Informes de la Construcción Vol. 28, nº 272
Julio de 1975

SISTEMA VARIEL

proyectar y construir con elementos prefabricados

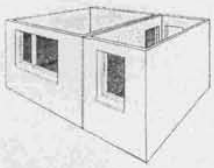
FRITZ STUCKY, arquitecto

832 - 35

sinopsis

Se exponen en este artículo las ventajas e innovaciones que representa la prefabricación modulada en la construcción moderna, demostrando, al mismo tiempo, que la industrialización bien pensada y proyectada no limita en absoluto la libertad creadora del arquitecto, reduciendo, sin embargo, los costes de forma considerable.

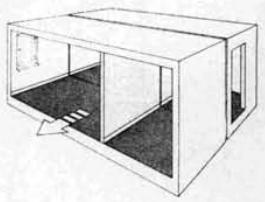
De modo particular se hace hincapié en el sistema Variel de módulos por elementos, presentando sus diversos y completos detalles constructivos, así como algunas realizaciones que hacen patente la perfección de acabado y la amplia gama de construcciones de todo tipo que puede llevarse a cabo con dicho sistema.

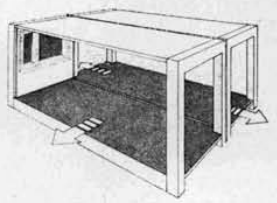


1. Sistema cajón

Muchos arquitectos se preguntan hoy día si la tendencia de fabricar elementos prefabricados de dimensiones y volúmenes siempre mayores tiene como consecuencia una limitación forzada e indebida de la libertad creadora en proyectos. Se observa el desarrollo desde la libertad completa en la construcción convencional —donde dimensiones de ladrillos como unidad de

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

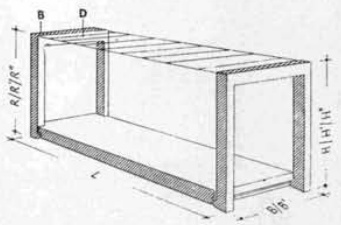




2. Sistema de anillo **3.** Elementos de volumen

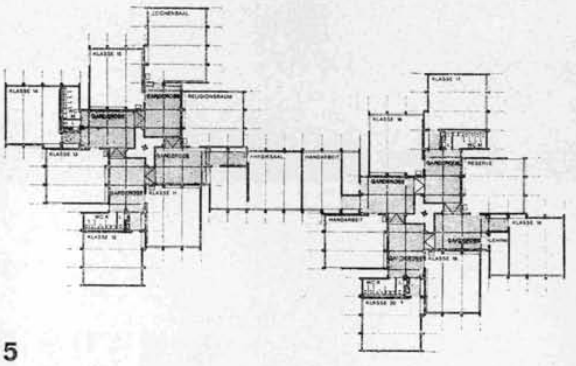
media tendrían que respetarse a lo sumo por consideraciones económicas— a sistemas de prefabricación cuyos elementos de paredes y techos en forma de paneles se hacen cada vez mayores en función del desarrollo de la potencia elevadora de las grúas. Tampoco se puede pasar por alto el hecho de que los sistemas industriales de construcción están imponiéndose en todos los países industrializados, es decir, sistemas que integran la construcción en bruto y la construcción terminada en una misma fábrica sobre cintas transportadoras, lo que solamente puede hacerse con elementos de construcción de grandes volúmenes y en forma de células.

En efecto, a primera vista parece verdad que esta tendencia presenta para el arquitecto considerables limitaciones en la libertad de proyectar. No han pasado cuatro años desde que un profesor hizo constar en un Congreso alemán de Construcción que los elementos prefabricados sólo servían para proyectar cárceles.

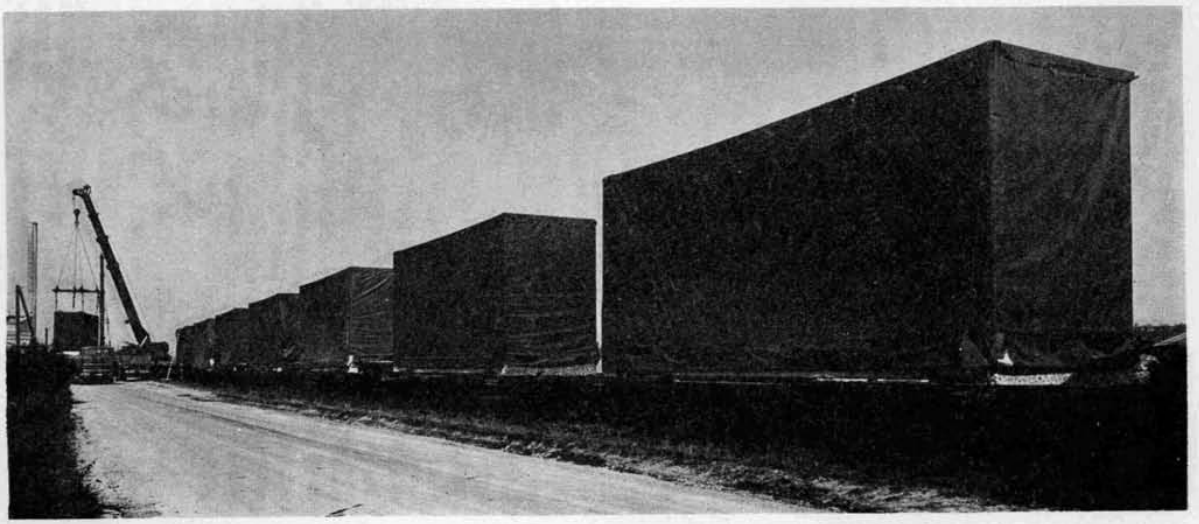


L = Longitudes 9.600, 8.400 mm
B = Ancho, 2.790 mm
B' = Medida de eje, 2.800 mm
R = Altura bastidor 3.025 mm
R' = 3.188 mm
R'' = 3.675 mm
H = Altura interior, 2.494 mm
H' = 2.981 mm
H'' = 3.185 mm

4

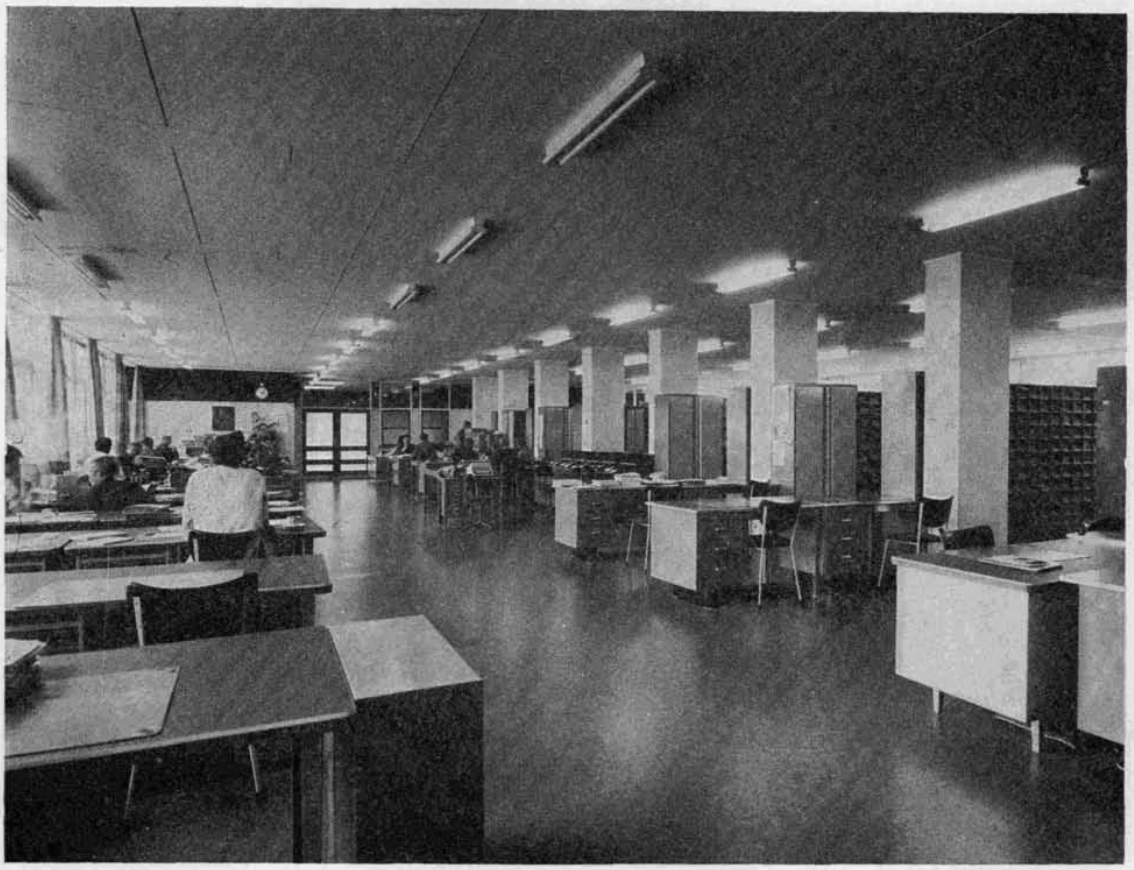


5



6. Transporte por tren.

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



7. Añadiendo elementos celulares se pueden formar grandes locales.

Incluso en los países en que los elementos prefabricados eran ya clásicos y en que la racionalización había obtenido ya un cierto éxito en las construcciones, se consideraban métodos industrializados de construcción en parte como un paso innecesario de desarrollo y se les acuñó el término de «sistema cerrado», haciéndose sinónimo esta denominación de la falta de posibilidades de variación.

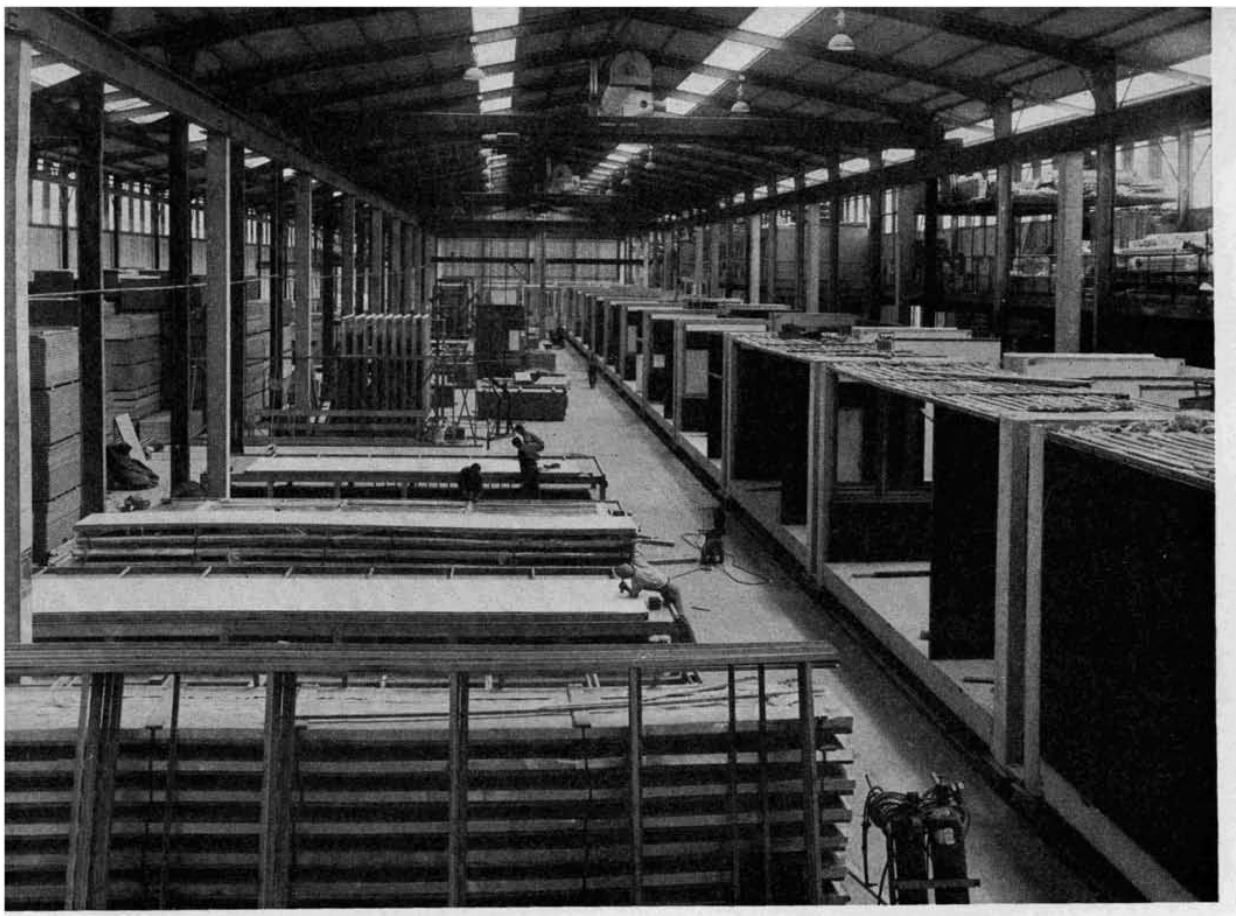
A pesar de eso, no ha sido posible frenar el avance de los sistemas industriales de construcción. Por un lado, se demostró en edificios de todo tipo que con estos métodos de construcción podrían surgir de manos de arquitectos con talento construcciones muy variadas y originales; por el otro, se impone cada día más la necesidad de construir industrialmente por razones de economía social.

