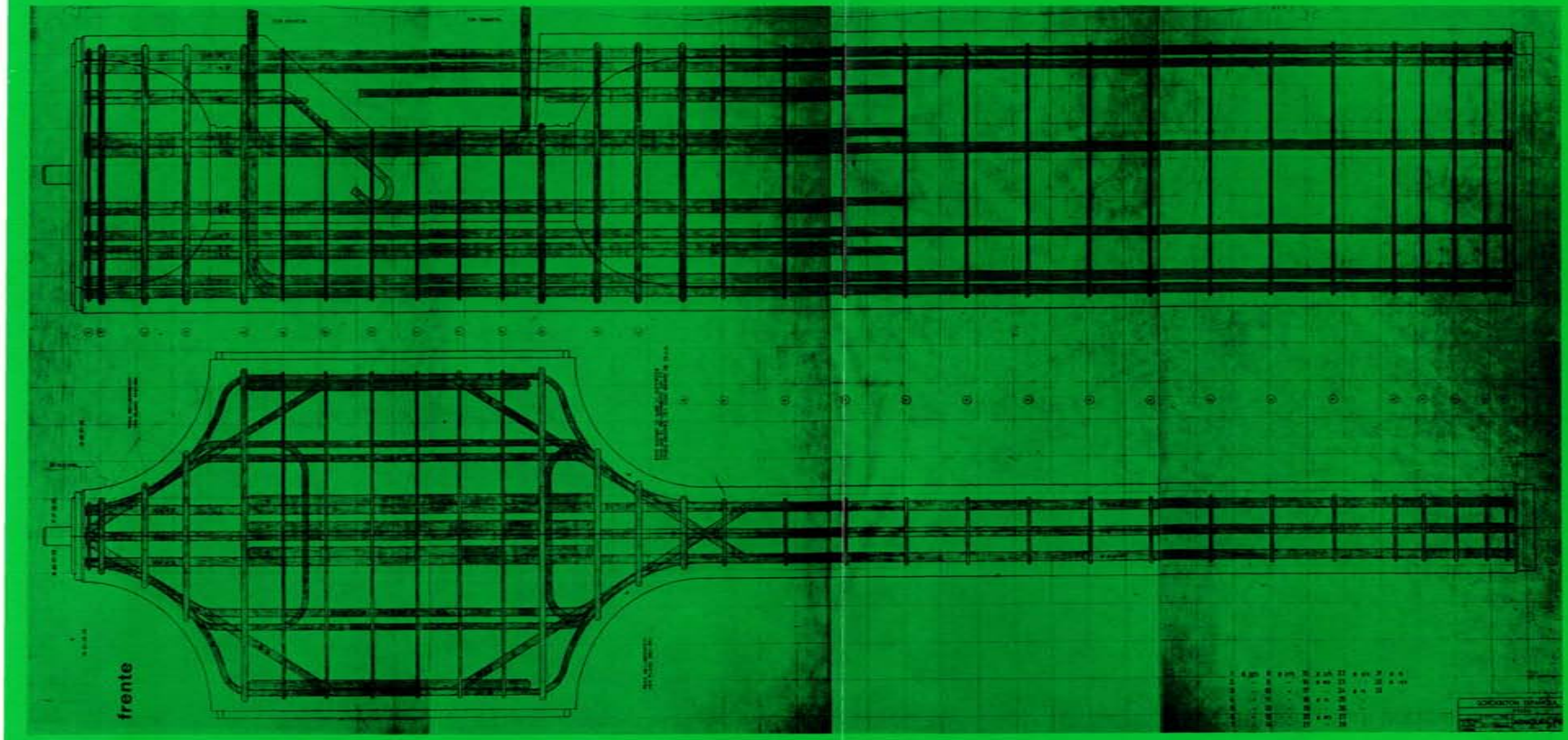
Se han empleado los métodos elásticos y el método en rotura del momento tope, con los coeficientes de mayoración y minoración de 1,65 para las acciones, 1,5 para el hormigón y 1,2 para el hierro.



http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es
© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

lateral

armadura pieza tipo



Placas de sótano

Se han previsto —como hemos dicho anteriormente— unas placas metálicas en el muro para el apoyo de las losas. Se ha prestado especial atención a las zonas de rampas, donde se ha previsto que los empujes del muro, caso de que se corten los anclajes, sean absorbidos por éstas, calculadas como vigas de gran canto.

Placas de pisos

Estas placas van apoyadas perimetralmente en la fachada resistente, que está formada por elementos prefabricados separados a 0,90 m.

Se han dispuesto dos juntas tranversales en el edificio que lo dividen en tres partes, siendo simétricas las dos laterales.

