



1

Edificio con elementos prefabricados en Minsk.

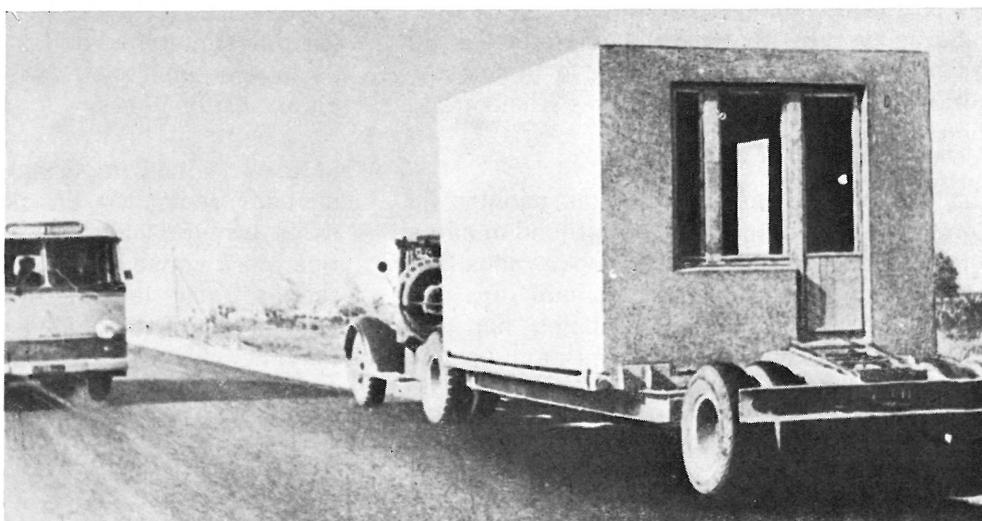
la prefabricación integral en URSS

F. AGUIRRE DE YRAOLA,
Dr. arquitecto

sinopsis

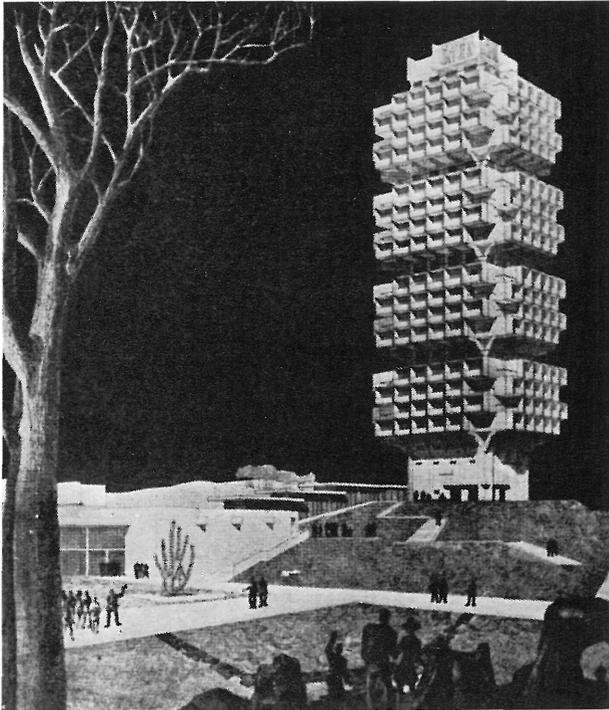
124 - 27

En el presente artículo se exponen las principales directrices de la investigación soviética en el tema de edificios de altura industrializados. Se hace un análisis de los principales sistemas de células espaciales o módulos tridimensionales prefabricados, de sus procedimientos de integración en los complejos estructurales de la edificación de altura, y de los esquemas y métodos de cálculo propuestos. Se incluyen también esquemas de los procedimientos de fabricación correspondientes a las principales tecnologías de la fabricación en serie de los módulos.



2

Células prefabricadas transportadas por el territorio soviético.



FOTOS: J. J. LOPEZ DEL AMOR

3

Hotel de 25 plantas en construcción, en Sochi, con módulos sobre plataformas con ménsulas apoyadas en un fuste monolítico de hormigón.

