

CARACOLA

EDIFICACIONES MODULARES

J. L. MATEO, arquitecto
C. BOSCH, ingeniero de caminos
F. FERNANDEZ y E. RAMOS, arquitectos
A. ROYO, Est. arquitecto
J. I. GUILLEN, Est. ingeniero I.

832 - 36

sinopsis

Mediante este sistema panelizado se ofrecen al mercado soluciones para viviendas, escuelas, centros sanitarios y, en general, para todos aquellos casos en que se precise una urgente entrega y una eventual recuperabilidad, reduciéndose notablemente los gastos de transporte, dada la posibilidad de su envío en paquetes manejables y de escaso tamaño.

Los módulos ligeros pueden agruparse de formas diversas, en planta y en altura, lográndose así verdaderos edificios, en ventajosa competencia, en algunos aspectos, con la construcción tradicional, aportando además una gran movilidad y rapidez.

A cambio de ello se requiere un estudio más detallado y un minucioso proyecto al ser el resultado de un proceso industrial.

Se describen en el artículo todas las operaciones, procedimientos constructivos, aspectos técnico-estructurales, uniones, fenómenos aerodinámicos de transporte, preparación del terreno, etc., que configuran este interesante sistema de prefabricación.

El sistema de prefabricación ligera "Caracola"

1. HISTORIA Y DESCRIPCION GENERAL DE LAS CASAS MOVILES

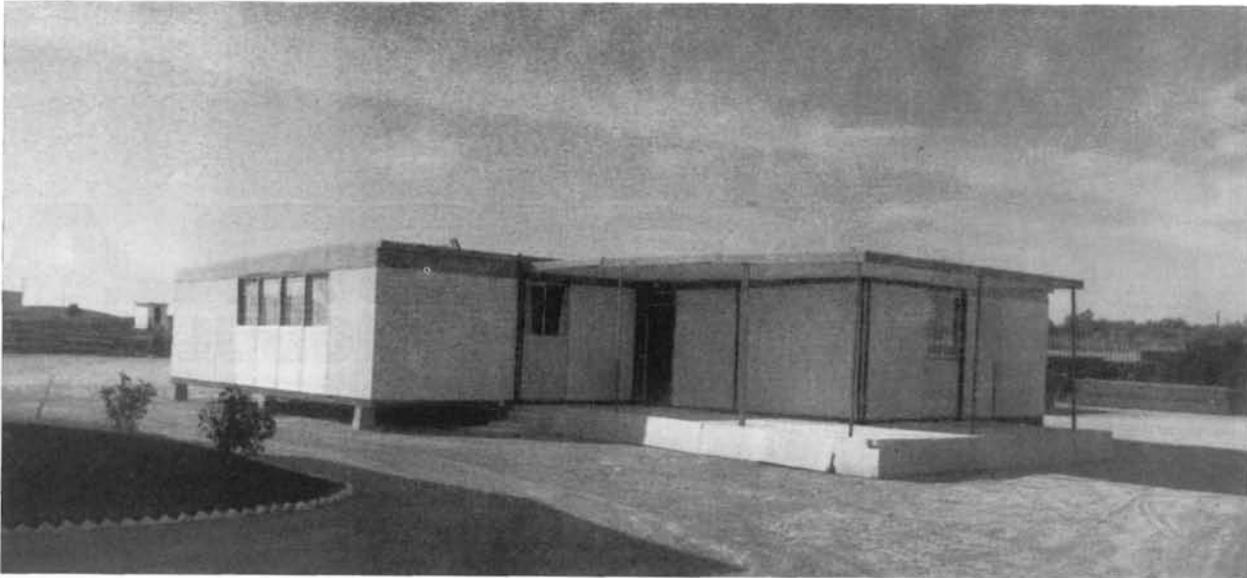
Las viviendas móviles han existido siempre, a través de la historia, como consecuencia del género de vida de determinados grupos humanos, obligados por diversas circunstancias a desplazarse continuamente de un lugar a otro. Esta necesidad de movilidad de la vivienda ha sido resuelta tradicionalmente siguiendo dos modelos fundamentales.

El primero de ellos ha sido la vivienda estática en sí, pero fácilmente desmontable para su traslado. A este grupo pertenecen todos los tipos de chozas, compuestas por una estructura ligera y un material de cobertura simple, que pueden ser fácilmente desarmadas y empaquetadas.

El segundo modelo ha sido el de la vivienda dotada de un sistema propio de transporte, que no necesita, por tanto, ser desmontada para trasladarla. En este grupo se encontrarían todos los tipos de carromatos, utilizados tradicionalmente desde la antigüedad.