El espesor es de 50 cm, conseguido con dos bloques «FERCA» de 22,5 cm y una capa de compresión de 5 cm.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Inicialmente se calcularon por procedimientos electrónicos dos pórticos: uno, transversal, en el que se ha tenido en cuenta la dilatación y retracción, y otro, longitudinal, de fachada, en que, además, se han tenido en cuenta los descensos elásticos de los pilares de fachada debidos a la flecha de la viga de gran canto de la planta 1.ª

El pórtico de fachada se ha calculado considerando la hipótesis de nudos rígidos, ya que de otra forma era irrealizable, en ese momento, por no disponerse de computadores de la capacidad requerida.

Para poder obtener los momentos más aproximados en el sentido transversal de la pieza se han introducido posteriormente momentos correctores cuyo reparto ha producido que se obtengan momentos prácticamente nulos en las rótulas, con lo que se reproducen exactamente las condiciones de trabajo de las piezas de fachada en el conjunto.

Para el cálculo de la junta de neopreno se dieron como giros que debía admitir la misma:

$\theta_{xx} = 0{,}00130$ radianes, según la dirección perpendicular a la fachada principal.
$\theta_{yy} = 0{,}00200$ radianes, según la dirección paralela a la fachada principal.

Cálculo de la junta de neopreno

La junta primitiva que se ensayó estaba formada por una parte rectangular y dos triángulos, los cuales hemos suprimido por su poca sección y el aumento de rigidez que producían según el eje **xx**.

Para el cálculo se han tenido en cuenta las dimensiones siguientes: 0,54 en dirección **xx** y 0,20 en dirección **yy.**

El espesor se ha tomado igual a 24 mm.

La placa tipo ha de soportar los siguientes esfuerzos:

— Carga centrada **N** = 100 Mp.
— Giro **xx** = 110×10^{-5} radianes.
— Giro **yy** = 200×10^{-5} radianes.

Las características del neopreno utilizado son:

— Dureza shore A = 65°.
— Módulo E = 55 kp/cm².
— **G** = 13 kp/cm².

Comprobaciones del proyecto de estructura

Posteriormente a la redacción del proyecto, y dada la importancia de la obra, tanto la propiedad como el equipo proyectista juzgó conveniente someter el proyecto de estructura a un análisis exhaustivo empleando las técnicas más avanzadas. A tal fin, se encargó dicho estudio a un grupo de especialistas, formado por los Ingenieros de Caminos: Torroja Cavanilles, García Meseguer, Fernández Sánchez y Morán Cabré. A continuación se describen los cálculos realizados sobre los forjados tipo y las piezas prefabricadas de fachada.

Forjado tipo

Cálculo de esfuerzos

Consideraciones previas

El forjado se asimiló a un emparrillado plano cuya definición geométrica se da en la figura A. A cada barra del emparrillado se le asignan las características mecánicas de la zona de forjado que representa, y en las zonas de corte se establecen las condiciones que corresponden a la simetría existente.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

En el emparrillado se tiene en cuenta la colaboración a flexión de los soportes y de la fachada. Respecto de esta última se estudian separadamente diversas condiciones de apoyo, de acuerdo con lo que a continuación se indica:

Caso 1.° Se supone el forjado elásticamente empotrado en los bordes de fachada, supuestos tales bordes fijos pero con una rigidez a giro igual a la que poseen las piezas de fachada (empotramiento elástico con descensos coartados). Este esquema representa, con buena aproximación, a los forjados de plantas superiores, ya que los descensos diferenciales de sus apoyos, según el estudio del pórtico de fachada, son muy pequeños.

Este caso se estudia con dos valores distintos de rigidez a giro de la fachada: uno el valor teórico y otro un valor virtual, del orden de la tercera parte del teórico. De este doble cálculo se obtiene una información comparativa de la influencia que ejerce este parámetro, pudiéndose estimar así, con mayor seguridad, el valor de los momentos positivos en el forjado.

Caso 2.° Es idéntico al anterior salvo en lo que se refiere a las piezas de esquina (nudo 88), que se supone aquí no dan apoyo al forjado; dicho de otro modo: el nudo 88 se deja libre para permitir el levantamiento de esquina. Este caso se estudia con los dos valores de las rigideces, real y virtual, mencionados anteriormente.

Caso 3.° Se supone el forjado apoyado en puntos a los que se impone un descenso, igual al obtenido para la viga perimetral de fachada en el estudio de ésta. Este esquema representa, con buena aproximación, a los forjados de plantas inferiores; y sus resultados, en cuanto a cortantes transmitidos por el forjado se refiere, dan una valiosa información comparativa con los correspondientes de los casos anteriores.

Este caso se estudia únicamente con el valor real de la rigidez a giro de la fachada.

Hipótesis de carga

Dadas las sobrecargas que pueden actuar en las distintas zonas del forjado, se estudian las siguientes hipótesis de carga:

En el **caso 1.°**, las cuatro hipótesis de carga definidas en los croquis de la figura B.