Todo este proceso, que arranca del famoso Congreso de la CEE celebrado en Praga en 1964, ha servido para que la investigación científica y técnica haya avanzado algo, y que existan unas recomendaciones e incluso un intento de normativa para proteger con una cierta garantía la aplicación de estos nuevos sistemas no convencionales.

Sin embargo, en un reciente viaje de estudios por la Unión Soviética, con motivo del Simposio sobre edificios altos prefabricados, organizado por el Consejo Internacional de la Edificación (CIB), he tenido ocasión de conocer los progresos de la investigación en el campo de los grandes edificios construidos con células tridimensionales que constituye el estadio más avanzado del complejo tema de la construcción industrializada.

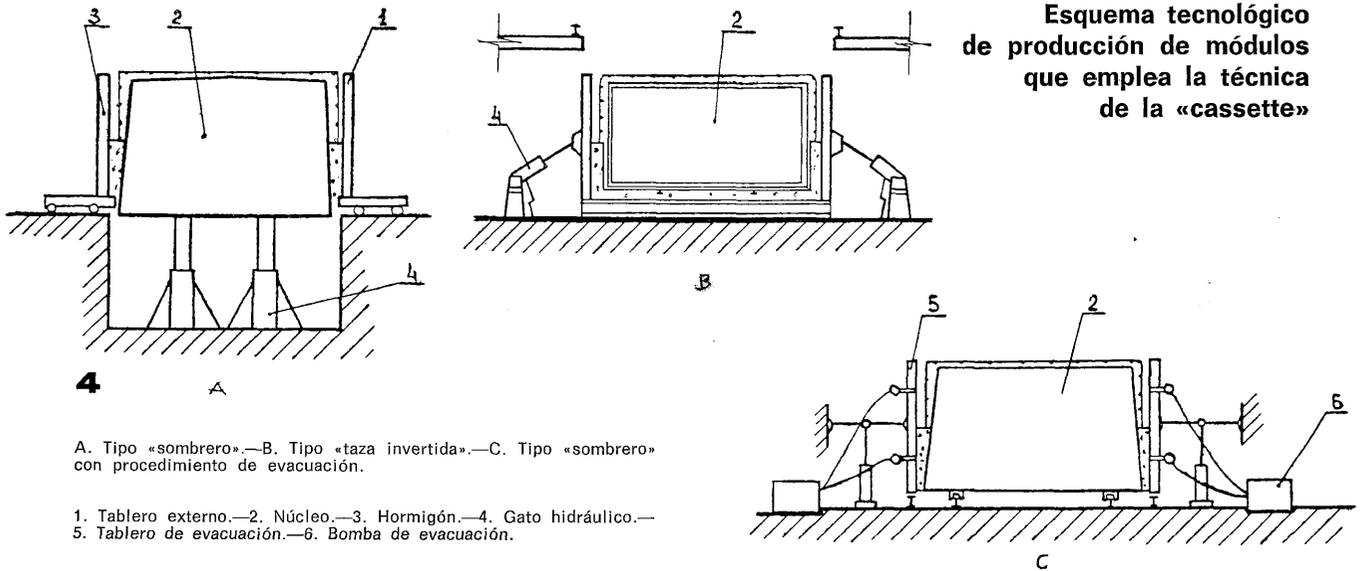
En la Unión Soviética, la construcción de viviendas aumenta progresivamente de año en año. La realización del programa estatal, que intenta superar el déficit de viviendas existente, como en todos los países, requiere un aumento de la productividad, y debido al desarrollo simultáneo de las restantes industrias de la economía rusa constituye un serio problema actualmente.

Esta es la más importante razón por la cual se está dedicando un esfuerzo en el orden de la investigación, tanto teórica como práctica, para conseguir que la prefabricación total, es decir, la construcción de módulos o células tridimensionales con los equipos de instalaciones y con todos los acabados incorporados ya en factoría, logre realizar unos edificios de una importancia y de una altura que satisfagan las exigencias urbanísticas y funcionales de los ambiciosos planes soviéticos.