Cada uno de estos modelos ha evolucionado en su misma línea, dando lugar, respectivamente, a las roulottes y a las edificaciones prefabricadas ligeras. Las primeras tienen un campo muy limitado, cubriendo un sector reducido del mercado. Las segundas, por el contrario, han adquirido un amplio desarrollo.

Los módulos ligeros pueden agruparse de muy diversas formas, tanto en planta como en altura, llegando a constituir verdaderos edificios, muy alejados ya del primitivo concepto de la pequeña edificación móvil. La prefabricación ligera puede cubrir en la actualidad un amplio campo, compitiendo con la construcción tradicional en algunos aspectos, y aportando como ventajas sobre ella la movilidad y la rapidez.



1

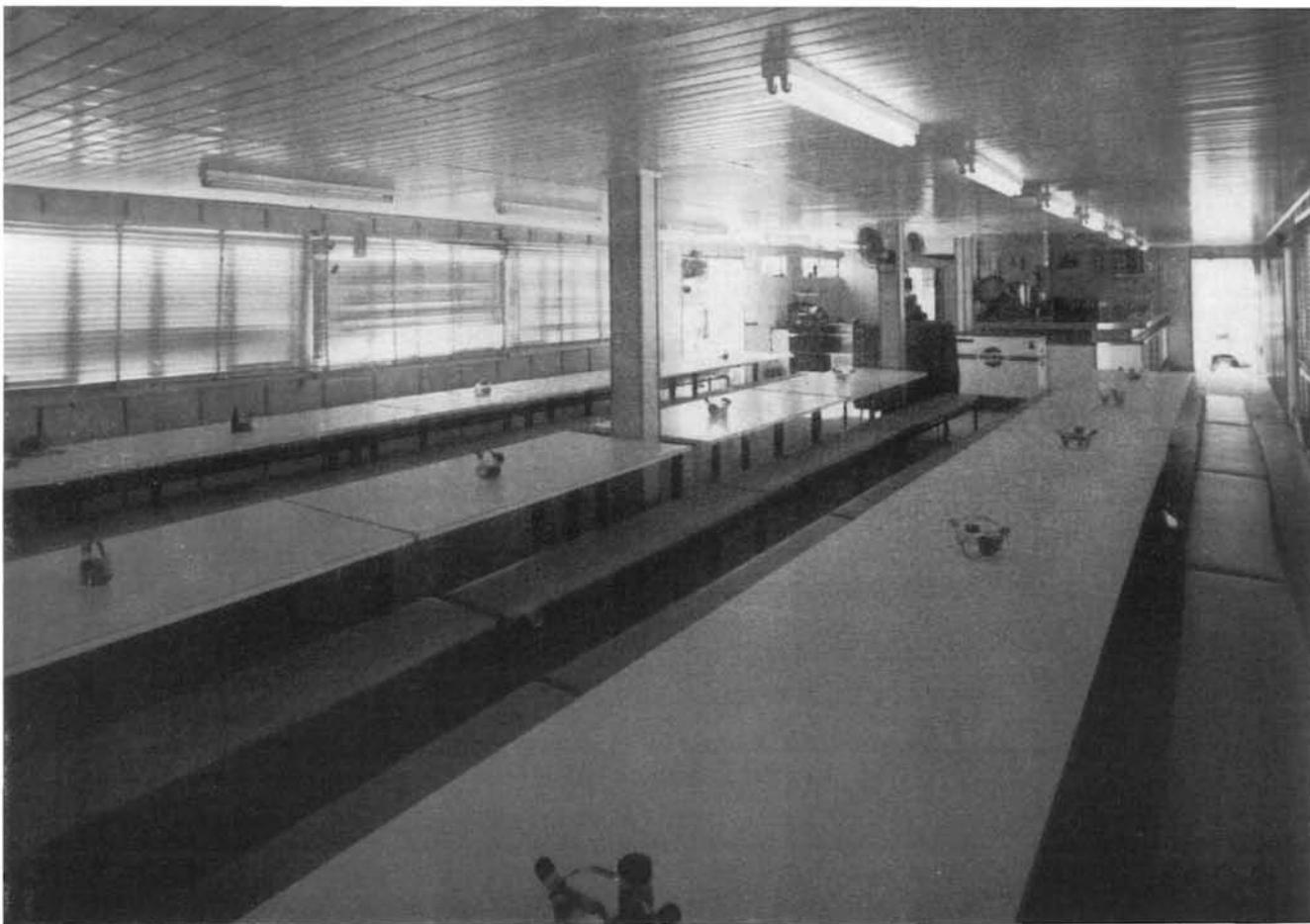
2. POSIBILIDADES DE COMPOSICION

Las edificaciones modulares ofrecen, sin embargo, una menor libertad compositiva que la construcción tradicional. Los módulos que se manejan son de grandes dimensiones y tienen su forma condicionada por limitaciones de tipo económico y de transporte.