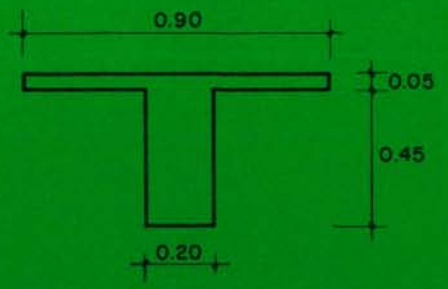
En el **caso 2.°**, hipótesis de carga número 1 de las cuatro anteriores.

En el **caso 3.°**, hipótesis de carga número 1 de las cuatro anteriores; hipótesis de descensos impuestos a los apoyos y suma de ambas hipótesis.

Los valores de las cargas que se han adoptado son:

peso propio de forjado	700 kp/m²
solado	100 kp/m²
tabiquería	100 kp/m²
total carga permanente	900 kp/m²
sobrecarga	300 ó 600 kp/m², según zonas indicadas en los planos.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



NERVIO TIPO

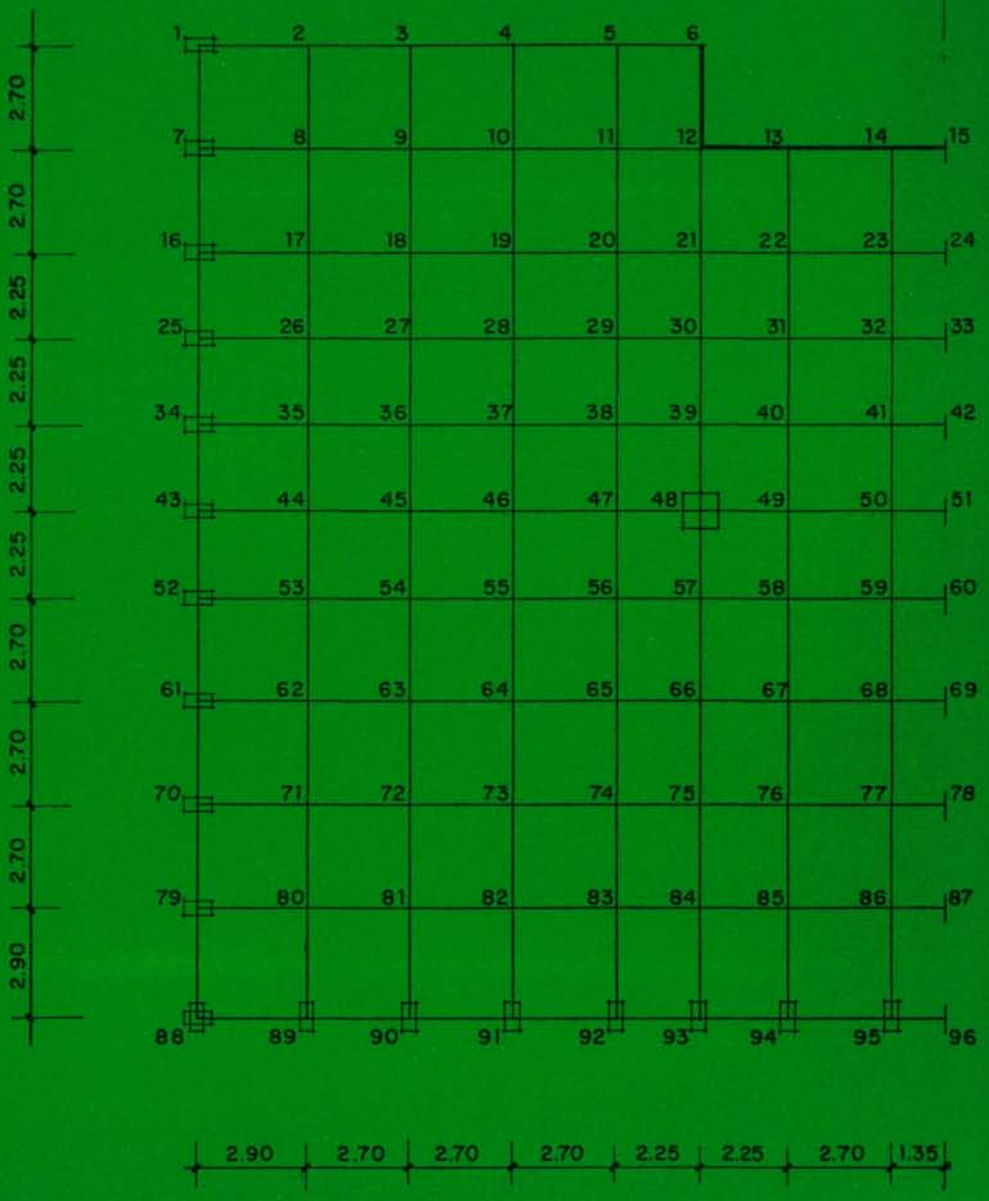
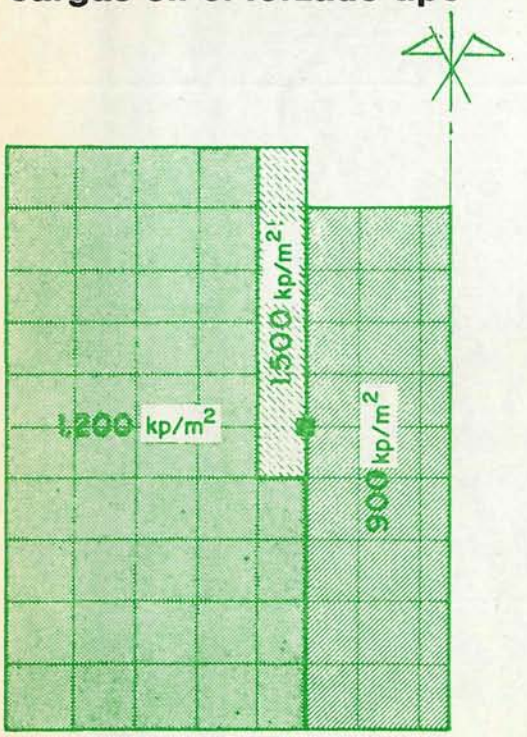