Esto presupone que la construcción de un edificio no sólo ha de liberarse de todas las influencias restringentes e irracionalizadas de la obra, sino que la construcción en bruto y la terminación han de producirse íntegramente en la cinta transportadora de la fábrica.

Solamente así es posible producir el 90 % del edificio en fábrica, emplear todos los medios de moderna producción industrial —como cintas transportadoras e instalaciones electrónicas—, ambientar el lugar de trabajo por iluminación adecuada, calefacción, la eliminación de los tiempos de espera, reducción del camino al trabajo y, sobre todo, garantizar el trabajo durante todo el año, independizándose completamente del clima y del tiempo.

Si a un albañil se le ha de pagar por su trabajo en el mismo nivel que en otras ramas de la industria, ha de aumentarse su productividad. Después de una experiencia de 10 a 15 años en la construcción industrial resultan las cifras que a continuación figuran.

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



8. **Aspecto de una nave para la fabricación de elementos celulares.**

En un edificio completamente terminado, comparable según el sistema que se emplea, el porcentaje correspondiente a sueldos representa:

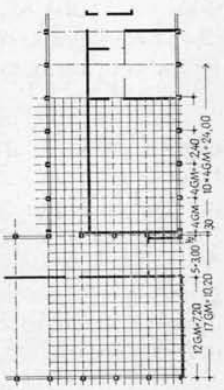
a) en la construcción tradicional, ~ el 40 %;

b) en la construcción por grandes paneles, entre 25 y 30 % (refiriéndose solamente a la construcción industrial en bruto);

c) en la construcción por elementos prefabricados, ~ 9 al 13 % (fabricando todo el edificio en fábrica).

Expresado de otra manera, en la construcción convencional un albañil produce un promedio de 0,9 viviendas/año; en la construcción por paneles grandes, ~ 1,6 viviendas, y en la construcción industrial por elementos, ~ 2,6 viviendas.

De esta forma se explica el desarrollo casi explosivo de los sistemas de construcción con elementos prefabricados, sobre todo en países con sueldos elevados. En los Estados Unidos, por ejemplo, los sindicatos han dado, en abril de 1969, luz verde a la prefabricación y, por consiguiente, a los sistemas industriales de construcción. Esto trajo como consecuencia que hoy día se cubra más del 10 % de la demanda de construcción de viviendas de este modo.



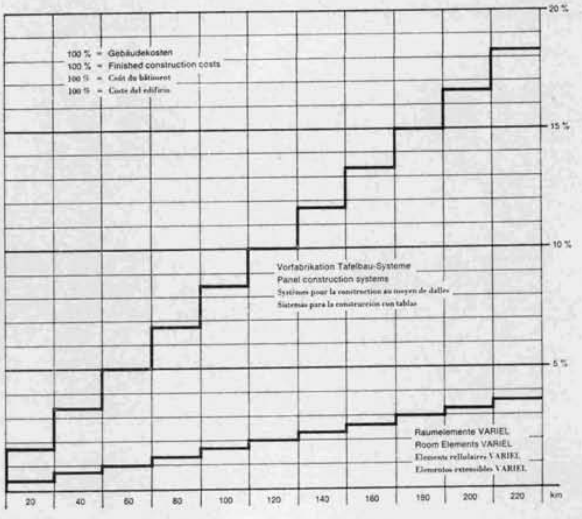
9. **Plano horizontal con módulo normalizado.** GM = módulo base.

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

Precisamente este desarrollo en los EE. UU., donde se empleaban casi exclusivamente «sistemas de cajón», ha causado los reparos arriba citados entre arquitectos y proyectistas. Para demostrar qué sistemas industriales de construcción se prestan también a una gran variedad de formas, queremos a continuación hablar del desarrollo de estos sistemas.

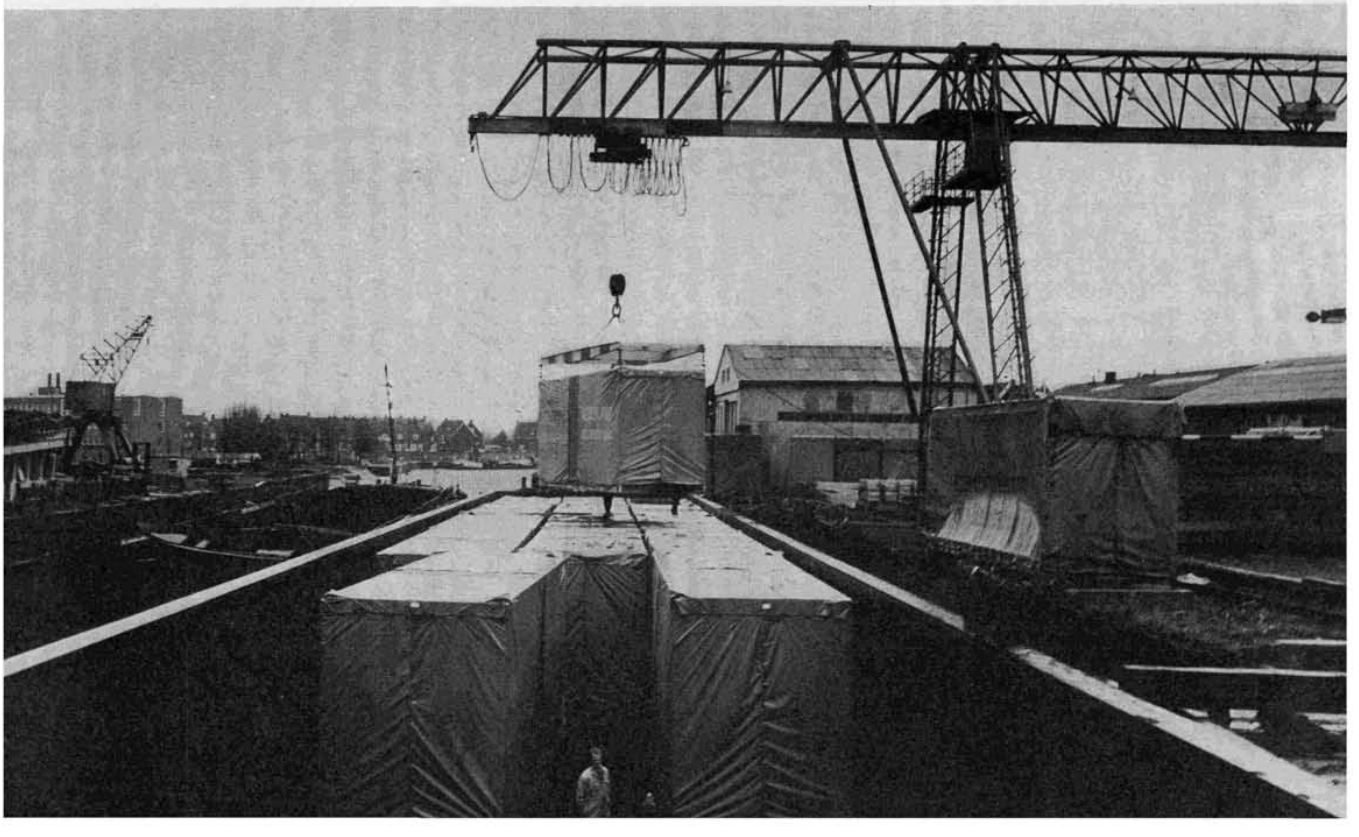
EL DESARROLLO DE SISTEMAS INDUSTRIALES DE CONSTRUCCION

El primer paso para producir tanto la construcción en bruto como la terminada íntegramente en una fábrica se limitó, tomando como ejemplo los coches viviendas, a producir en la fábrica células cerradas que correspondían en sus medidas a las prescripciones de transporte, pudiendo contener una o dos habitaciones. En Rusia, sobre todo, se ha empleado este principio muy poco tiempo después

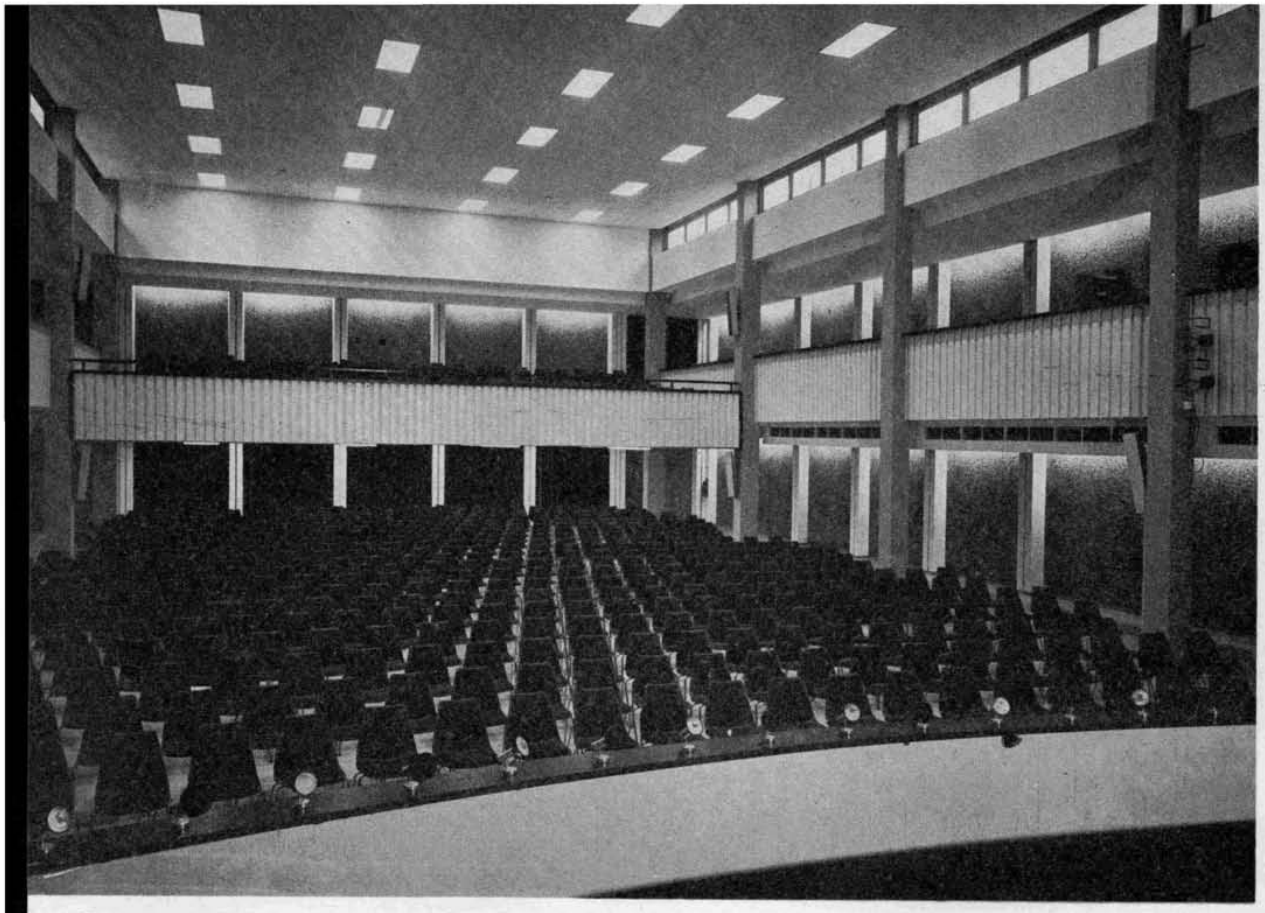


10. **Gastos de transporte en % del coste del edificio.**

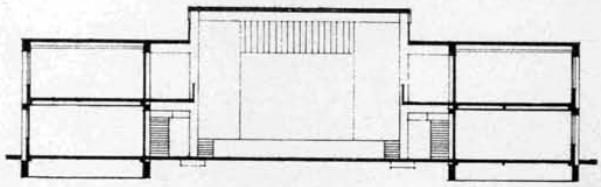
11. **Transporte de elementos de célula por barco.**



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



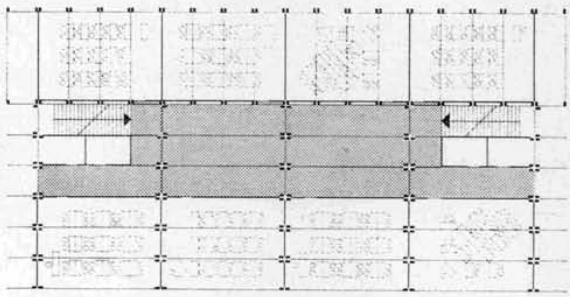
12. Aula formada por la dosificación adecuada de elementos celulares.