Debido a esto, el proyecto ha de estudiarse siguiendo directrices particulares. Los aspectos estéticos deben ser resueltos con los elementos, normalmente muy reducidos, de que se dispone, lo cual implica un cuidadoso estudio de volúmenes a fin de lograr composiciones adecuadas utilizando módulos de líneas muy simples. Hay que prescindir de los retranqueos caprichosos, teniendo en cuenta que el concepto de fachada no es válido en este tipo de construcción, ya que cualquier movimiento en el perímetro de la edificación se traduce en un desajuste de módulos en el interior, al ser éstos unidades de dimensiones fijas (fig. 1).

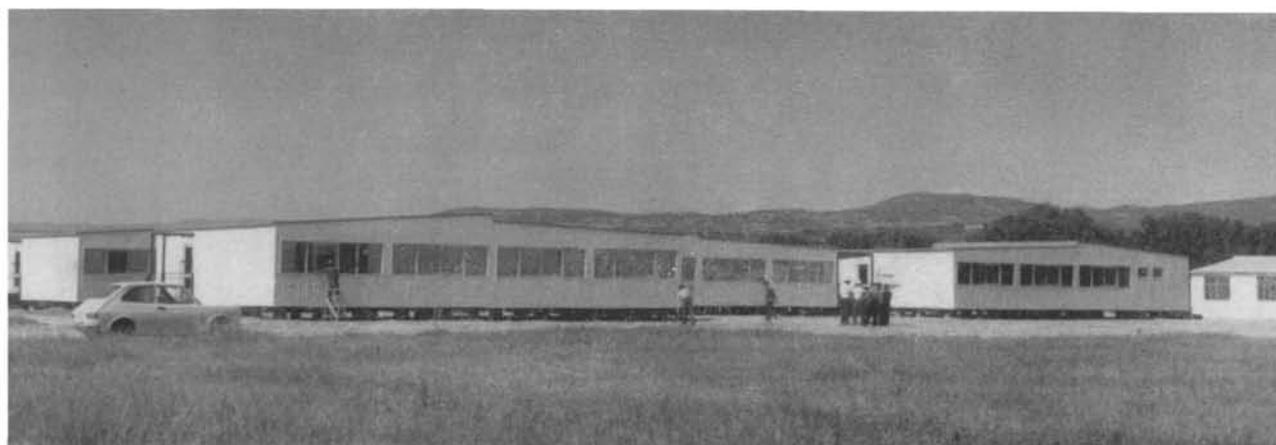


2

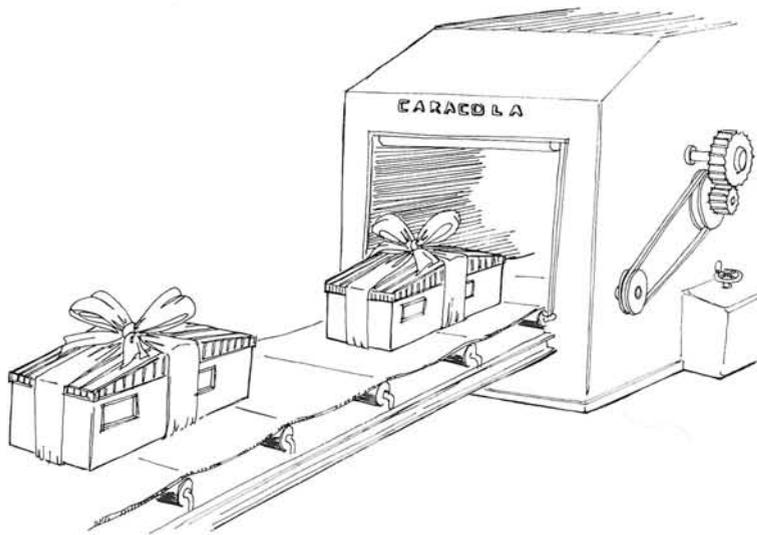
3

No obstante esta relativa rigidez de composición en el exterior, sus posibilidades de adaptabilidad en el interior son ilimitadas, pudiéndose obtener las distribuciones que se deseen. Así, se pueden dejar grandes espacios diáfanos o bien superficies muy compartimentadas. Estas soluciones no presentan ninguna dificultad en el sentido de la iluminación externa, ya que sus paramentos permiten aberturas donde se desee e incluso en toda su longitud. Lo que debe intentarse, a la hora de hacer las distribuciones de los módulos, es que la tabiquería se sitúe en la unión de los mismos o en uno de ellos en su totalidad. Esto no es obligado, pero sí deseable, porque desde el momento que se trabaja con tolerancias pueden surgir dificultades al acoplar un tabique en el sentido perpendicular a la unión (figs. 2 y 3).