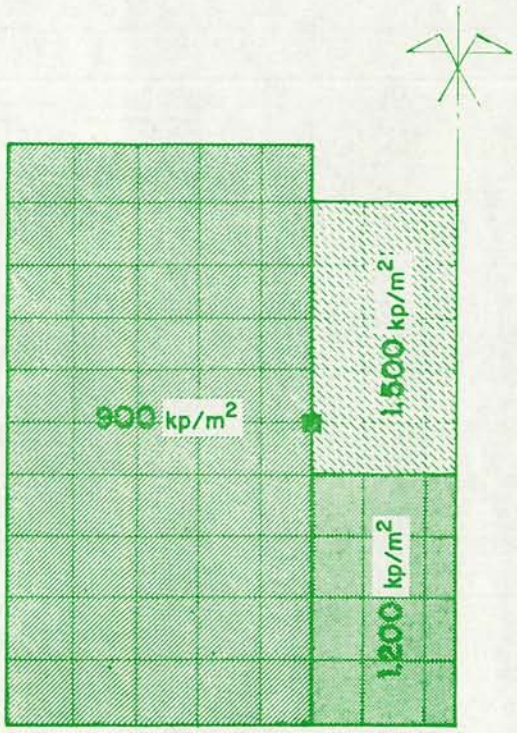
Fig. A **Emparrillado equivalente del forjado tipo**