Algo se ha escrito ya en nuestro país sobre la Industrialización de la Construcción. Y también se han construido varios miles de viviendas en diversas ciudades de nuestro territorio por procedimientos industrializados. Pero para el hombre de la calle, en general, la idea de habitar un edificio prefabricado suele ir acompañada de la sensación de riesgo, endeblez y chapuza. En la actualidad, la gente empieza a comprarse un chalet de una planta prefabricado, pero pocas personas imaginarían la posibilidad de vivir en un edificio de treinta plantas construido con elementos prefabricados como quien monta un rompecabezas, y que el usuario pudiera gozar de las mismas comodidades y de la misma seguridad que el habitante de un edificio tradicional.

Los sistemas a base de grandes paneles de hormigón prefabricados, los procedimientos empleando encofrados túnel o encofrados perdidos e, incluso, algún intento que otro con módulos o células tridimensionales, han producido incluso algunas patentes genuinamente españolas que constituyen un laudable ejemplo de intentar la liberación de los onerosos royalties que gravan la economía nacional, tan quebrantada en los críticos momentos actuales.

Esquema tecnológico de producción de módulos que emplea la técnica de la «cassette»



A. Tipo «sombrero».—B. Tipo «taza invertida».—C. Tipo «sombrero» con procedimiento de evacuación.

1. Tablero externo.—2. Núcleo.—3. Hormigón.—4. Gato hidráulico.—5. Tablero de evacuación.—6. Bomba de evacuación.

Adoptando como base las diversas combinaciones de características específicas de los sistemas estructurales, de sus métodos y procesos de producción y de las funciones de los edificios a base de módulos tridimensionales, la totalidad de las empresas rusas implantadas recientemente se divide en 7 grupos o tecnologías que se designan con el nombre de la localidad donde se halla situada la factoría básica. Esta división corresponde a las soluciones estructurales y tecnológicas desarrolladas por las diversas ciudades del territorio, y que reciben los nombres de tipo o técnica de Krasnodar, Kremenchug, Minsk, Vologda, Khabarovsk, Bogodukhovo y Pridneprovsk, y que se diferencian entre ellas fundamentalmente por la manera de hormigonar los módulos e incorporar los equipos y acabados a ellos, por la clase de moldes empleados y por el sitio en que se verifica la incorporación de los elementos (factoría y obra).

La capacidad anual de producción de estas factorías básicas oscila entre los 70.000 y los 160.000 m² de superficie construida en planta, y se han erigido con las decenas de miles de unidades fabricadas ya hasta el presente, edificios de 5 y 9 plantas, preferentemente.

Todas estas tecnologías, sin embargo, pueden agruparse en dos procedimientos principales de fabricación de las células tridimensionales: la técnica «cassette» y la técnica del «núcleo móvil».

En la técnica «cassette» (fig. 4), el hormigón es vertido en el molde hasta una altura igual

a la de la pared del módulo. El transporte y la compactación en el molde se consiguen mediante la vibración de éste y del entramado de refuerzo. Esta técnica se ha adoptado en las factorías de Minsk, Krasnodar y Sochi.