El color es otro elemento con el que se puede contar en la composición, pero también de una forma limitada. Las variaciones no se pueden hacer libremente, sino considerando que las unidades mínimas de color uniforme serán normalmente de superficie relativamente grande. En cualquier caso, las combinaciones de colores tienen que ser de tipo repetitivo, a fin de lograr una economía en la fabricación de elementos iguales (fig. 4).

**4**

FOTOS: FOINTSA



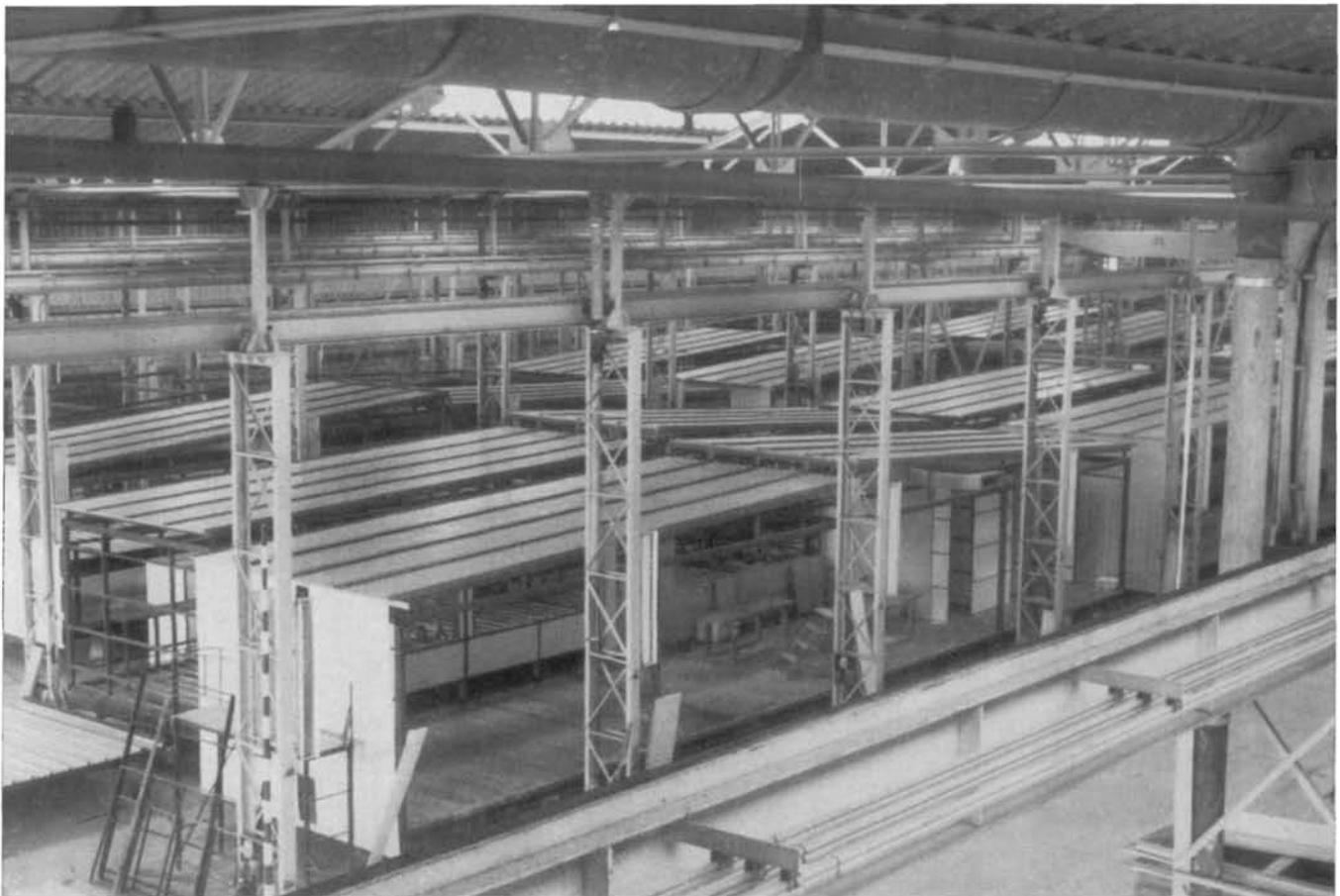
5 Fabricación en serie en la factoría

3. FUNCIONALIDAD

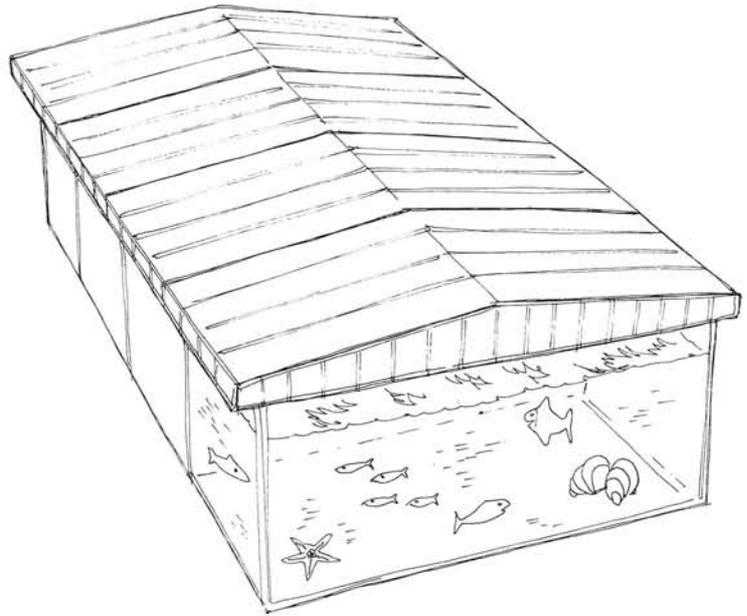
La construcción prefabricada consigue normalmente un alto grado de funcionalidad. Los condicionantes impuestos por el transporte y la rentabilidad, obligan a prescindir de los elementos superfluos, centrando la atención en aquellos que aportan utilidad real a la edificación, con un mínimo de peso y coste.

Los acabados interiores pueden tener un grado de calidad mayor que en la construcción tradicional. Normalmente se utilizan materiales cuyo proceso de colocación es más limpio y sencillo, y, por otra parte, la construcción en cadenas de fabricación permite una especialización de los operarios, que se traduce en una mejor terminación. Asimismo, se puede tener un mayor control del producto acabado (figs. 5 y 6).