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

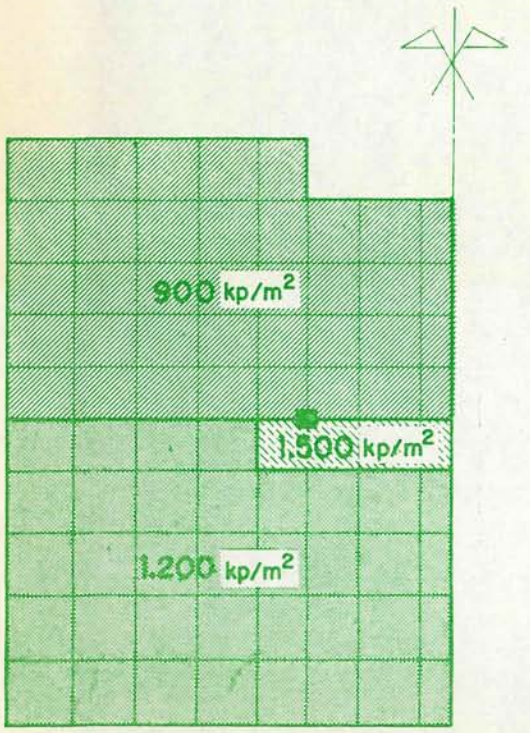
cargas en el forzado tipo



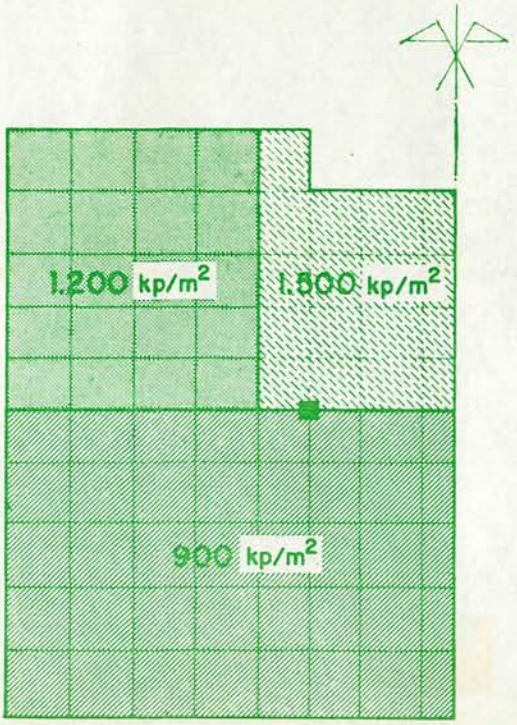
HIPOTESIS 1



HIPOTESIS 2



HIPOTESIS 3

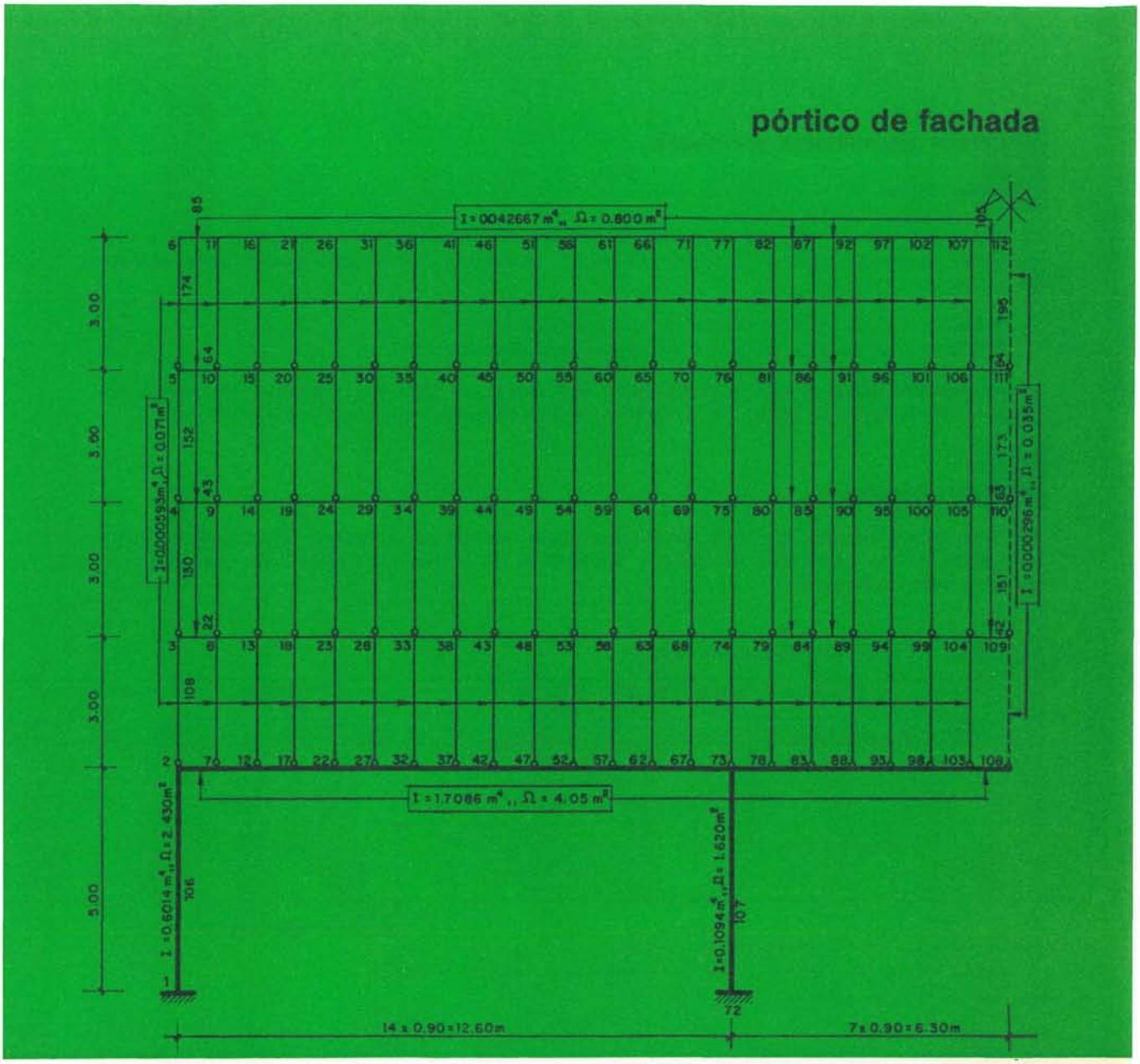


HIPOTESIS 4

Fig. B

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

pórtico de fachada



Las cargas se suponen concentradas en los nudos, lo cual introduce errores despreciables.

En el **caso 3.°**, los descensos que se imponen a los apoyos de borde son los que corresponden a la diferencia de flechas entre la deformada de la viga perimetral de planta baja y su cuerda.