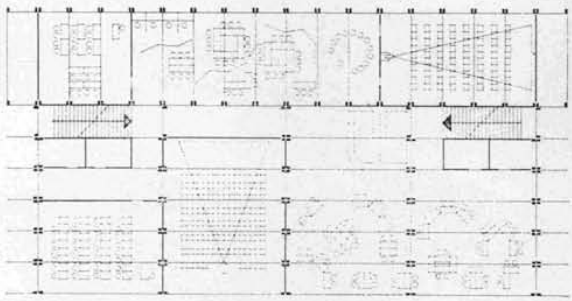
sección

de la terminación de la guerra para edificios de varias plantas con el fin de cubrir de la forma más rápida y económica la enorme demanda de viviendas. Allí no se produjeron exigencias de una arquitectura variada, contentándose con habitaciones cuyas dimensiones no sobrepasaron las medidas de transporte de célula; las exigencias estáticas se cumplían sin dificultad y las tolerancias de construcción permanecían sin consecuencias serias (dibujo núm. 1).

En los EE. UU. las prescripciones de transporte permitían mayores dimensiones de carga, haciendo posible habitaciones más amplias aunque de un tipo uniforme. Por esta razón el «modular construction» se limita en gran parte al viejo principio del coche vivienda (mobil home).

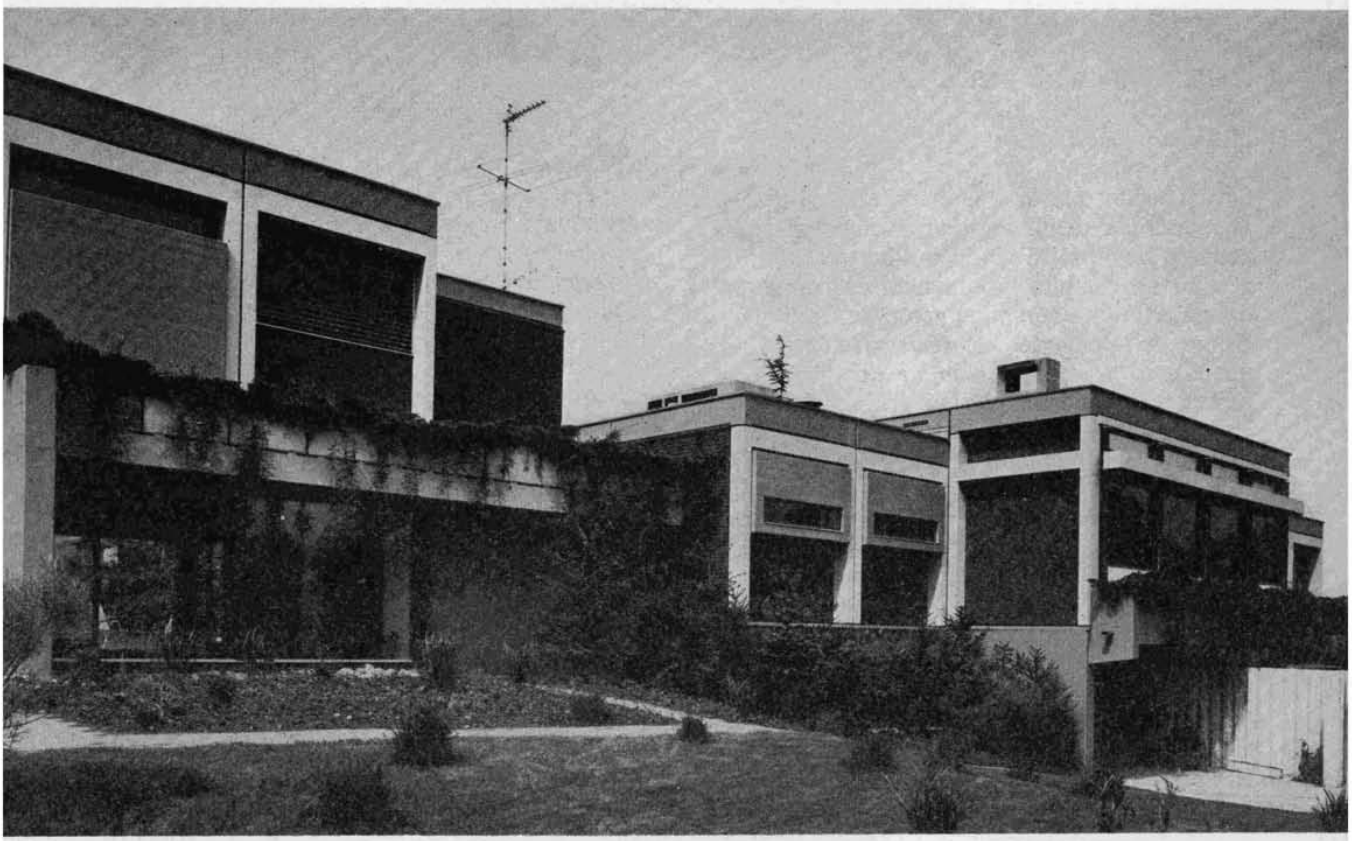


13 a. Grupo escolar por clases separadas.



13 b. El mismo grupo escolar transformado en aula libre.

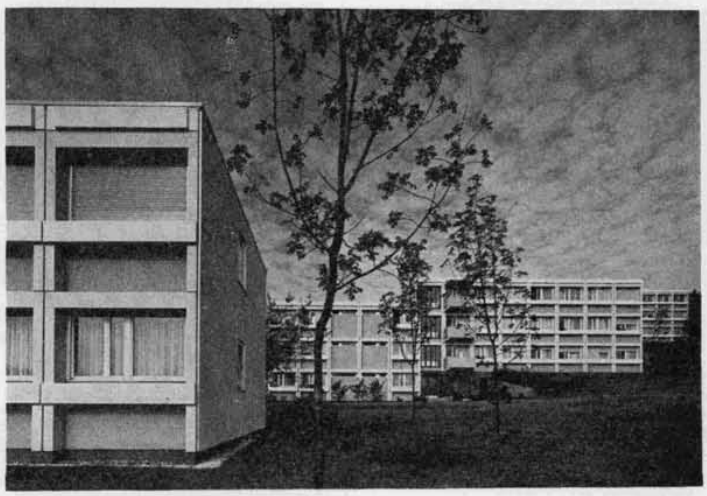
© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



14 a. Ejemplos de grupos de construcción celular diferenciados, según proyecto concebido libremente por el arquitecto (Sistema Variel).

Las medidas y prescripciones europeas de transporte han exigido, por razones de espacio, un nuevo paso de desarrollo. Los espacios interiores de los edificios terminados tienen que caber en varias unidades celulares de transporte por lo menos en un sentido. Los dos lados restantes de la célula permanecían cerrados por razones estáticas. Para estos sistemas de anillo había que cumplir ya con problemas de tolerancia muy complicados, dado que la junta de unión se halla en el interior de un espacio terminado (dibujo núm. 2).

Solamente invenciones que garantizaban tolerancias para la totalidad del elemento celular de construcción y las cuales están en su relación proporcional más pequeñas que las de un reloj de precisión, hicieron posible la construcción de elementos prefabricados tridimensionales verdaderamente celulares.



14 b.

El edificio que se compone de tales elementos celulares es una construcción puramente esquelética. Ya no se necesitan espacios cerrados que tengan misiones estáticas. La dimensión de los espacios interiores se ha hecho en gran parte independiente de la unidad de producción y montaje producido en la fábrica en un proceso de fabricación en serie. De esta forma resultan nuevas posibilidades que antes no existían para el proyecto y la terminación de edificios construidos con tales elementos (dibujo núm. 3).

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

POSIBILIDADES DE VARIEDAD ARQUITECTONICA EN LA CONSTRUCCION POR ELEMENTOS

Es un hecho que la transición del ladrillo al elemento de panel de gran dimensión trajo consigo una limitación de la libertad de utilización; en cambio, la situación es completamente diferente con el aumento de las dimensiones de elementos de construcción. Si un esqueleto de construcción se desintegra en partes producidas industrialmente, que al mismo tiempo se prestan a una terminación posterior, en resumidas cuentas en un elemento tridimensional, el aumento de volumen da como resultado mayores aperturas y distancias de los puntos de apoyo. De esta manera la formación y la división de volúmenes en los espacios interiores de un edificio tienen una gran flexibilidad. Por eso, las posibilidades de proyectar de una forma variable con un sistema de construcción dependen indudablemente del tamaño geométrico de los elementos de construcción empleados, pero mucho más de su carácter limitativo de espacios (dibujo 4).

MODULOS ADITIVOS

Un módulo aditivo es la base tanto en la superficie como en el volumen de los proyectos por elementos celulares. Superficies planas estandarizadas y cuerpos esqueléticos se juntan para formar el plano horizontal y el volumen de la construcción. En vista de que esto se puede realizar con elementos de diferente tamaño en todas las direcciones, resultan múltiples posibilidades de combinaciones en proyectos y estructuras de edificios. Cientos de proyectos realizados entre tanto lo demuestran, y confirman, entre otros aspectos, que es posible observar estrictamente las medidas de superficie exigidas por las autoridades oficiales.

Un factor importante es que las superficies totales de los edificios no sean necesariamente la suma de los elementos celulares estandarizados empleados.

El proyectista tiene la posibilidad, mediante partes aditivas, de espacios huecos entre los elementos (que pueden pasar también por varias plantas), disposición de las escaleras, etcétera, de variar la superficie y volumen del edificio. Sin embargo, la base fundamental es que se proceda de forma aditiva y se eviten interconexiones complicadas en núcleos de redes de líneas de referencia (dibujo núm. 5).

Un elemento celular puede considerarse como una especie de paleta de transporte superdimensionada provista de soportes en la cual pueden ordenarse libremente elementos de terminación dentro de los límites de una determinada carga útil. Esto es válido para tabiques interiores, para trabajos de ebanistería, y para partes pesadas como bloques de agua e instalaciones sanitarias. En el interior del volumen del edificio compuesto a base de elemento celulares existen muy pocas prescripciones y reglas que hayan de respetarse en la proyección de habitaciones, aparte de la trama de los soportes del esqueleto. Esto dio como resultado que algunos fabricantes de elementos celulares podían permitirse trabajar con muy pocos tamaños de elementos celulares, consiguiendo con éstos, sin embargo, la construcción racional de casi todos los tipos de edificios sin tener que renunciar a los altos grados de estandarización y terminación de un método de construcción industrial.

ORDENACION Y CONSTRUCCION INTERNACIONAL DE MODULOS. TERMINACION

Hoy día existen tendencias para normalizar todos los elementos empleados en la construcción de acuerdo con un determinado sistema. Algunos países han introducido normas sobre módulos que en parte tienen carácter legal (dibujo núm. 9).

Mientras que se han conseguido acuerdos sobre una base internacional para ciertas medidas fundamentales, existen dificultades de interpretación cuyo origen se halla en la situación diferente de la red de líneas de referencia. Si estos esfuerzos llegan a tener éxito un día sobre una base más amplia y si, por consiguiente, se pueden adquirir materiales de construcción adecuados para una determinada medida de módulo, resultarán grandes posibilidades en la construcción modular de aprovechar estas ventajas, dimensionando los elementos de tal forma que se adapten perfectamente las medidas de los elementos normalizados.

De esta forma se pueden emplear dentro de la unidad de producción materiales conformes a los módulos, evitándose núcleos de conexiones complicados. Considerando el plano

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

total de un edificio, ciertos saltos de líneas de referencia son inevitables ya que las construcciones de tipo tabular obedecen básicamente a ordenaciones modulares de red más antiguas. Nuevas prescripciones y reglas toman ya en consideración la metódica aditiva necesaria para la producción integrada de la construcción bruta y terminada, dentro de la misma fábrica (fig. 8).

De esto resultan las siguientes consecuencias: el esqueleto del elemento celular puede ser estandarizado en alto grado; se emplea muchas veces para diferentes tipos de edificios.

Los medios de transporte disponibles pueden aprovecharse completamente con los elementos celulares resultando en un cargamento de alto valor y, consecuentemente, pueden desplazarse económicamente dentro de gran radio de acción. Un transporte de elementos celulares representando 100 m^3 de edificio completamente terminado puede transportarse de forma económica más lejos que dos o tres elementos de construcción en bruto (dibujo 10 y fig. 11).

CONSTRUCCIONES VARIABLES

En el futuro será necesario concebir con mayor frecuencia construcciones no sólo según las exigencias dadas en el momento de su construcción, sino de tal forma que pueden adaptarse progresivamente a los posibles y no previsibles cambios. De ahí la convicción de que la variabilidad y flexibilidad de un edificio no pueden darse por terminado el día en que se acaba su construcción. En este concepto la construcción por elementos celulares ofrece posibilidades completamente nuevas, sobre todo las escuelas, que pueden obtener una gran ventaja con este tipo de construcción (dibujos 13 a y 13 b).

Para viviendas prefabricadas, construidas de forma convencional, rige por lo general el concepto de que aberturas grandes no son económicas y que hay que incluir paredes maestras dentro de la estructura portante. Por diversas razones los factores económicos en la construcción por elementos celulares son diferentes. En la construcción de viviendas resulta también económica el empleo de esqueletos; es decir, todas las partes de la terminación, tabiques, instalaciones sanitarias incluidas, etc., pueden ordenarse después de la terminación del edificio de forma diferente si se destinan a otras funciones que las previstas, formas de vivir, etc.