6



7



4. AGRUPACION DE SERVICIOS. ZONAS HUMEDAS

El agrupamiento de los servicios es un factor importante a tener en cuenta con vistas a reducir el coste y el tiempo de fabricación. Los módulos en los cuales existen zonas húmedas, siempre resultan con diferencias respecto a los módulos tipo, por tanto, cuanto menor sea el número de estos elementos especiales, menor será la interferencia producida por ellos en las cadenas de fabricación (figura 7).

En particular hay que tener en cuenta que los tabiques que han de recibir las conducciones de fontanería, son diferentes de los normales, por lo cual deben ser aprovechados al máximo, disponiendo agrupadas en el interior de ellos el mayor número de tuberías posible.

5. RAPIDEZ DE EJECUCION

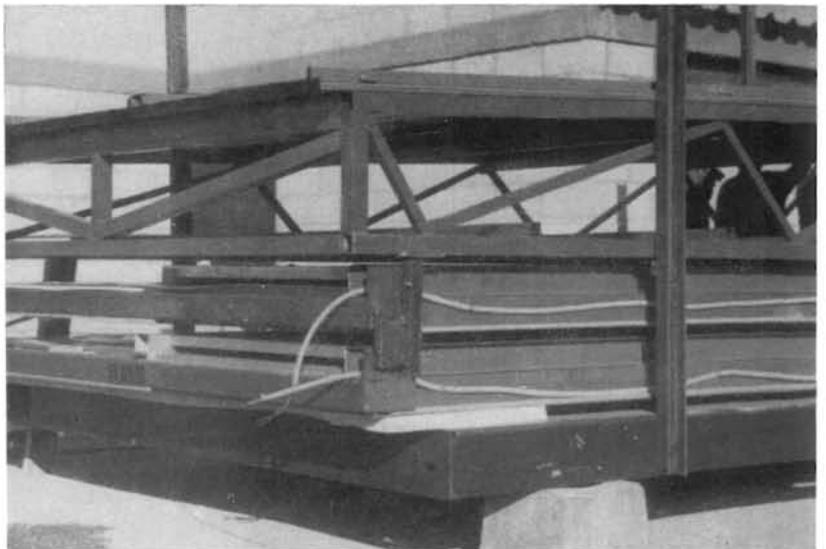
La rapidez de ejecución de la prefabricación ligera es una consecuencia de dos hechos fundamentales: la construcción en factoría y el empleo de materiales secos (fig. 8).

Estos dos factores diferencian, asimismo, a la prefabricación ligera de la pesada. En la primera, el 98% de las operaciones se realizan en factoría, quedando por tanto un mínimo de trabajos de montaje a realizar en obra; sin embargo, en la segunda, el proceso de acoplamiento de los módulos o paneles es mucho más lento (fig. 9).