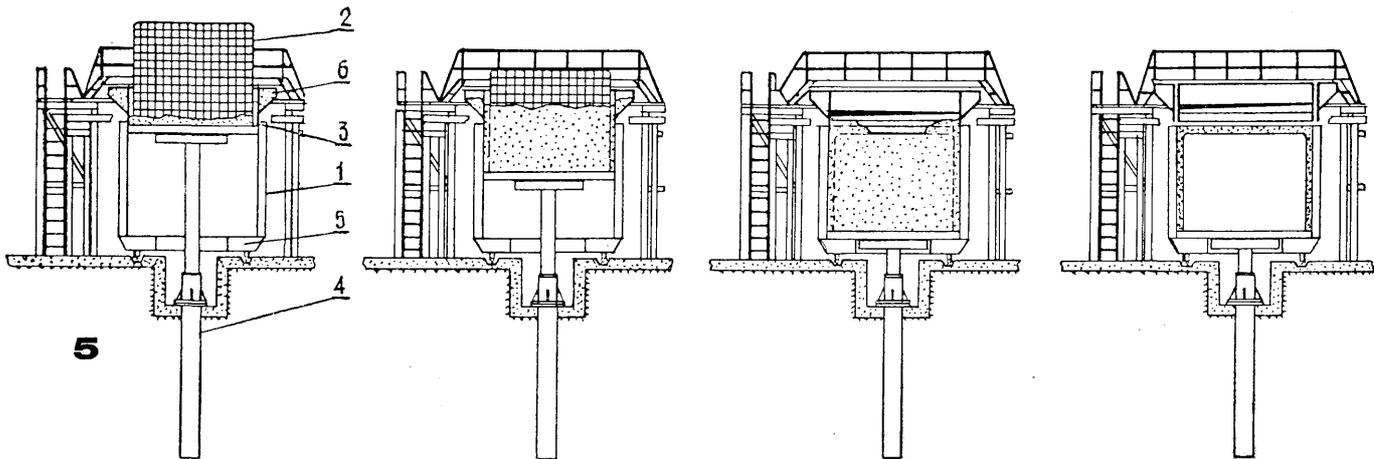
El procedimiento descrito presenta varias ventajas, siendo las más importantes la simplicidad del equipo de moldeo, la posibilidad de producir módulos de diferentes tipos (con caras lisas y con caras nervadas), y el poder conseguir tolerancias de producción relativamente pequeñas.

Por el contrario, los inconvenientes de esta técnica son inherentes a la necesidad de aplicar el hormigón con un alto porcentaje de agregados finos. Ello aumenta el consumo de cemento y el período de tratamiento isotérmico (hasta 5-6 horas) para alcanzar la necesaria resistencia. Las características físicas y mecánicas del hormigón decrecen considerablemente: la resistencia, la homogeneidad, y el módulo de elasticidad se deterioran, y la fragilidad, el agrietamiento y la fisuración aumentan.

Para eliminar los defectos resultantes de la elevada relación agua-cemento se ha ideado un procedimiento de evacuación a través de las caras externas del molde. Este método ha sido empleado en la factoría de la ciudad de Kremenchug, que produce células con paredes delgadas.

En la técnica del «núcleo móvil» (fig. 5), la cavidad que moldea se forma por el movimiento vertical del núcleo relativo al enco-

Esquema tecnológico de producción de módulos que emplea la técnica del núcleo móvil



1. Tablero exterior.—2. Núcleo.—3. Hormigón.—4. Gato hidráulico.—5. Carretilla.—6. Vibradores.

frado externo, colocándose el hormigón directamente desde las tolvas vibratorias.

La tecnología del núcleo móvil hace posible aplicar hormigones secos y de baja consistencia independientemente del espesor de las paredes de la célula, obteniéndose así una capa homogénea de hormigón; el hormigonado y compactado se mecaniza, no excediendo el consumo de cemento de los 330 kg/m^3 , para un hormigón de 200 kp de resistencia. Sin embargo, el movimiento vertical del núcleo complica la construcción del equipo de moldeo, en comparación con el procedimiento de las «cassettes».

La técnica del núcleo móvil ha sido empleada en las ciudades de Volzsky, Pridneprovsk, Kremenchug, etc.

Desde el punto de vista del cálculo estructural, el desarrollo tipológico de los edificios de altura, a base de células o módulos tridimensionales, plantea unos problemas que han hecho necesaria una compleja investigación.

El Instituto Tsniep Zhilisha está elaborando unos métodos de aproximación para el cálculo de estos sistemas y sus correspondientes ensayos experimentales.

Estos métodos siguen dos líneas principales:

- Cálculo de los módulos individuales que obtenga una detallada descripción de las deformaciones experimentales.
- Cálculo de las columnas formadas por los módulos al integrarse en los edificios, y de estos edificios en su conjunto.

Para calcular los módulos existen dos procedimientos:

- a) Emplear el esquema de cálculo aproximando el comportamiento actual de la estructura.