Volúmenes de edificios se pueden cambiar posteriormente de forma económica. Con un gasto mínimo, y sin molestar a los inquilinos y usuarios, todos los tipos de construcción se pueden cambiar y engrandecer por medio de adiciones de nuevos elementos celulares o por otra disposición de los existentes. Una grúa potente con su equipo correspondiente puede hacerlo dentro de ~ 2.500 m^3 de espacio edificado por día. El módulo celular, ya por su esencia de haber sido producido en fábrica trae consigo las predisposiciones para ello. Las juntas de montaje pueden abrirse casi con la misma rapidez con que han sido cerradas en el lugar de construcción. De esta forma, un grupo de elementos celulares se cambia en su ordenación sin la menor dificultad.

Un edificio de elementos modulares puede transplantarse económicamente de lugar. Un espacio disponible para un tiempo limitado puede utilizarse, el desplazamiento del edificio a un sitio nuevo puede ofrecer más ventajas económicas y las consideraciones de urbanización ya no imponen la destrucción irremediable de valores de edificaciones existentes.

Un alto grado de industrialización, una gran variabilidad y flexibilidad en el planeamiento y la movilidad del edificio terminado ofrecen a los sistemas de construcción modulares una oportunidad para el futuro que sobrepasa en mucho los éxitos alcanzados hasta ahora, y prestan a los arquitectos de talento nuevas posibilidades constructivas en la concepción de sus edificios, e igualmente en lo que se refiere a los elementos arquitectónicos industrialmente producidos como fachada, formas de techo, etc.

LA FORMACION DE FACHADAS

Nosotros mismos hemos probado con el sistema de Elcon, respectivamente Variel, de mantener el mismo principio de paletas en las fachadas, es decir, colgar en los cuatro soportes de la estructura de los elementos partes fabricadas industrialmente o de artesanía.

En vista de que, en los casos normales, los soportes portantes se encuentran fuera de la fachada, las fijaciones de estas partes adicionales, como balcones, protecciones contra el sol, antepechos de ventanas, jardineras, no

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

causan puentes de frío. De este modo, la trama que se forma por la construcción de módulos puede recubrirse con elementos que, aparte de su función, dan el carácter arquitectónico del edificio (acentuación de las líneas horizontales y verticales, desplazamientos de proporciones, efectos de profundidad, etcétera).

El esqueleto de módulos también ofrece la posibilidad de utilizar materiales de una determinada región, puesto que todas las paredes exteriores son no-portantes. Esto ha llevado durante los últimos 10 años al empleo de muy diversos materiales para superficies y estructuras, como, por ejemplo: uralita, glasal, perfiles de aluminio, chapas de acero, porenit, hormigón visible, hormigón lavable, cerámicas, baldosines de mosaico de vidrio, madera, etc.

FORMAS DE TEJADOS

Históricamente visto, cada forma de construcción ha ejercido su influencia sobre la forma del tejado. También ocurrirá lo mismo en la construcción por módulos, mayormente cuando las ordenanzas de construcción y demás prescripciones no obliguen al arquitecto a adoptar tradicionales formas de tejados. La propia producción en fábrica, pero también el montaje en el sitio de construcción, permitieran nuevas formas de tejados más adecuadas, mucho más económicas. Ahora bien, la introducción de estas formas ha de vencer resistencias emocionales en la mismo forma que las carrocerías metálicas modernas de los coches lo han tenido para desplazar las de madera en los coches antiguos. Como cada método de construcción, también la construcción por elementos desarrollará su propio idioma de formas arquitectónicas por la sencilla razón de que los nuevos métodos de producción, economía, variabilidad y flexibilidad se documentarán en un sin fin de nuevas posibilidades de formas y elementos arquitectónicos. Esperamos que ya no será necesario esconder esta arquitectura debajo de formas tradicionales de construcción, sino que se desarrollará una arquitectura con su propia personalidad idónea y funcional. Es decisivo que al elemento industrialmente producido se una la inteligencia del diseñador, quien hará uso libremente de las posibilidades dadas, según su propia concepción e idea.

Variel, sistema de módulos por elementos

DESARROLLO DEL SISTEMA

La base del desarrollo del sistema Variel (Elcon AG, Zug-Suiza) ha sido desde hace más de 15 años, y sigue siendo hasta el día de hoy, una cuestión simple: ¿cómo puede fabricarse un edificio industrialmente sin renunciar a una arquitectura altamente desarrollada?

Las primeras consideraciones sobre este problema han demostrado ya que los sistemas de prefabricación que trabajan con paneles terminados de mayor o menor tamaño no cuentan como métodos de construcción industrial en el futuro. Sólo la producción integrada de construcción en bruto y terminada, en la cinta transportadora de una fábrica provista de los últimos avances de la técnica puede considerarse como construcción industrial. Por consiguiente, la unidad de producción ha de ser un cuerpo tridimensional.

La meta parece sencilla, pero, en cambio, en el de su realización han surgido constantemente nuevos problemas que fácilmente conducirían a compromisos que se hubieran debido abandonar más tarde. Además, existe una tendencia en nuestra profesión a publicar visiones dejando su realización a la próxima generación.

En el estado actual de la técnica de construcción sería posible imaginar, e incluso quizás lógico, la instalación de fábricas transportables que suministrarían obras grandes, reduciendo al mínimo el camino de transporte. Pero una fabricación de elementos de construcción, económica y orientada hacia el futuro excluye este procedimiento. Las instalaciones de una fábrica moderna que comprenden todos los procesos de este trabajo sobre cinta no son transportables. Una visita a una fábrica de automóviles confirma esto enseguida. Por consiguiente, la unidad de producción ha de poder ser transportada a las distancias más largas posibles de forma económica al igual que cualquier otro producto industrial. La longitud del camino de transporte sobre la base de la competencia aumenta con el mayor valor de la carga; depende, sin embargo, en primer lugar, de la dimensión de la unidad de producción.

Aquí surgió una de las contradicciones entre, por un lado, los deseos del arquitecto y las

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

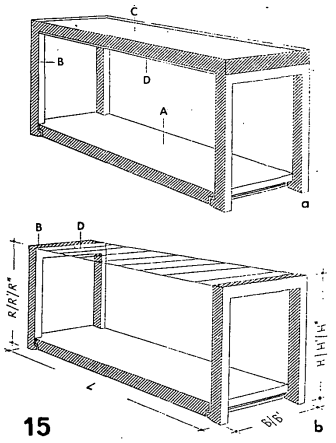
necesidades del usuario, abogando por una formación lo más libre posible de los espacios interiores y, por otro, del fabricante, que veía su solución en la alineación horizontal y vertical de cajones (sistema Box) que contienen una o más habitaciones. O estos espacios interiores son demasiado pequeños y mal dimensionados porque las unidades de producción han de ajustarse a las prescripciones de transporte (como su desarrollo en Rusia lo ha mostrado después de la guerra), o se necesitan permisos especiales de transporte porque la unidad fabricada ha sido dimensionada según los espacios interiores (como ha sido demostrado en los desarrollos de EE. UU., Canadá y Suecia). Esta forma de trabajar no puede subsistir con el constante aumento de los métodos industriales de construcción y con las carreteras cada día más congestionadas.

El trabajo de desarrollo del sistema Variel excluyó, por consiguiente, sistemas de células cerradas o cajones y se ha concentrado en sistemas abiertos de tres dimensiones. La unidad de producción está estandarizada y forma con otras unidades de producción espacios mayores que las dimensiones de transporte; por eso se llaman elementos de espacio que pueden unirse en todas las direcciones. En el espacio interior se puede penetrar libremente por cuatro direcciones a través de varios elementos iguales y, si es necesario, también verticalmente.

Para el arquitecto, así como para el fabricante, se perfila, por consiguiente, la absoluta libertad de proyectar con métodos industriales de construcción, como ha quedado demostrado en muchas construcciones realizadas en proyecto en diferentes países de Europa.

El esqueleto portante se forma por medio de un módulo aditivo, evitándose así muchas dificultades (por ejemplo, en puntos de cruce de las líneas de referencia) de las ordenaciones modulares parcialmente ya introducidas; sin embargo, éstas pueden completarse sin dificultad para módulos aditivos.

No es posible en este espacio enumerar los pocos problemas que han sido solucionados y los muchos que quedan por resolver para poder producir un edificio cualquiera completamente en la cinta transportadora de una fábrica. Pero ya se marca la tendencia que es imposible detener: la de producir viviendas en una fábrica.



15

A. Placa de suelo
B. Pórtico frontal
C. Placa de techo
D. Cielorraso
L = Largos 9.600, 8.400 mm
B = Ancho 2.790 mm
B' = Medida del eje 2.800 mm
R = Altura del pórtico 3.025 mm
R' = 3.188 mm
R'' = 3.675 mm
H = Altura libre 2.494 mm
H' = 2.981 mm
H'' = 3.185 mm

Sistema:

Sistema de célula abierta tridimensional. Elemento volumétrico.

Fabricación:

Montaje industrial en cinta de elementos prefabricados.

Estructura:

A. **Placa del suelo:** Placa de hormigón pretensado no suspendida.

B. **Pórtico frontal:** Pórticos de hormigón de distintas medidas en forma de una U invertida fijados en las partes frontales de la placa del suelo.

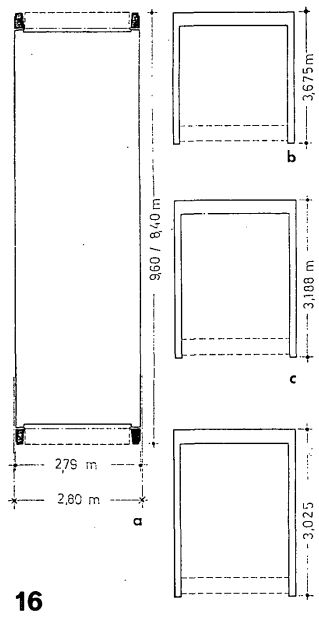
C. **Placa de techo:** Placa no suspendida de hormigón con nervaduras reposando sobre los pórticos frontales.

D. **Cielorraso:** Construcción rígida de marco de acero unida con los pórticos; último remate superior del elemento volumétrico.

E. **Techo ligero:** Construcción compound no suspendida de acero y madera. Sustituye la placa de techo «C» y también el cielorraso «D».

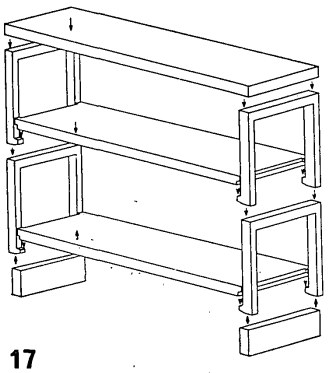
F. **Techos inclinados:** Construcciones especiales en combinación con la cubierta baja o con el techo ligero.

Una placa de suelo, dos pórticos, un cielorraso «D» o un techo «C», «E» o «F» forman una unidad de base, o sea, el elemento volumétrico.



16

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



17

Construcción y estática:

Transmisión de fuerza (fig. 17). Placas de techo de suspensión libre sobre 9,60 m y 8,40 m transfieren las cargas sobre los pórticos en los cuales van apoyados.

Placas de suelo, igualmente de suspensión libre de ~ 9 m y ~ 7,80 m, transfieren sus cargas a través de consolas sobre los apoyos de los pórticos.

Estos apoyos transmiten las cargas mediante lechos especiales sobre los pórticos inferiores o sobre cimientos.

Por consiguiente, un elemento se apoya solamente en 4 puntos (fig. 17). En edificios de varios pisos los pórticos frontales, como elementos de transmisión de cargas, han de ser colocados uno exactamente encima del otro. Solamente las partes verticales de los pórticos pueden absorber fuerzas de los apoyos de los elementos colocados encima.

Las placas de techo y suelo son de suspensión libre sobre todo el ancho y el largo del elemento; un apoyo intermedio es superfluo. Tabiques de hasta 100 kp/m² de peso propio son transportados por las placas de suelo. No se precisa ningún cimiento debajo de ellas. Todos los muros son no-portantes. Se pueden suprimir en cada sitio del elemento. En casos de construcciones y cargas especiales es necesario consultar con la fábrica.

En la elaboración de la traza hay que tener en cuenta tan sólo la colocación de los 4 apoyos.

Medidas y alturas de espacio:

La trama de superficie del elemento de base es de 9,60 × 2,80 m y 8,40 × 2,80 m. Se utilizan tres alturas estándar, las cuales tienen las alturas libres siguientes: ~ 2,50 m, 3 m y 3,20 m. Dependen de la altura de los pórticos frontales.

Utilización:

2,50 m: Viviendas de uno o más pisos, habitaciones auxiliares bajas en edificios escolares e industriales.

Condiciones para la ejecución de 1, 2 y 3 pisos (fig. 18 d).

3,00 m: Escuelas donde se permiten o se desean salas bajas, jardines de infancia, edificios de oficinas e industrias, y habitaciones más grandes en edificios de vivienda.

Condiciones para la ejecución de uno y dos pisos (fig. 18 e).