8



9



El empleo de materiales húmedos, tales como el hormigón, retrasa el trabajo en cadena, debido a la existencia de tiempos muertos para el fraguado que son inevitables aunque se utilicen los túneles de curado. Debido a esto, el hormigón ligero que en un principio se utilizaba para los suelos, ha sido sustituido en la actualidad por tableros de aglomerado de madera, convenientemente tratados para hacerlos resistentes, impermeables e imputrescibles, formando un sandwich de alma aislante, con una chapa nervada.

6. NECESIDAD DE UN PROYECTO MAS DETALLADO QUE EN LA CONSTRUCCION TRADICIONAL

La prefabricación ligera, al ser el resultado de un proceso industrial, necesita de un proyecto más detallado que la construcción tradicional. Cada elemento de la edificación es una pieza que tiene que ser definida hasta el menor detalle. En una obra normal se pueden tomar decisiones sobre la marcha, introduciendo alguna modificación, si es necesario; sin embargo, en una factoría, cualquier corrección de este tipo implica el desajuste de toda la cadena y, a veces, la parada parcial o total.

Por otra parte, en la prefabricación se maneja el concepto de tolerancia, que no suele existir en la construcción tradicional. Estas tolerancias se expresan en milímetros y, por tanto, las dimensiones de las piezas han de ajustarse entre límites muy estrictos.

7. PREPARACION DEL TERRENO. ACOMETIDAS Y SANEAMIENTO

Antes de proceder a la colocación de la edificación es necesario preparar el terreno, dejándolo nivelado. Los terrenos con pendiente siempre originan dificultades para el acoplamiento de los módulos. En el caso de que esta pendiente sea ligera, puede ser absorbida disponiendo conectores entre las diferentes unidades (fig. 10).

Por otra parte, tanto las acometidas de agua y electricidad, como el saneamiento, deben estar realizadas antes de la recepción de los módulos en su lugar de colocación, a fin de poder proceder a la conexión en el momento del montaje.

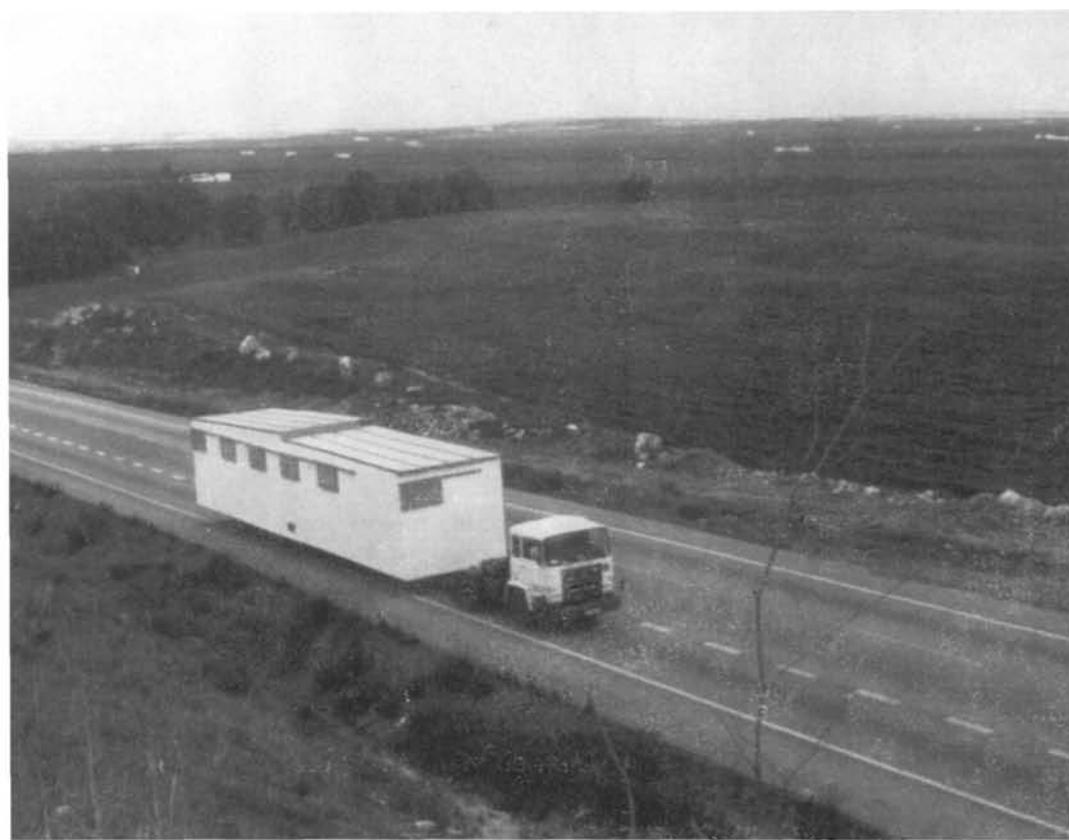


10

Rapidez de transporte 11



12



13

8. TRANSPORTE

El concepto de transporte se encuentra íntimamente ligado al de prefabricación ligera, ya que la razón de ser de ésta estriba precisamente en su fácil movilidad, tanto para ser situada en su primer emplazamiento como para posteriores traslados. Por esto, el estudio del transporte, especialmente de sus aspectos técnicos, rentabilidad y limitaciones, adquiere particular importancia, hasta el punto de que dichos estudios influyen notablemente en el diseño estructural, funcional y estético de los módulos (fig. 11).