Determinación de esfuerzos

Con los datos anteriores la estructura puede introducirse en un computador ELLIOTT 803, aplicando el programa RM4-AE del Instituto Eduardo Torroja.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Esfuerzos transmitidos a fachada

Esfuerzos axiles

La distribución de cargas sobre la fachada, en las distintas hipótesis de apoyos fijos o con descenso, viene resumida en la tabla I. De ella se deduce que dicha distribución varía, respecto a la media, entre:

- 0,82 y 1,15 para la hipótesis de apoyos fijos, y
- 0,73 y 1,28 para la hipótesis de apoyos con descenso,

lo que permite asegurar que la distribución de cargas adoptada en el estudio del pórtico de fachada, en la relación 0,8 a 1,2, es suficientemente representativa de la realidad.

Momentos flectores

Los momentos flectores que el forjado transmite a fachada se obtuvieron efectuando la suma algebraica de los momentos flectores y torsores de las barras del emparrillado que concurren en cada nudo de fachada.

TABLA I. Resumen de acciones transmitidas a fachada

NERVIO	CORTANTE EN FACHADA (TONELADAS) (1)		CARGA DIRECTA A FACHADA	AXIL TOTAL TRANSMITIDO (TONELADAS) (3)		ANCHURA TRIBUTARIA	AXIL TRANSMITIDO POR METRO		VARIACION RESPECTO A LA MEDIA	
	APOYOS FIJOS	APOYOS CON DESCENSO	(TONELADAS)(2)	APOYOS FIJOS	APOYOS CON DESCENSO	(METROS)	APOYOS FIJOS	APOYOS CON DESCENSO	APOYOS FIJOS	APOYOS CON DESCENSO
81-90	11,46	10,37	4,70	16,16	15,07	2,70	5,99	5,58	0,90	0,85
82-91	14,70	13,40	4,70	19,40	18,10	2,70	7,19	6,70	1,08	1,02
83-92	14,60	14,70	4,31	18,91	19,01	2,475	7,64	7,68	1,15	1,17
84-93	12,60	15,10	3,91	16,51	19,01	2,25	7,34	8,45	1,11	1,28
85-94	12,20	12,30	3,23	15,43	15,53	2,475	6,23	6,27	0,94	0,95
86-95	11,50	9,70	3,23	14,73	12,93	2,70	5,46	4,79	0,82	0,73
						VALOR MEDIO	6,64	6,58		

(1) ESTE VALOR FIGURA EN EL LISTADO DE RESULTADOS DEL COMPUTADOR

(2) ES LA CORRESPONDIENTE AL AREA TRIBUTARIA DE FORJADO QUE GRAVITA SOBRE CADA NUDO DE FACHADA

(3) SUMA DE LAS DOS COLUMNAS ANTERIORES

Estructura de fachada

Elemento que se estudia

La estructura en estudio está compuesta por seis pórticos inferiores simétricos, de tres vanos, sobre los que descansan siete pórticos en altura cuyos montantes verticales, situados a 0,90 metros de distancia entre sí, están articulados a 0,60 m de su base. Los vanos inferiores tienen 12,60 m de luz y las alturas de los pórticos son, de abajo a arriba, de 4,70; 3,40; 4,50; 5,00 y 7 $\times$ 3,60 m, respectivamente.

Con objeto de obtener un esquema ideal de la estructura apto para su tratamiento mediante el cálculo electrónico, y dadas las limitaciones de capacidad de los programas al uso, se introducen las siguientes simplificaciones:

- estudiar en computador únicamente cuatro plantas de fachada prefabricada y la planta baja, prescindiendo de las plantas de sótano y sustituyendo las plantas superiores suprimidas por un sistema de cargas equivalente;

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

- considerar las articulaciones localizadas a nivel de los forjados y que los soportes de planta baja están empotrados.

La estructura así definida se halla sometida a su peso propio + un sistema de cargas verticales en coronación representativas de las plantas suprimidas + un sistema de cargas a nivel de cada piso representativas de las que transmite el forjado correspondiente.

Cálculo de esfuerzos

El esquema estructural equivalente está formado por un conjunto de barras horizontales y verticales, a cada una de las cuales se le asignan las características geométricas y mecánicas de las piezas que representa. En las zonas de corte se introducen las condiciones que corresponden a la simetría existente.

Las barras verticales corresponden a los fustes de las piezas prefabricadas; y las barras horizontales, a los brazos de estas piezas completados con el nervio de borde de los forjados.

Para tener en cuenta los acortamientos del neopreno se considera una sección ficticia de los fustes de las piezas prefabricadas, inferior a la real, tal que los acortamientos correspondientes sean iguales a la suma de los acortamientos reales pieza-neopreno.

Como los nudos de las zonas de vano bajan más que los de las zonas de apoyo, los primeros toman menos carga que los segundos. Para tener en cuenta esta circunstancia, y de acuerdo con los cálculos del forjado, se establece un reparto proporcional a 0,8 y 1,2, respectivamente, en todas las plantas inferiores.