El cálculo se realiza usando un método que discretiza la estructura (método reticular), que permite computar todas las características estructurales (huecos, nervaduras, ausencia de simetría, etc.). Sin embargo, este método resulta difícil para el desarrollo de los programas universales relativos a células espaciales con diferente disposición de huecos, así como para resolver con precisión el sistema de ecuaciones algebraicas de elevado orden (más de 1.000). El método es más bien aplicable para cálculos que sirven solamente a nivel de anteproyecto o tanteos previos.

- b) El esquema de cálculo se elige aproximadamente considerando la posibilidad de aplicar los eficaces métodos de la teoría de la elasticidad (por ejemplo, el método de las series). Las características estructurales se toman en consideración solamente de modo integral, por medio de la rigidez equivalente.

La dificultad consiste en la correcta elección del esquema de cálculo, que estipula la aproximación de los resultados de éste al comportamiento actual de la estructura. Este método es bastante atractivo, ya que permite acelerar considerablemente el proceso de cálculo. Sin embargo, la fiabilidad de los resultados debe ser confirmada por medio de ensayos y de la comparación con los datos.



6

Edificios de altura prefabricados en los alrededores de Moscú.



7



8

Pruebas de resistencia al fuego de una sección de tamaño natural de dos pisos en un edificio de plantas múltiples, construido con el sistema de grandes paneles, en la ciudad de Jabárov (U.R.S.S.). Ensayo 2, 16-20 de julio de 1976.

La solución aproximada del comportamiento de los módulos a flexión lateral se ha conseguido empleando series de Levy Fourier, y los programas de cálculo permiten conocer el estado tensión-deformación de las células.

Otros intentos realizados para calcular este género de edificios responde a la necesidad de tener en cuenta el comportamiento combinado de las columnas de los módulos entre sí, o de los módulos con otros elementos rigidizadores, tales como diafragmas, etc. (en casos de asientos diferenciales, grandes cargas horizontales, etc.).

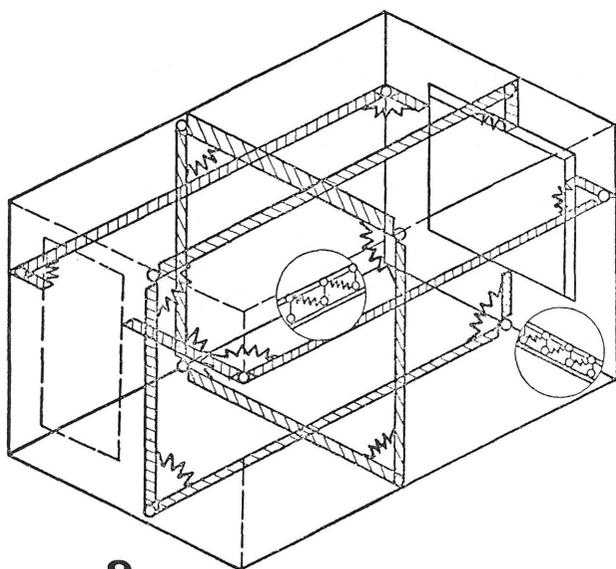
En este caso, una columna de módulos indefinida estáticamente se considera como un único elemento y se calcula a partir de su matriz de rigidez.

Las rigideces de las células individuales se consideran integralmente. La determinación de los esfuerzos en las uniones entre las columnas de módulos se efectúa según los métodos normalizados de la mecánica de edificios, usando el sistema discreto. En base a este procedimiento, se han elaborado unos programas para los ordenadores con el fin de calcular los edificios a torsión y a flexión relativas a los ejes horizontales, así como a los efectos de las fuerzas horizontales.

Una modalidad interesante, correspondiente a los inmuebles de gran altura construidos en Krasnodar, es la llamada de la «taza invertida», es decir, de células con ménsulas fabricadas en el mismo molde. La parte sustentante del edificio se construye con hormigón armado vertido in situ, utilizando a veces los propios módulos y otras, incluso, un encofrado deslizante.