Los desplazamientos se pueden efectuar por carretera, ferrocarril o barco. El primer método es el más utilizado para distancias cortas o medias, ya que el tren, aunque en principio tiene un coste menor presenta un complicado proceso de carga y descarga que encarece la operación (fig. 12).

Para distancias largas, y en especial en la exportación, el medio más utilizado es el barco (fig. 13).



8.1. Condicionamientos impuestos por el Transporte

La legislación existente para el transporte por carreteras y autopistas, limita fundamentalmente las dimensiones máximas transportables y el peso por eje.

La anchura tope permitida, para circular libremente, está normalmente comprendida entre 2,40 y 2,50 m y, en general, no es posible superar los 3,60 m sin tener que realizar el transporte bajo restricciones muy severas.

La altura máxima permitida suele oscilar alrededor de los 4,50 m: esta limitación viene impuesta por la existencia de puentes, túneles y otros obstáculos y, aunque es posible transportar objetos de mayor altura, es necesario solicitar un permiso especial y adoptar itinerarios determinados que eviten los pasos con altura insuficiente. Este condicionante, respecto a la altura, obliga a que las casas móviles tengan que ser diseñadas con cubiertas de pequeña pendiente; y aún así, teniendo en cuenta la altura necesaria tanto para la cubierta y la estructura de suelo, como para el elemento de transporte, resultan aproximadamente 2,50 m de altura máxima libre para los módulos.

La longitud máxima para poder circular sin permisos especiales, oscila, según los diversos países, entre los 15 y los 22 m, lo cual, en general, no es una limitación restrictiva para las casas móviles, pues su longitud rara vez sobrepasa los 18 m.

8.2. Ventajas de la solución por paneles

Todas las consideraciones anteriores, referentes al transporte por carretera, son válidas para distancias cortas y medias. Para mayores distancias, como se ha indicado anteriormente, el medio más utilizado es el barco. En este caso, el problema del gran volumen de los módulos adquiere especial importancia, ya que los fletes están en función del metro cúbico transportado. Para conseguir una reducción en costo, en la actualidad se tiende a construir los módulos descompuestos en paneles, lo cual facilita el transporte aunque, naturalmente, las operaciones de montaje a realizar en obra resultan más complicadas.

9. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS EMPLEADOS EN LA PREFABRICACION LIGERA

El sistema «CARACOLA», desarrollado por Dragados y Construcciones, S. A., utiliza fundamentalmente tres procedimientos constructivos:

- En una planta { Módulos volumétricos
 { Módulos descompuestos en paneles
- En altura: Módulos volumétricos