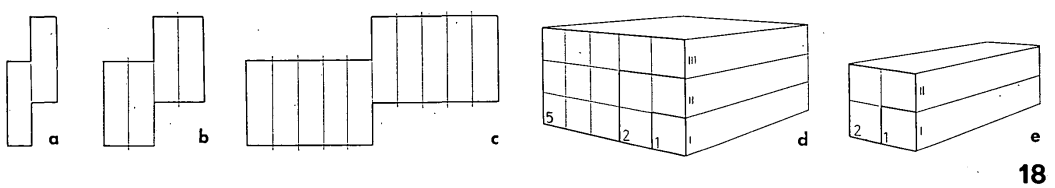
Utilización en varias plantas (fig. 18): Por razones de estática es imprescindible que un número mínimo de elementos sean colocados uno al lado de otro. Las figuras 18 d y 18 e representan la construcción para tres alturas de pórticos y para una, dos y tres plantas, cuantos elementos han de ser colocados uno al lado de otro en la misma planta para que puedan unirse accionados por gravedad.

Ejemplo (fig. 18 d): Con una altura de pórtico de 3.025 mm en la construcción de viviendas es preciso que 5 elementos como mínimo estén colocados uno al lado de otro, formando un grupo. La unión de acción por gravedad se efectúa por lo menos en 2 puntos en los lados laterales de las placas de suelo. El desplazamiento de elementos es posible siempre que quede la cantidad necesaria mínima de elementos colocados uno al lado de otro (fig. 18 a-c).

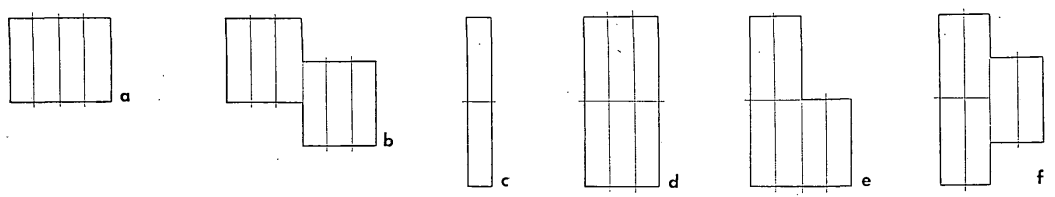
Combinaciones de elementos (figs. 19 y 20).

A. En fila (fig. 19):

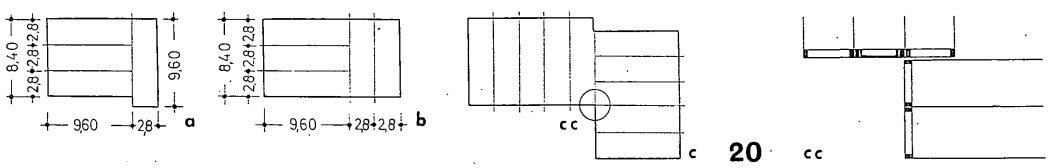
1. Modo más sencillo y más utilizado. Colocación uno al lado de otro por la parte longitudinal en la cantidad que se desee. [Cantidad mínima en varias plantas (figs. 18 d y e)].
2. Ordenación en transposición por los lados longitudinales.
3. Ordenación en frentes unidos. Paso mediante placas de suelo alargadas. Ventilación por el techo mediante caperuza.
4. Combinación de 19 a y c; elementos ordenados por ambos lados en el número que se desee; los apoyos marcados con «x» han de ser calientes, es decir, terraplenados (véanse puntos detallados en página 67).
5. En «y» apoyos calientes y fríos están colocados juntos, la junta k-w tiene que ser terraplenada.
6. Combinación de 2 y 4: ejemplo: elementos alineados por los lados frontales y longitudinales.



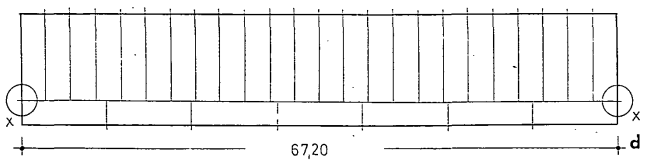
18



19



20



18. Utilización en varias plantas: a) para edificios de una planta; b) para edificios de dos plantas; c) para edificios de tres plantas; d) edificios de vivienda (3.025 + 3.188 mm); de una planta = 1 elemento; de dos plantas = 2 elementos; de tres plantas = 5 elementos; e) Escuelas (3.675) de una planta = 1 elemento; de dos plantas = 2 elementos; **19.** Desplazamiento horizontal de elementos. **20.** Colocación en transversal.

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

B. Colocación perpendicular (fig. 20). Respetando las siguientes reglas la colocación en ángulo de los elementos es posible tantas veces como se quiera, tanto con elementos de 9,60 m y 8,40 m de largo, como utilizando ambas longitudes combinadas. Hay, sin embargo, que notar que por razones económicas es recomendable utilizar el mayor número de elementos de 9,60 m. Utilizando solamente elementos de 9,60 m la regla es:

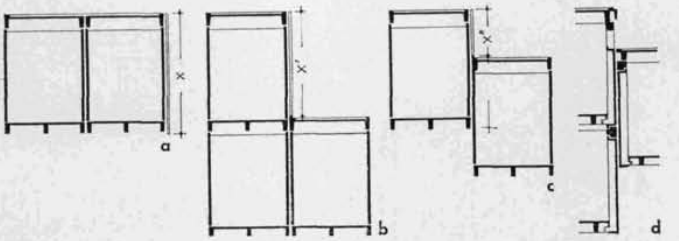
1. a) La longitud (9,60 m) de un elemento no es múltiplo de su ancho (2,80 m);

   b) La primera posible combinación sin retroceso de colocación del edificio resulta en una fila de 24 elementos con 7 colocados en ángulo, $24 \times 2{,}80$ m $= 7 \times 9{,}60$ m $=$ $= 67{,}20$ m. En (x) el apoyo exterior del primero y del 24 elemento se ha de atrincherar.

2. Edificios rectangulares con profundidad pueden hacerse sin retroceso, cuando elementos de 9,60 m colocados longitudinalmente se combinan con elementos de 8,40 m colocados en ángulo.

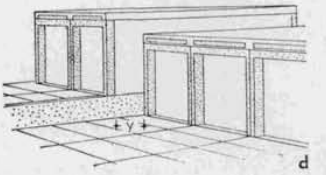
3. La combinación más frecuente con elementos en ángulo es la que representa la figura 20 c. Por motivos decorativos los tres apoyos que se hallan juntos habrían de colocarse de tal forma que 2 pórticos vecinos sean completamente visibles.

4. En elementos de 9,60 m la diferencia entre el largo del elemento y el múltiplo de la anchura del elemento es utilizable para espacios libres que pueden aprovecharse para entradas, portales, paravientos, huecos de escaleras y ascensores.



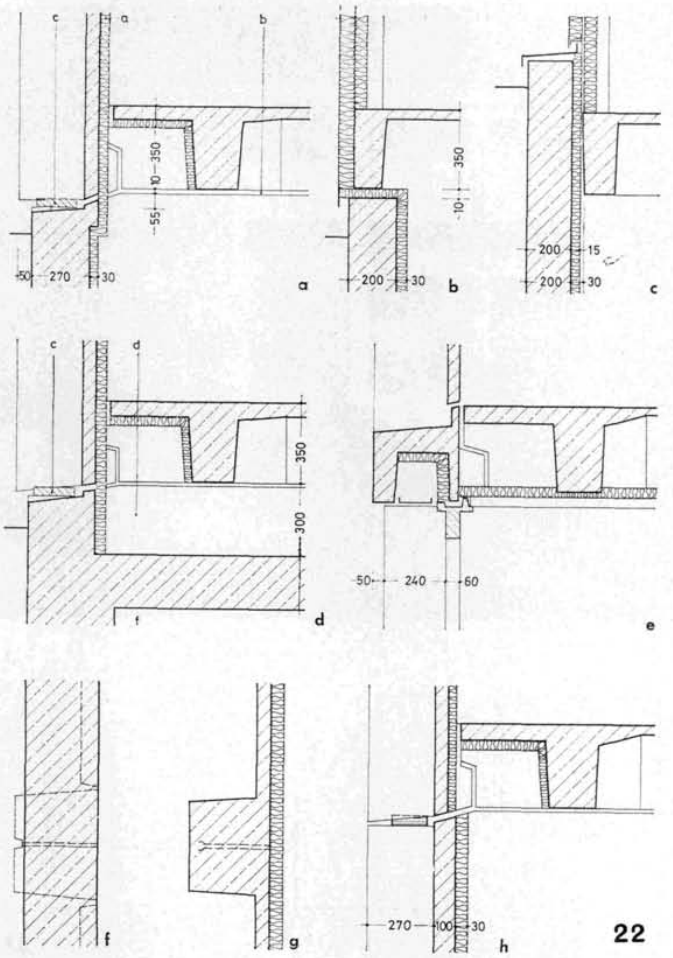
21

Colocación vertical desplazada (figura 21): Pueden realizarse planos con diferencias de niveles entre las diferentes partes del edificio. En la colocación diferenciada los elementos (placas de suelo), no pueden ser unidos con adecuada transmisión de fuerza. Cada nivel ha de tener los elementos requeridos debajo de sí, como se ha citado en «Utilizaciór en varias plantas».

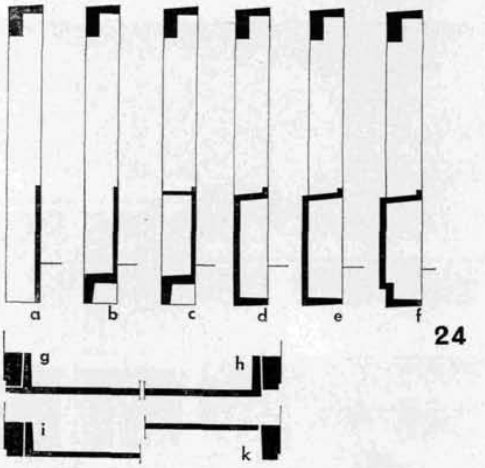


Realizaciones prácticas.

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



22



24

24. **a)-f):** cortes verticales de las formas de antepechos. **g)** con **h):** sin cobertura lateral de apoyos; **i):** antepecho enrasado por delante; **k):** enrasada por detrás.

Sótano, fundamentos, protección antiaérea (fig. 22): La infraestructura (cimentación o sótano), se construye de forma convencional o con elementos prefabricados. En la ejecución han de tenerse en cuenta las tolerancias prescritas por la fábrica suministradora de elementos y respetar con exactitud los datos de carga. Pueden emplearse dos ejecuciones:

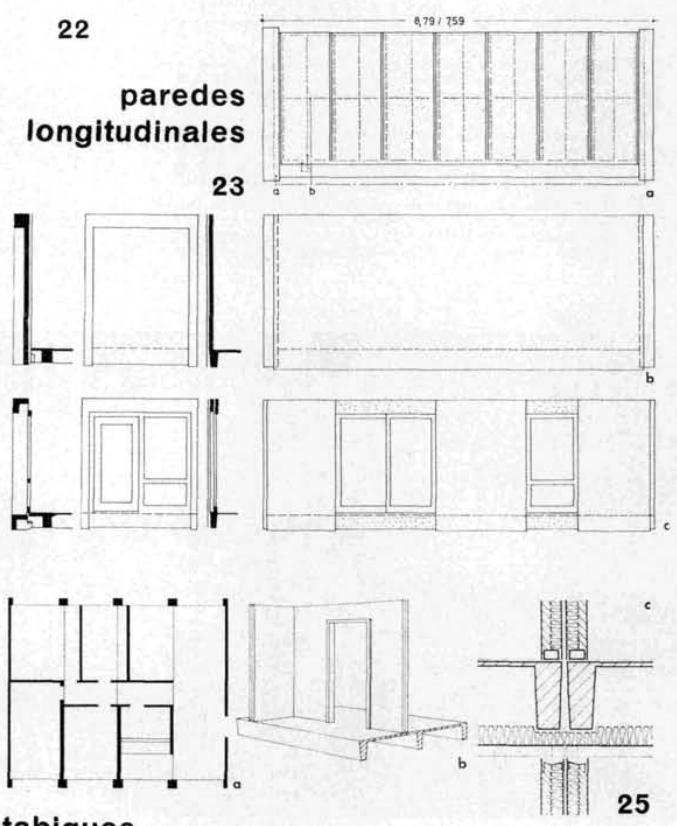
1) Muro de zócalo de 25-30 cm de ancho retrocediendo detrás del apoyo VK de un ancho igual, pasando debajo de todo el frente, ~ 20 cm delante de la fachada frontal (fig. 22 d, e, f), con cimentación continua.

2) Asientos de apoyos en forma de pilares y elementos de paredes de diferente espesor (fig. 22 g y h), de 10-35 cm de grueso, generalmente en elementos prefabricados.

Partes de celosías, paredes longitudinales del elemento (figura 23): Mientras los marcos frontales determinan la formación de las paredes frontales y queda entre los apoyos un ancho libre para rellenar de ~ 2,40 m, existe entre los apoyos del lado longitudinal un espacio de 8,70 m resp. 7,50 m; ejecuciones estándar prevén paredes de madera soportada por apoyos metálicos con aislamiento de lana de vidrio, con protección antihumedad incorporada y con revestimientos exterior e interior en diferentes ejecuciones y materiales. El grueso de las paredes es de 15-20 cm, según el revestimiento. Mientras la placa de suelo, en paredes exteriores cerradas (fig. 23), es recubierta por la capa exterior, ésta puede incluirse en la decoración de las paredes exteriores con aperturas (fig. 23 c), ya que su altura se encuentra 45 cm encima de la base de apoyo, mientras la placa de suelo ha de ser atrincherada.