Determinación de esfuerzos en piezas prefabricadas

Con todos los datos anteriores puede prepararse la estructura para introducirla en un computador IBM 1130, aplicando el programa STRESS.

Esfuerzos axiles y momentos flectores

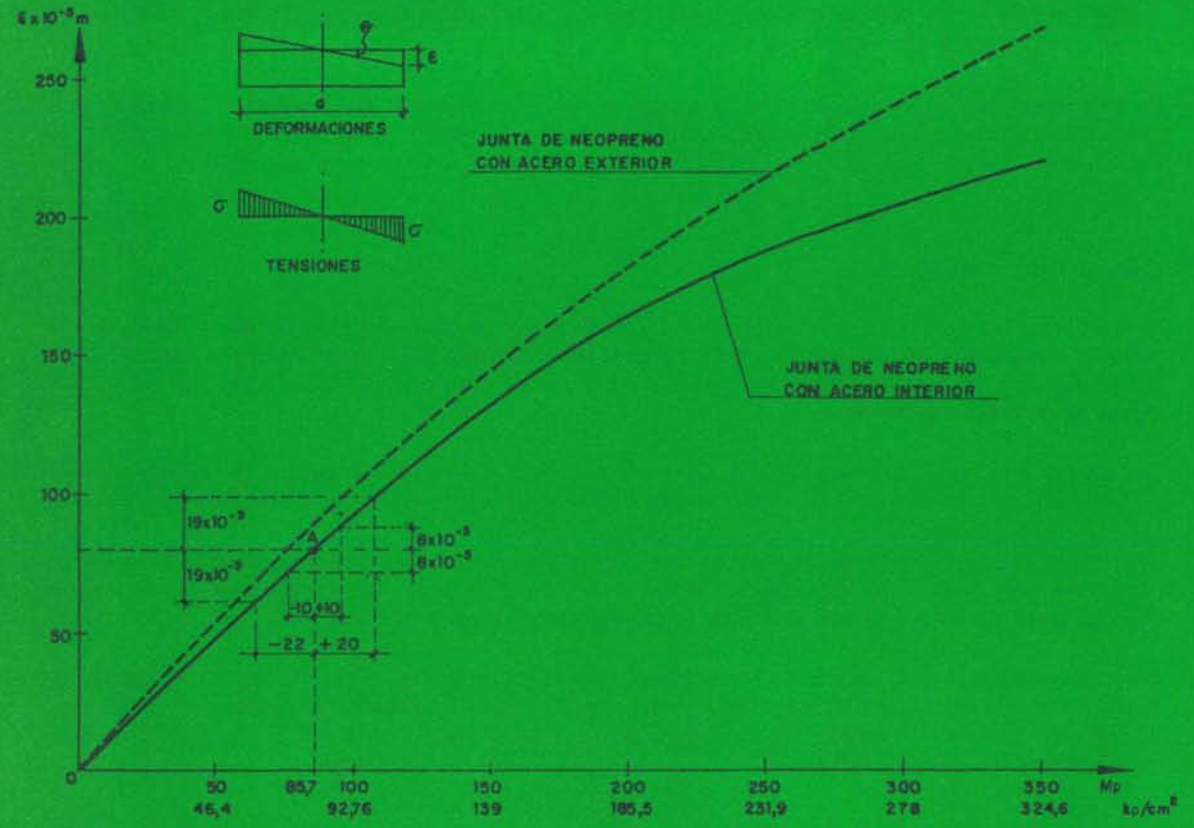
El listado de resultados del computador da las solicitaciones que actúan en el plano de la estructura. En cuanto a los momentos flectores perpendiculares a fachada, sus valores se deducen del estudio del forjado.

Al no ser la junta de neopreno una articulación perfecta como se ha supuesto hasta aquí, ya que absorbe un cierto momento en cada dirección, función del giro correspondiente, es necesario calcular el valor de ese momento para corregir los obtenidos en los cálculos con el computador.

En la hipótesis de articulación perfecta, el giro máximo en el plano de fachada resulta igual a 80×10^{-5} radianes, y en el plano perpendicular a fachada (del cálculo del forjado tipo) resulta igual a 70×10^{-5} radianes. A partir de estos giros y con ayuda del diagrama tensión-deformación obtenido para el neopreno en los ensayos realizados en el Instituto Eduardo Torroja, pueden calcularse los límites superiores de los momentos que se producen en la articulación (ver figura C).