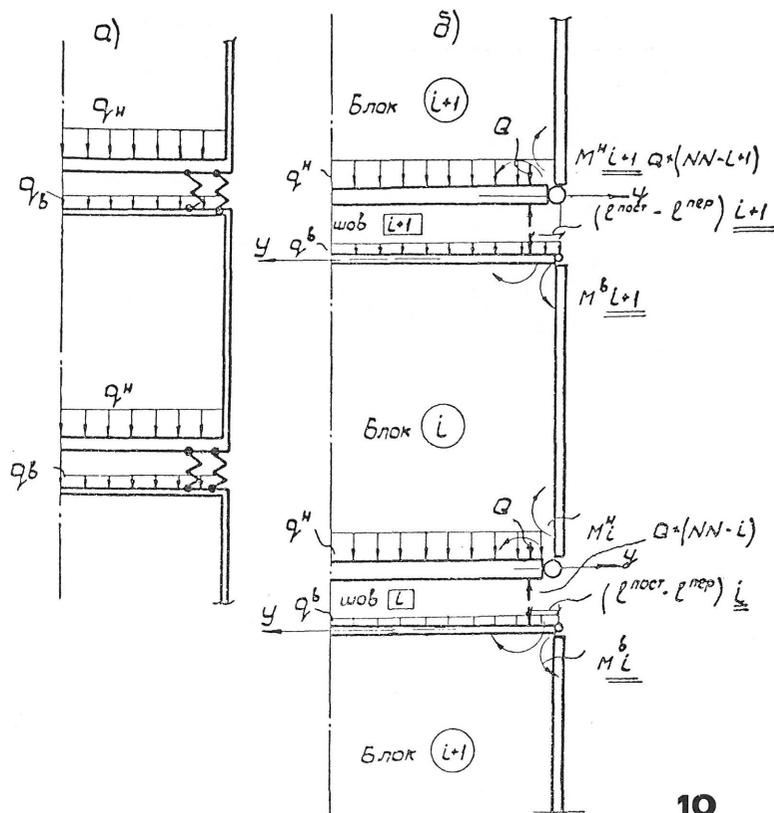
Para esta modalidad existen cuatro variantes aplicables a los edificios-torre:

- Inmuebles con módulos con sustentación lineal, que utilizan para las plantas inferiores muros reforzados o núcleos reforzados que unen los muros.
- Inmuebles formados por módulos superpuestos en varias plantas, que descansan en plataformas voladas que se apoyan en un fuste monolítico, o bien descansan en plataformas formadas por vigas que se apoyan en los núcleos de escalera o de cajas de ascensores, construidos con hormigón armado monolítico.
- Inmuebles a base de módulos en voladizo fijados a un núcleo monolítico o a vigas-pared que se apoyan sobre los núcleos de escalera o de ascensores.



9

Esquema de cálculo del módulo con sustentación lineal.



10

Esquema de cálculo de la columna de células.

— Inmuebles con módulos en voladizo apareados, solidarizados al edificio en sentido longitudinal, por una armadura tendida según el procedimiento denominado «chachlyk», formando así en cada planta o en cada dos plantas jácenas que se apoyan sobre el núcleo de escalera y de ascensor.

La investigación soviética ha creado unos modelos de cálculo para estas variantes (figs. 9 y 10), que permiten conocer las deformaciones, teniendo en cuenta la influencia de las nervaduras, de su armado, de la fisuración, etcétera, y también determinar la carga crítica.

No podemos extendernos más en el presente artículo. Pero sí deseáramos consignar que el vasto panorama creado por la industrializa-

ción de la construcción, ampliado a los edificios en altura a base de elementos tridimensionales, propone unos campos muy atractivos y de gran interés para los conocimientos tecnológicos sobre la prefabricación existentes en nuestro país. Aunque hasta la fecha carecamos de realizaciones «punta», en el terreno de la práctica, nuestros trabajos teóricos van incorporándose a estos temas. En esta línea se halla la investigación en equipo, sobre «rigidización de edificios», que se sigue en la actualidad en el I.E.T.c.c., y la realizada sobre células de plástico, aplicadas a estructuras prefabricadas, en el Instituto de Plásticos, que obtuvo el Premio Francisco Franco 1975, máximo galardón a la investigación científica y técnica en España.