Paredes frontales del elemento (fig. 24): Marcos frontales con o sin relleno constituyen los lados frontales del elemento. Estos se prestan muy bien para aberturas, puertas y ventanas. Para hacer la celosía de los marcos pueden utilizarse varios materiales como partes de antepechos o paredes cerradas. Las alturas de los antepechos son variables, ya que se han fijado normas de altura y formas según las diferentes aplicaciones (fig. 24 a-f). Las alturas de antepechos estandarizadas producen dimensiones de ventanas que son normalizadas para distintos programas.

Paredes interiores (ejecuciones estándar) (fig. 25): Tabiques de madera o de acero ligero con cartón de yeso o tablones de madera, los cuales en caso necesario vienen rellenos de material amortiguador. Revestimientos en diferentes ejecuciones. La placa del suelo está calculada de tal forma que paredes interiores ligeras (100 kp/cm² de superficie) pueden colocarse en cualquier sitio. La distribución del espacio dentro de los elementos es libre (fig. 25 a y b). Pueden preverse a voluntad aperturas para puertas y pasillos. Sin embargo, hay que observar que estas aperturas no sean apoyadas sobre una junta de elemento. Dichos tabiques han de colocarse al lado de la junta. Si se construyen paredes interiores para mayores exigencias, como por ejemplo para clases de colegios y paredes de separación en viviendas, en ejecución doble, han de colocarse de tal forma, que las dos partes del tabique no se apoyen sobre un elemento sólo, sino sobre dos, para evitar desviaciones acústicas (fig. 25 c).



paredes longitudinales

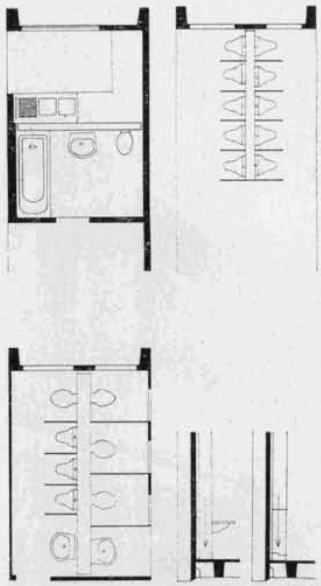
23

tabiques

25

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

Las figuras indican de arriba abajo: Prefabricación de los elementos en la nave de la fábrica. Montaje completo de una unidad de cocina. Obra durante el invierno con un elemento tridimensional antes de su colocación.



26

Bloques de agua (fig. 26): Son unidades concentradas de todas las instalaciones sanitarias en «bloques de agua». Consisten en paredes huecas de ~ 20-30 cm de grueso que llevan todas las tuberías de alimentación y de desagüe, incluso las del desagüe de los tejados. Los aparatos sanitarios están suspendidos libremente de las paredes y son independientes de los suelos.

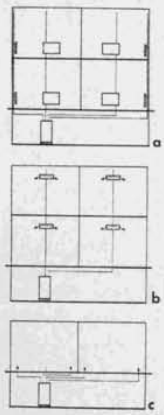
Se recomienda utilizar los «bloques de agua» estandarizados cuyos resultados han sido ya probados en los distintos programas. Si esto no es posible, hay que aplicar normas especiales.

Sistemas de calefacción (fig. 27): La decisión sobre el tipo de calefacción a instalar hay que tomarla después de una consulta entre ingenieros de calefacción y la oficina técnica de la fábrica de los elementos. Las tuberías de calefacción y de agua se preparan hasta el borde superior del cimiento o hasta el borde superior de la pared de sótano en obra para ser conectadas con las tuberías dentro del elemento en el momento de montaje del mismo.

a) Calefacción de agua caliente: Utilización en ejecución estándar para edificios de varias plantas. Todas las tuberías dentro de un elemento se colocan ya en fábrica.

b) Sistema combinado de agua caliente y aire caliente. Se utiliza en grandes edificios para evitar tuberías muy largas de secciones anchas, en edificios con zonas de temperatura diferenciada y en casos de climatización parcial. Soplantes repartidos en diferentes sitios se alimentan por un sistema de agua caliente (intercambiadores de temperatura).

c) Calefacción de aire caliente: Se utiliza preferentemente en edificios de una planta con plano horizontal compacto y sitio suficiente para la colocación de los canales (debajo del suelo en el sótano o en un espacio hueco).

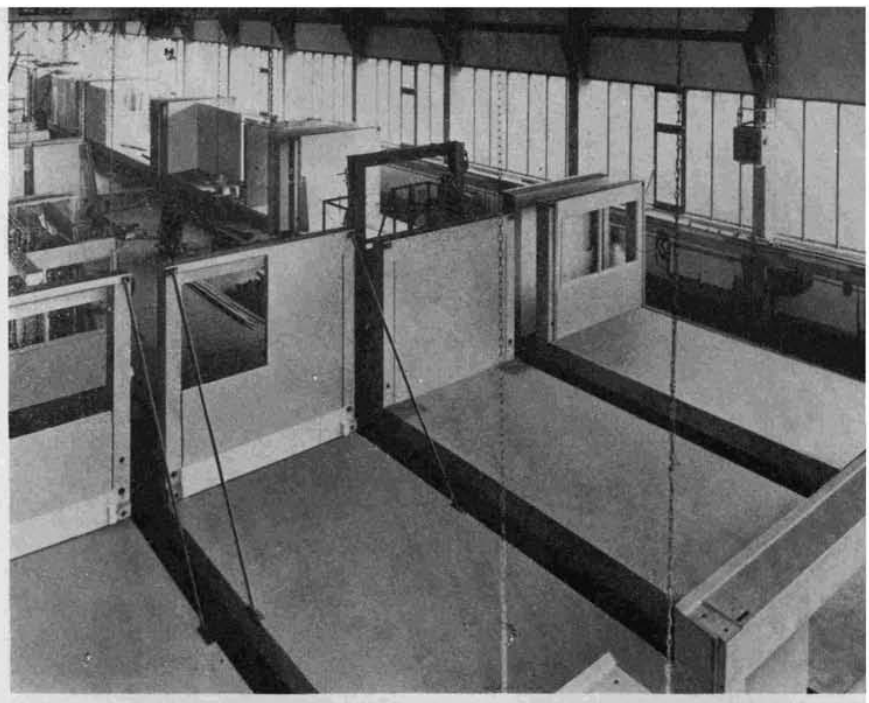


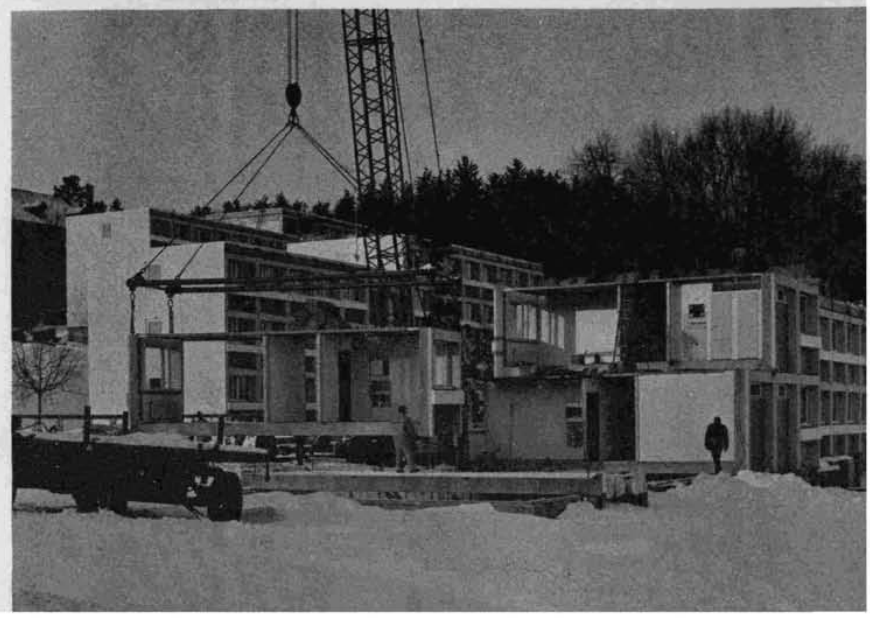
a) Calefacción por radiadores.

b) Intercambiador.

c) Instalación de aire caliente.

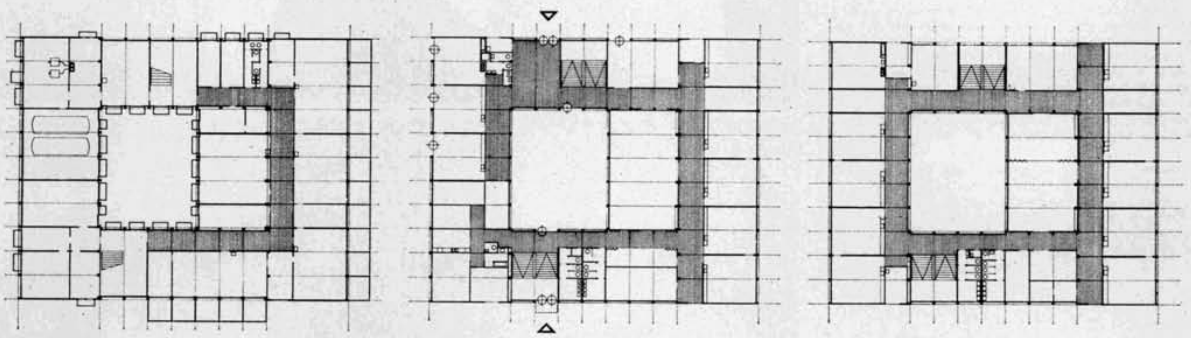
27





© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

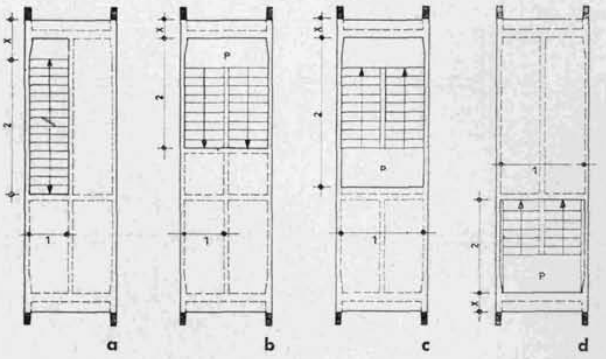
28. **Escuela para niños subnormales en Stuttgart, Moehringen.**
Proyecto: Instituto de la Vivienda de la ciudad de Stuttgart.



plantas

Esta construcción, que ha sido realizada con elementos celulares Variel por la firma Kübler, de Göppingen, comprende un volumen de construcción de 11.800 m^3, y 2.888 m^2 de superficie de escuela. Ha sido construida en 1968, en el espacio de 5 meses; el costo total ha sido de 2.517 millones de DM.

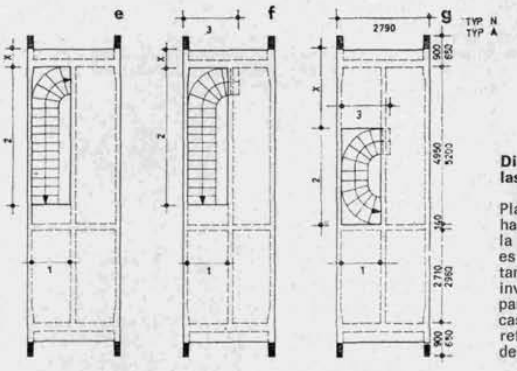
© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



29

Escaleras y huecos de escaleras. Posibilidades:

a) Escaleras dentro del elemento (placa de suelo abierta).
b) Escalera entre elementos (por ejemplo, en superficies sobrantes).
c) Escaleras colgadas (como partes complementarias).



Disposición de las escaleras:

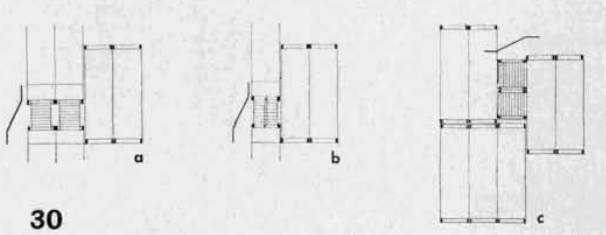
Planos desde a hasta g: para a) la disposición es posible también al inverso; para b) en este caso hay que reforzar la placa de suelo.

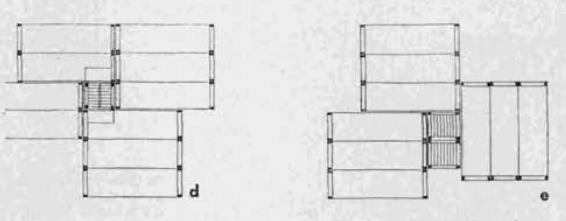
Escaleras entre elementos (sin descansos adicionales) (fig. 30 a-e): Utilización principal: Escuelas de varios pisos en los cuales se necesitan mayor anchura de escaleras (con excepción de la figura 30 b) y donde partes de edificios pueden desfasarse de media planta.