No siendo lineal el citado diagrama, los límites superiores de los momentos se han obtenido considerando el valor máximo del esfuerzo axil para quedar del lado de la seguridad.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



Flexión absorbida por los apoyos de neopreno — Fig. C

Ese valor máximo es de 85,7 Mp, que nos define el punto A de la curva. El acortamiento vale:

$$\varepsilon = \frac{\mathbf{a}}{2} \cdot \operatorname{tg} \theta \, ;$$

con lo que resulta:

— en el plano de fachada $\begin{cases} \mathbf{a} = 0{,}20 \text{ m}; \\ \theta = 80 \times 10^{-5}; \\ \varepsilon = 8 \times 10^{-5} \text{ m}; \end{cases}$ — perpendicular a fachada $\begin{cases} \mathbf{a} = 0{,}55 \text{ m}; \\ \theta = 70 \times 10^{-5}; \\ \varepsilon = 19 \times 10^{-5} \text{ m}. \end{cases}$

Al llevar estos valores a la curva, a uno y otro lado del punto A, obtenemos las tensiones extremas: + 10 kp/cm²; — 10 kp/cm² y + 20 kp/cm²; — 22 kp/cm² en el neopreno. En el segundo caso puede aceptarse como equivalente una distribución lineal simétrica de la tensión, con valores extremos de ± 21 kp/cm². El momento vale:

$$\mathbf{M_n} = \frac{1}{6} \cdot \sigma \cdot \mathbf{a}^2 \cdot \mathbf{b} \, ;$$

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

con lo que:

— en el plano de fachada:

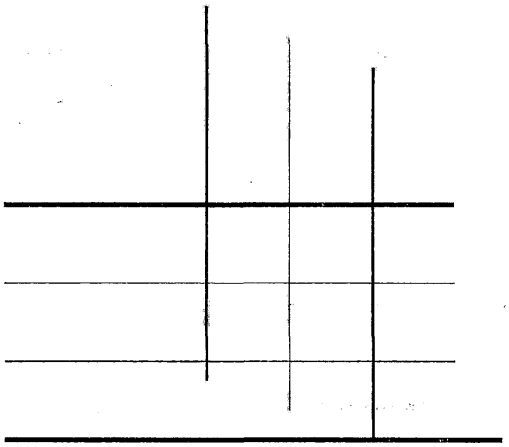
$$M_n = \frac{1}{6} \times 10 \times 20^2 \times 55 \times 10^{-5} = 0{,}37 \text{ m} \cdot \text{Mp} ;$$

— perpendicular a fachada:

$$M_n = \frac{1}{6} \times 21 \times 55^2 \times 20 \times 10^{-5} = 2{,}1 \text{ m} \cdot \text{Mp} .$$

Estos momentos modifican los obtenidos en testas de piezas, los cuales deben ser aumentados por este efecto en una cantidad que, en el caso más desfavorable (planta superior), vale la mitad del valor M_n correspondiente. Se adopta este valor para todas las plantas, con el fin de quedar del lado de la seguridad.

También se estudiaron otros elementos críticos, como la viga de planta baja, losa de cimentación sobre apoyos elásticos, con varias hipótesis del coeficiente de balasto, etc. Este estudio completo puso de manifiesto que, en general, el proyecto inicial, aun estando estudiado con métodos más simplificados, tenía una gran concordancia con los resultados finales que se obtuvieron. Algunos elementos, como las piezas prefabricadas, pudieron disminuirse de armadura e, incluso, existía la posibilidad de hacer distintos armados según zonas y plantas.



résumé

Edifice Beatriz - Madrid (Espagne)

E. Población, Dr. architecte
M. Crespo et **R. Crespo,** Drs. ingénieurs
R. Fernández, A. García Meseguer et
J. A. Torroja, Ingénieurs-conseil

Dans cet article, les auteurs décrivent les objectifs, programme, antécédents architecturaux, solution adoptée, construction, calcul et essais qui ont été nécessaires à la réalisation de cet important édifices de bureaux, qui unit, à sa ligne dépurée de moderne facture, une structure très intéressante de plusieurs points de vue, développée en haut et en large de ses cinq sous-sols et ses dix niveaux supérieurs.

summary

«Beatriz» Building - Madrid (Spain)

E. Poblacion, Dr. architect
M. Crespo & **R. Crespo,** Dr. engineers
R. Fernández, A. García Meseguer &
J. A. Torroja, consulting engineers

This article describes the purpose, program and architectural plan, as well as the final design, system of construction, calculations and tests connected with this important office building, which has a finely evolved and modern style, and an interesting structure, affecting its five basements and ten floors above ground level.

zusammenfassung

Beatriz-Gebäude - Madrid (Spanien)

E. Población, Dr. Architekt
M. Crespo und **R. Crespo,** Dr. Ingenieure
R. Fernández, A. García Meseguer y
J. A. Torroja, Konsulting-Ing.

Dieser Artikel behandelt den Bau eines wichtigen Bürogebäudes mit fünf Kellergeschossen und zehn Stockwerken. Man beschreibt die angewandte Lösung, unter Berücksichtigung der Vorversuchen und Berechnungen, die nötig erschienen, um diesen Bau verwirklichen zu können.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es