BIBLIOGRAFIA

- BRONNIKOV, P. I.; MIRMAN, B. A.; MINKINE, B. K.: «Nouveaux systèmes de construction et particularités du calcul des immeubles de grande hauteur préfabriqués et monolithes en éléments tridimensionnels du type «verre renverse».
- NICKOLAEV, N. A.: «Box-unit construction in the USSR».
- VIESMAN, E. L. & LEVONTIN, N. B.: «Structural solutions of blocks of flats built using box-units of the cap-type».
- MONFRED, Y. B.; GRANICK, Y. G.; TENOJAN, A. G.; ARTEMITSEV, V. P.; REZNITCHENKO, V. I.; KHIRKOROV, S. S.: «Factory production of monolith box-units».

résumé

La préfabrication intégrale dans l'U.R.S.S.

F. Aguirre de Yraola, Dr. architecte

Dans cet article, l'auteur expose les principales directives des recherches soviétiques dans le domaine des bâtiments de grande hauteur industrialisés. Il fait une analyse des principaux systèmes de modules tridimensionnels préfabriqués, de leurs procédés d'intégration dans les complexes structuraux de grande hauteur, et des schémas et méthodes de calcul proposés. Il apporte également des schémas des procédés de fabrication concernant les principales technologies de la fabrication en série des modules.

summary

Integral prefabrication in the USSR

F. Aguirre de Yraola, Dr. Architect

In the present article, the main principles are set forth on Soviet research of multi storeys industrialized buildings. An analysis is made of the main space cells or prefabricated three-dimensional modules, of their integration methods in the structural complexes of tall buildings, and of the proposed calculation diagrams and methods corresponding to the main technologies of the mass production of the modules.

zusammenfassung

Die Integral-Vorfertigung in der UdSSR

F. Aguirre de Yraola, Architekt

In diesem Artikel werden die hauptsächlichsten Richtlinien der sowjetischen Forschung zum Thema der Industrialisierten Hochbauten vorgetragen. Es werden die wichtigen Systeme der dreidimensionalen vorgefertigten Sonderzellen oder Raster, die Verfahren zur Eingliederung in die strukturellen Komplexe des Hochbaus und die vorgeschlagenen Berechnungsschemen und Kalkulationsmethoden untersucht. Es werden auch Schemen der Herstellungsverfahren gegeben, die den wichtigsten Technologien der serienmässigen Vorfertigung von Rastern entsprechen.

publicación del i. e. t. c.c.

LAMINAS DE HORMIGON

A. M. Haas

Dr. Ingeniero

Traducción de **José M.^a Urcelay**

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

El profesor A. M. Haas es personalidad muy conocida en todo el mundo dentro del campo de las estructuras laminares.

El libro, que ha sido traducido a varios idiomas, es de exposición clara e intuitiva, y destaca los conceptos fundamentales sobre los desarrollos matemáticos.

En su primera parte, el libro trata de la teoría de membrana en láminas de revolución. A continuación se aplica esta teoría, para el caso en que las cargas sean también de revolución, a las láminas de revolución más usuales: cúpulas esférica y elíptica, láminas cónicas, depósitos.

Se estudian seguidamente las láminas de revolución sometidas a cargas que no sean de revolución, así como las tensiones secundarias debidas a flexiones en láminas de revolución.

Se termina la primera parte con un capítulo dedicado a la construcción de láminas.

En la segunda parte se estudia la teoría de membrana para láminas rebajadas, dedicando sendos capítulos a las láminas en paraboloides hiperbólico, en paraboloides elíptico y en conoide.

A continuación se dedica un extenso capítulo a la flexión.

Seguidamente se estudia el caso de pequeñas cargas que originan fuertes tensiones por flexión.

Finalmente, el libro dedica un capítulo al pandeo.

Un volumen encuadernado en tela, brillantemente presentado, de 17 × 24,5 cm, compuesto de 420 páginas, numerosas figuras, tablas y ábacos. Precios: España, 1.250 ptas.; extranjero, \$ 25.