Los elementos pueden agruparse muchas veces de tal forma que entre ellos se crean espacios libres, los cuales están cercados de elementos. De este modo se forman automáticamente huecos de escalera (figs. 18, 19 y 20). En caso de que los volados de escalera se coloquen de frente sobre las nervaduras frontales se necesita solamente un apoyo especial en construcciones de varias plantas (30 a).

Si se cuelgan los volados de las escaleras a las nervaduras longitudinales, es necesario un apoyo adicional para la desviación directa de las fuerzas (30 c y d). Las soluciones más sencillas resultan cuando partes de edificio están desfasadas entre sí por la mitad y partes de las placas de suelo constituyen al mismo tiempo los estrados (30 a y d). Por variación de la relación de ordenación de los elementos entre sí, las escaleras pueden ejecutarse según necesidades de largos y anchos variables (por ejemplo, en 30 c, d y e).

Escaleras suplementarias (ejemplo, fig. 31): Escalera de 2 voladas en piezas suplementarias. Dos voladas de escalera se combinan con elementos, una o dos mesas (jaulas). Se utilizan con pequeño estrado (de





30

Escaleras y cajas de escaleras

Escaleras interiores (fig. 29):

Se llevan por superficies dejadas vacías a propósito de la placa del suelo (1 ó 2). Sirven solamente para escaleras que necesitan poco espacio. Se emplean en viviendas, utilización limitada en edificios comerciales, y como escaleras secundarias en escuelas.

la anchura de 1 elemento): viviendas; utilización con gran estrado (que representa el ancho de 2 elementos): escuelas.

a) Escalera en elementos desfasados entre sí, elementos como estrados, sitio necesario 2,80/1,80 - 2,80 m o bien 5/1,80 - 2,80 m.
Posible solamente con una planta superior.
Utilización: en viviendas con plantas desplazadas por medias alturas de elementos.

b) Caja de escalera enganchada con un estrado, sitio necesario 2,80/3 - 4 metros ó 5,60/4 - 5 m con anchuras de escaleras hasta ~ 1,15 m. Con sólo una planta superior puede prescindirse del bastidor de apoyo; sitio necesario, 2,80/3 - 4 m.

c) Escalera colgada con estrados; sitio necesario, 2,80/4,60 - 5,60 m ó 5,60/5,60 - 6,60 m para anchuras de escalera hasta 1,20 m.

d) Escalera colgada con un estrado, plantas desplazadas horizontal y verticalmente; sitio necesario, 2,80/3,40 - 4,20 m ó 5,60/4,20 - 5,20 m. Utilizable como en b); medida de desfase, 3,55 - 4,55 ó 4,55 - 5,55 m.

e) Escalera entre 3 plantas con uno o dos estrados. Las tres plantas pueden desfasarse entre sí por media planta.

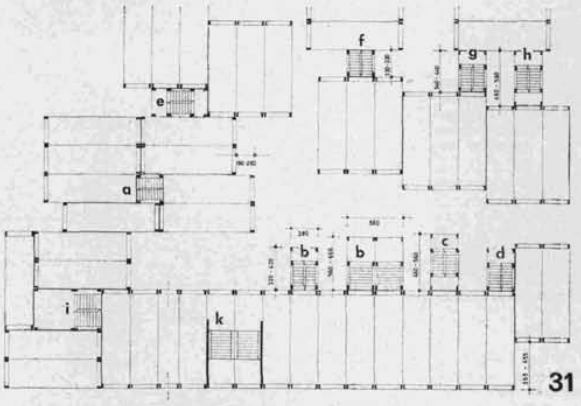
f) Escalera entre 2 plantas que llevan un desfase de media planta. Sitio necesario, 2,80 ó 5,60/2,10 - 3,20 m.

g) Como f), con un estrado (cierre posible por un lado); sitio necesario, 2,80/3,40 - 4,40 m ó 4,60/4,40 - 5,40 m.

h) Como f), con dos estrados (cierre posible por los dos lados); sitio necesario, 2,80/4,60 - 5,60 m ó 5,60/5,50 - 6,60 m.

i) Caja de escalera en una superficie sobrante de 4/4 m y un estrado. Plantas sobre el mismo nivel o desfasadas entre sí por media planta.

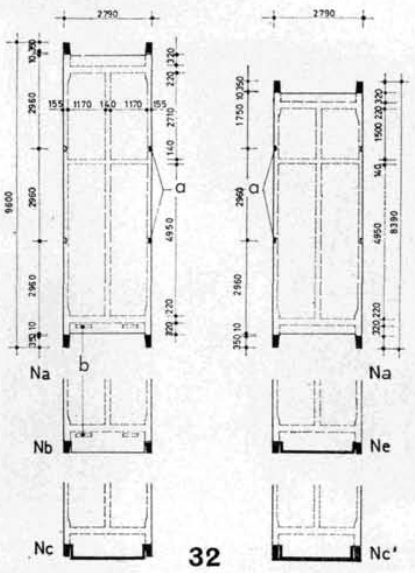
k) Caja de escalera como construcción especial con pared lateral resistente a incendios. Marco frontal desfasado eventualmente de media planta en el estrado; sitio necesario, 5,60/6,40 - 9,60 m; anchura de escalera hasta 2,20 m.



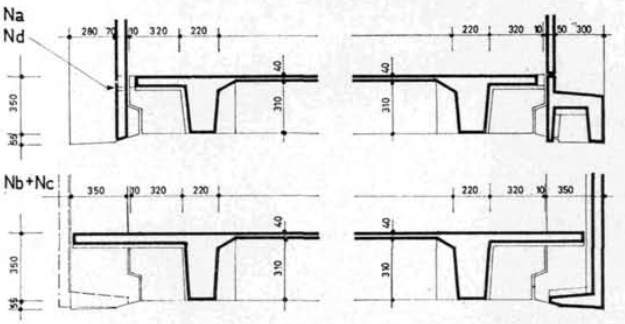
31

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

Elementos de construcción



Placa de suelo: a) placa soldada; b) vacío máximo, 100 × 500 mm; arriba derecha, detalles finales.



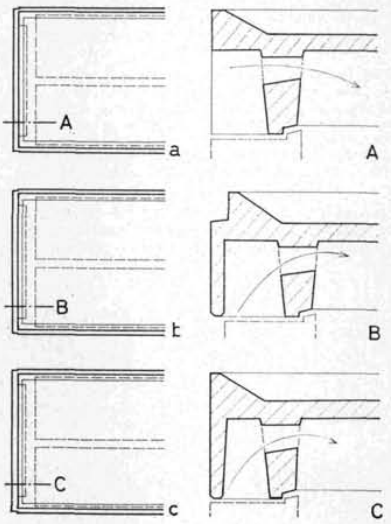
Na: Normal, empalme antepechos de ventana.

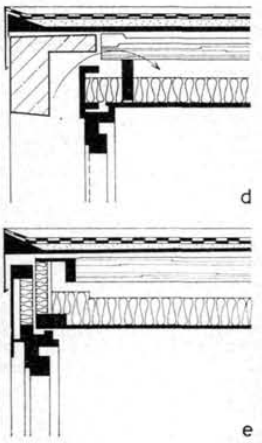
Nb: Prolongado, entrada o unión frontal de elementos.

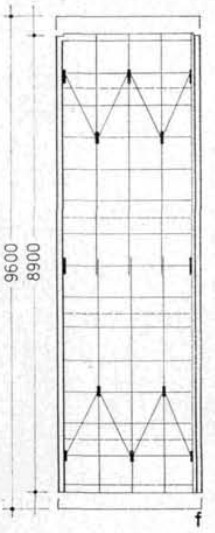
Nc: Prolongado, para voladizos de antepecho hasta el apoyo.

Nd: Prolongado, para pieza de ajuste hasta antepecho.

Placa de suelo (fig. 32): placa de hormigón pretensado con nervaduras unida con pórtico frontal. En la placa de suelo, N, las nervaduras finales son desplazadas hacia atrás para el paso de las aperturas de la calefacción por aire caliente, etc.; vacío máximo, 11 × 50 cm; vacío para caja de escalera a), b), c), d). Sin cambio en la estructura puede dejarse vacío solamente un recuadro. Las partes frontales de las placas pueden estructurarse de distintas formas.







Figs. a, b, c, con relación a la placa del tejado.

Tipos:

A: Frontal abierto.

B: Parte frontal con remate sobresaliente.

C: Parte frontal con remate enrasado.

d) Parte frontal del tejado;

e) Parte del muro posterior; y

f) Techo ligero con secciones.

Placas de tejado estándar (fig. 33 a-e)

1. Tejado de hormigón: composición de la construcción del tejado: tejado de gravilla pegadiza, placa de tejado (placa de nervaduras de hormigón). Hueco aireado (entre las nervaduras) entrincherado, aislamiento contra el vapor. Rasilla. La placa se sitúa sobre apoyos especiales en los pórticos frontales. Placas de tejado yuxtapuestas son soldadas. Borde de tejado de chapa de acero galvanizado. Placas de tejado de hormigón se transportan separadamente.

2. Tejado ligero: composición de la construcción de techo; techo de gravilla pegadiza. encofrado de listones, armadura encastrada en IPE 24, entrincherado, aislamiento de vapor emparrillado de listones, revestimientos varios de techo. El emparrillado de listones sirve también como guía de las paredes. El tejado se fija sobre los pórticos frontales.

   Tejados yuxtapuestos se atornillan. El tejado se monta en fábrica sobre la cinta transportadora y se transporta con el elemento. El borde del tejado es de piezas formadas de uralita.

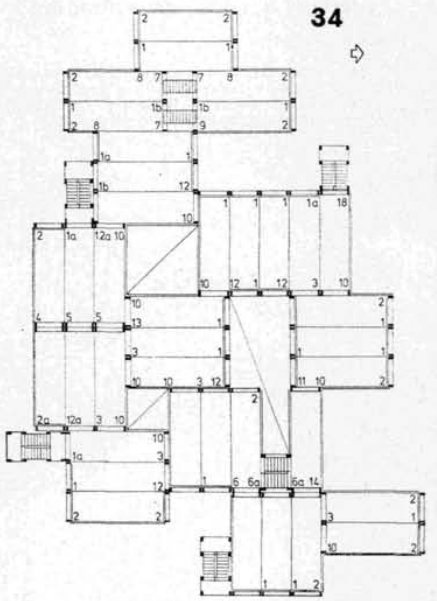
Pórticos frontales y antepechos (fig. 24). 3 alturas de pórticos estandarizados proporcionan combinadas con las variantes de tejados planos 4 posibilidades usuales:

1. Altura de pórtico R = 3.025 mm, combinado con tejado de hormigón para altura libre H de ~ 2,50 m.
2. Altura de pórtico R' = 3.188 mm, combinado con techado ligero para altura libre H de ~ 2,50 m.
3. Altura de pórtico R'' = 3.675 mm, combinado con techado ligero para altura H' de 3 m.
4. Altura de pórtico R'' = 3.675 mm, combinado con tejado de hormigón para altura H'' de 3,20 m.

Accesorios (no hay dibujos, véanse las fotografías de edificios ejecutados, pág. 61, y figuras 28 y 36).

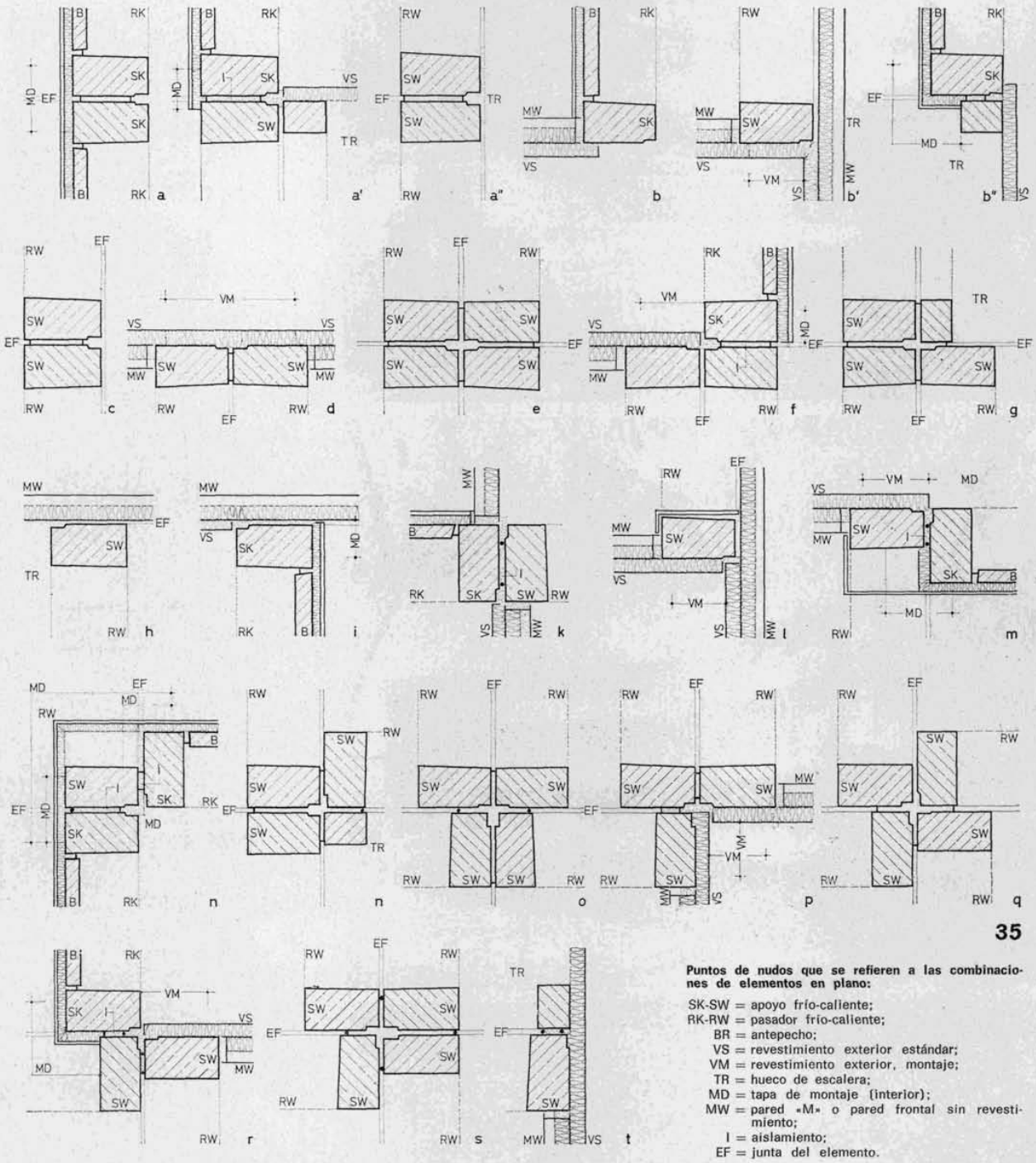
1. Saliente de antepecho: para armarios, estanterías y huecos para radiadores. Superficie frontal saliente de 70 mm, enrasado con apoyo del revestimiento. Dimensiones estándar 1.320 mm ó 2.180 mm. Variantes de ordenación.
2. Balcón: Solamente en pórticos de 2.961 mm de altura utilizable con gárgola. Montaje en la obra. No introducir la superficie del balcón dentro del elemento.
3. Alero: Suspendido en el dintel de ventana con gárgola. Montaje en la obra.
4. Jardinera, placa de voladizo: para la decoración de la fachada.

El plano a la derecha muestra posibilidades de combinación en plano horizontal, siendo posible la combinación diferenciada en plano con la formación de patios interiores de diferentes tamaños y formas. Variantes innumerables y diferenciaciones pueden realizarse para los más diversos usos. Véase a este fin también el desglose de las combinaciones de elementos más importantes en la figura 35, como se representan en las conexiones de apoyos y paredes.



Plano de combinaciones

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



35

Puntos de nudos que se refieren a las combinaciones de elementos en plano:

SK-SW = apoyo frío-caliente;
RK-RW = pasador frío-caliente;
BR = antepecho;
VS = revestimiento exterior estándar;
VM = revestimiento exterior, montaje;
TR = hueco de escalera;
MD = tapa de montaje (interior);
MW = pared «M» o pared frontal sin revestimiento;
I = aislamiento;
EF = junta del elemento.

Combinaciones de elementos (conexiones de apoyo).

Izquierda: Plano de combinación (fig. 34). Las combinaciones de plano más usuales se representan en el citado esquema. Los diferentes puntos de unión se representan esquemáticamente en la figura 35. En proyectos han de utilizarse solamente estas combinaciones. Atención especial hay que prestar a la evitación de puentes en frío:

1. Si los apoyos son fríos, también lo es el cerrojo (dintel). Ambos han de ser atrincherados por el lado inferior.

2. Si los apoyos y cerrojos están atrincherados por un encubrimiento exterior, el interior puede quedarse libre. En el plano de combinación no se han tomado en consideración las paredes interiores, puertas y ventanas.

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

Esta página representa edificios que se han construido en Suiza con elementos Variel. De arriba abajo:

a. Una escuela de 9 clases en Hautrive; edificada con 41 elementos.

b. Una casa de viviendas para 12 familias en Konau; edificada con 39 elementos.

c. Una casa de viviendas, con 13 elementos.

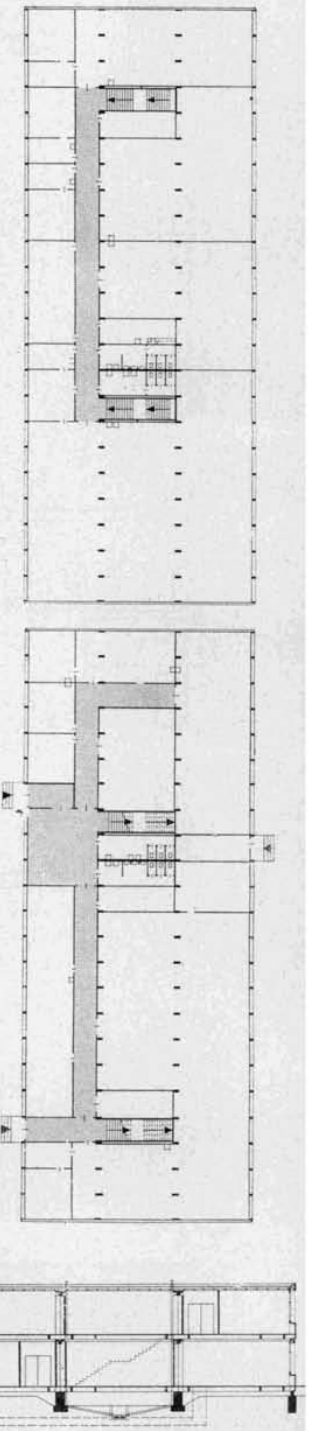
Estos edificios dan una idea de la flexibilidad funcional y arquitectónica del sistema Variel por elementos de células volumétricas, que pueden ser realzadas más aún por el empleo de una coloración apropiada.

Planta superior y planta baja del edificio de la sede de la BMW en Alemania.

a

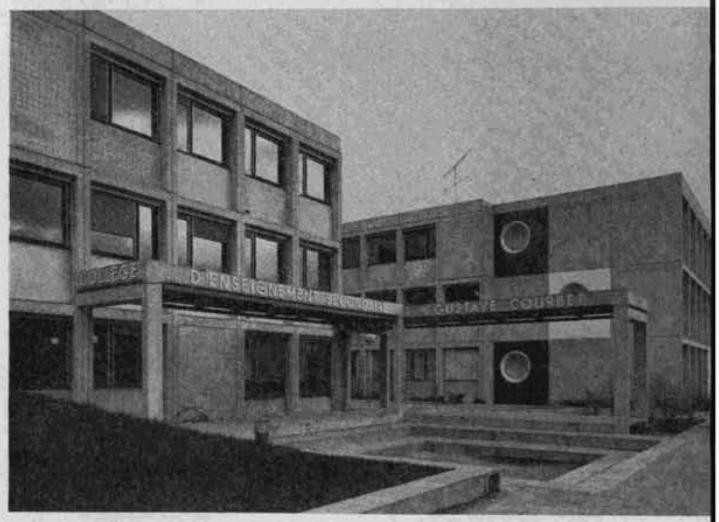
b

c



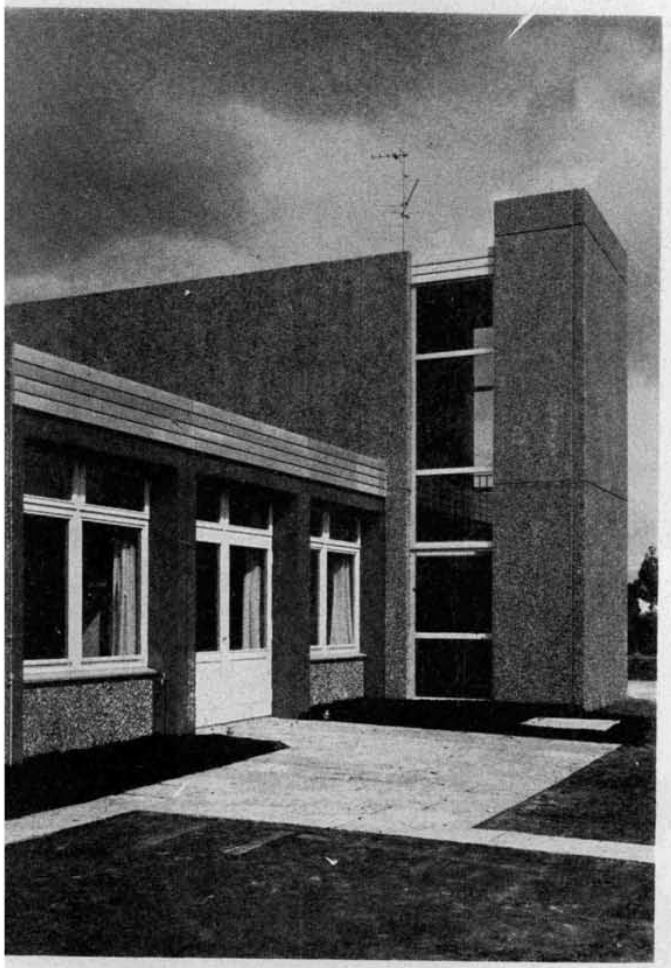
© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

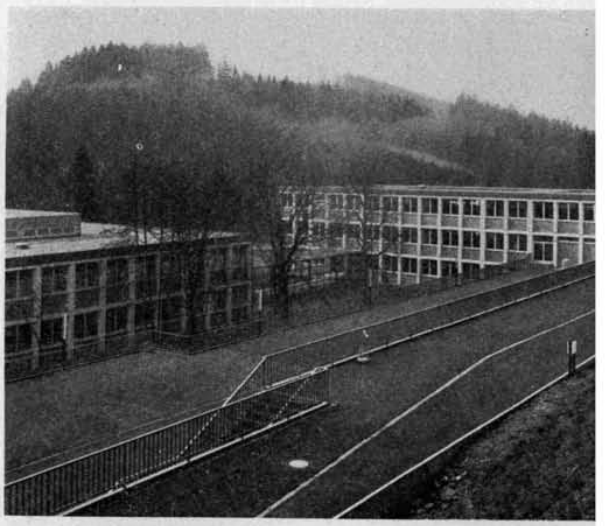
diversos ejemplos
de realizaciones del sistema Variel.

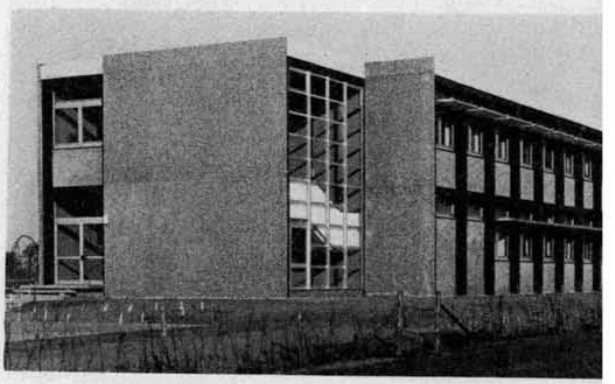


© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

diversos ejemplos de realizaciones del sistema Variel.







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

Fotos: PETER MORF, R. KLUGE, H. BARANGER, ROUW, DAHLHAUS, KÖHLER y EGE

résumé

Système Variel

Fritz Stucky, architecte

Dans cet article, l'auteur expose les avantages et les innovations que représente la préfabrication modulée dans la construction moderne et démontre, en même temps, que l'industrialisation bien conçue ne limite absolument pas la liberté créatrice de l'architecte, réduisant, cependant, les coûts de revient d'une manière considérable.

L'auteur met l'accent, d'une manière particulière, sur le système Variel de modules par éléments et présente ses divers détails constructifs complets, ainsi que quelques réalisations qui mettent en évidence la perfection de finition et l'ample gamme de constructions de tout genre qui peuvent être exécutées par ce système.

summary

The Variel System

Fritz Stucky, architect

This article describes the advantages and innovations that the modulated prefabrication represents in the modern construction, and demonstrates at the same time that a well conceived and well planned industrialization does in no way limit the creative freedom of the architect. However, to a considerable extent it reduces the costs.

In particular, it points out with emphasis the Variel system of modules by elements, presenting their diverse and complete structural details as well as some works that give ample evidence of the perfection of the finishing and the wide range of all types of constructions that can be carried out by means of the above mentioned system.

zusammenfassung

Das Variel System

Fritz Stucky, Architekt

Es werden die Vorteile und Neuerungen die die modulierte Vorfertigung in der modernen Konstruktion darstellt erwähnt und es wird gleichzeitig bewiesen, dass eine gut geplante und gut entworfene Industrialisierung keineswegs der Schaffensfreiheit des Architekten im Wege steht und dass sie ausserdem die Kosten erheblich reduziert.

Besonders wird auf das Variel System von Modulteilen beharrt und es werden seine vollständigen und verschiedenen konstruktiven Einzelheiten aufgezählt, sowohl als auch einige ausgeführte Arbeiten, die deutlich die Vollendung der Fertigbehandlung und das reiche Anwendungsfeld für diesen Typ von Konstruktionen beweisen.

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