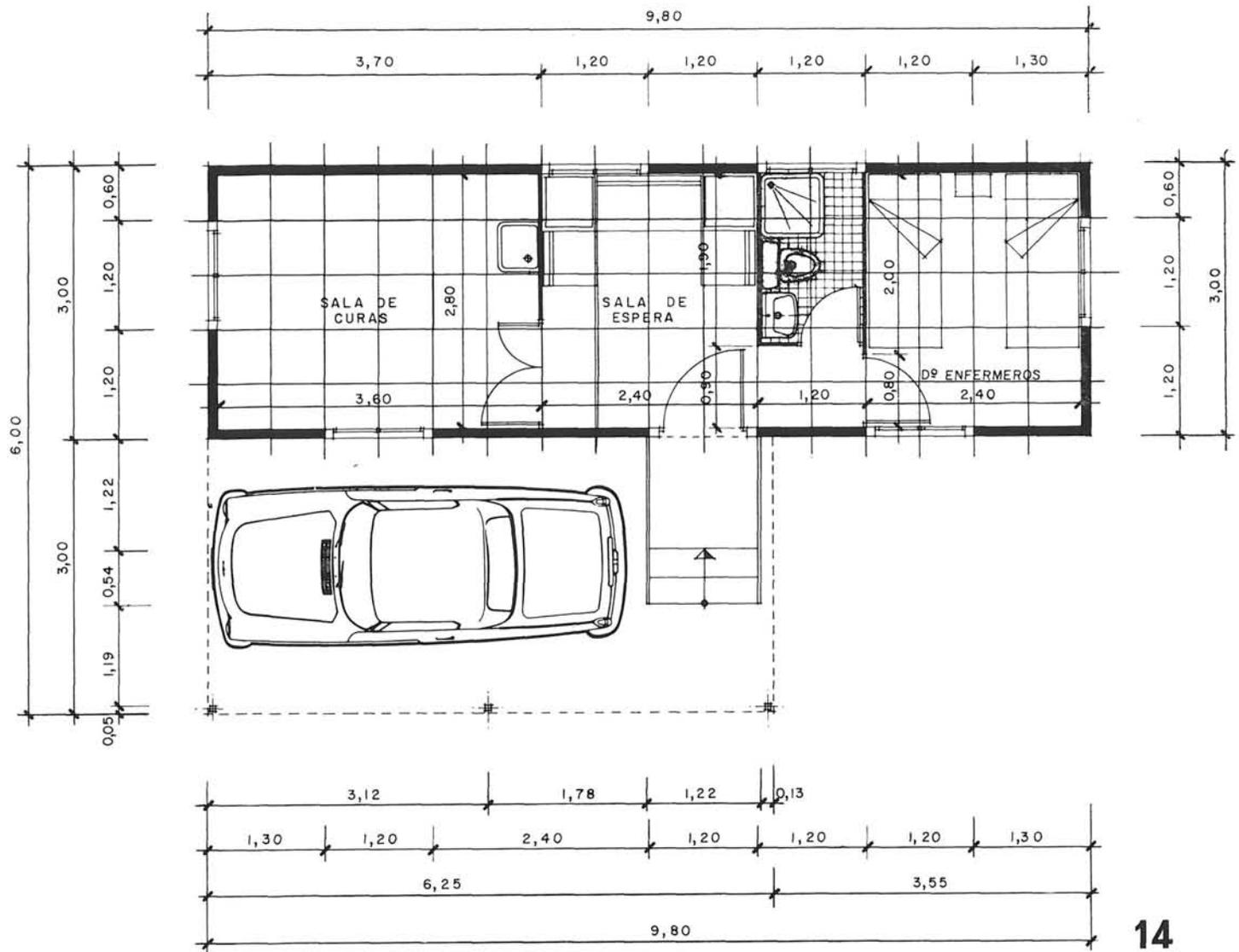
9.1. Módulos volumétricos en una sola planta

La solución de módulos volumétricos en una sola planta fue la primera que se utilizó y ha sido la base sobre la cual se han desarrollado los otros dos procedimientos constructivos. Aunque en un principio nació para cubrir las necesidades del mercado, en cuanto a viviendas y pequeñas oficinas con carácter móvil, su posterior evolución y perfeccionamiento han hecho posible que se haya utilizado para (fig. 14):

- Viviendas.
- Oficinas.
- Escuelas.
- Vestuarios.
- Talleres.
- Clínicas.
- Internados.
- Residencias.
- Comedores.
- Botiquines (empresa).
- Cafeterías.
- Laboratorios.

Es el sistema más rápido de construcción, ya que el 98% de las operaciones necesarias para la total terminación del conjunto son realizadas en factoría. Los módulos se transportan a la obra totalmente terminados y allí se procede a su acoplamiento (fig. 15).

Se utilizan cubiertas a dos aguas, con ligera pendiente, lo cual da lugar a que las unidades no se puedan agrupar de forma indiscriminada. El acoplamiento en forma paralela se realiza sin



14

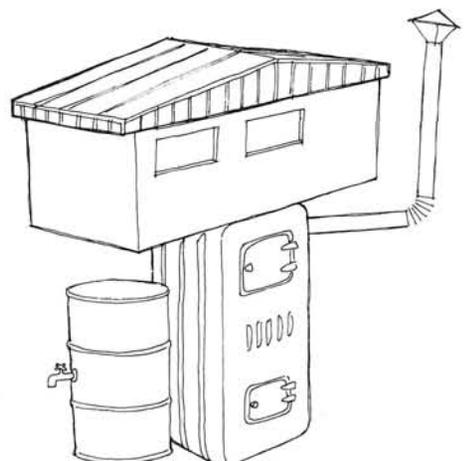
ninguna dificultad, pero no ocurre lo mismo al tratar de disponer los módulos perpendicularmente entre sí. A fin de lograr disposiciones más variadas, con posibilidad de adaptación al terreno, se han construido unos elementos de conexión. Estos elementos disponen de una cubierta que vierte las aguas en dos direcciones perpendiculares entre sí, posibilitando la unión de módulos dispuestos en cualquier sentido dentro de una malla ortogonal (fig. 16).

Otra de las características del sistema es la de su gran espacialidad interna. Se pueden conseguir grandes superficies diáfanas, quedando los módulos totalmente libres de compartimentaciones en su interior.

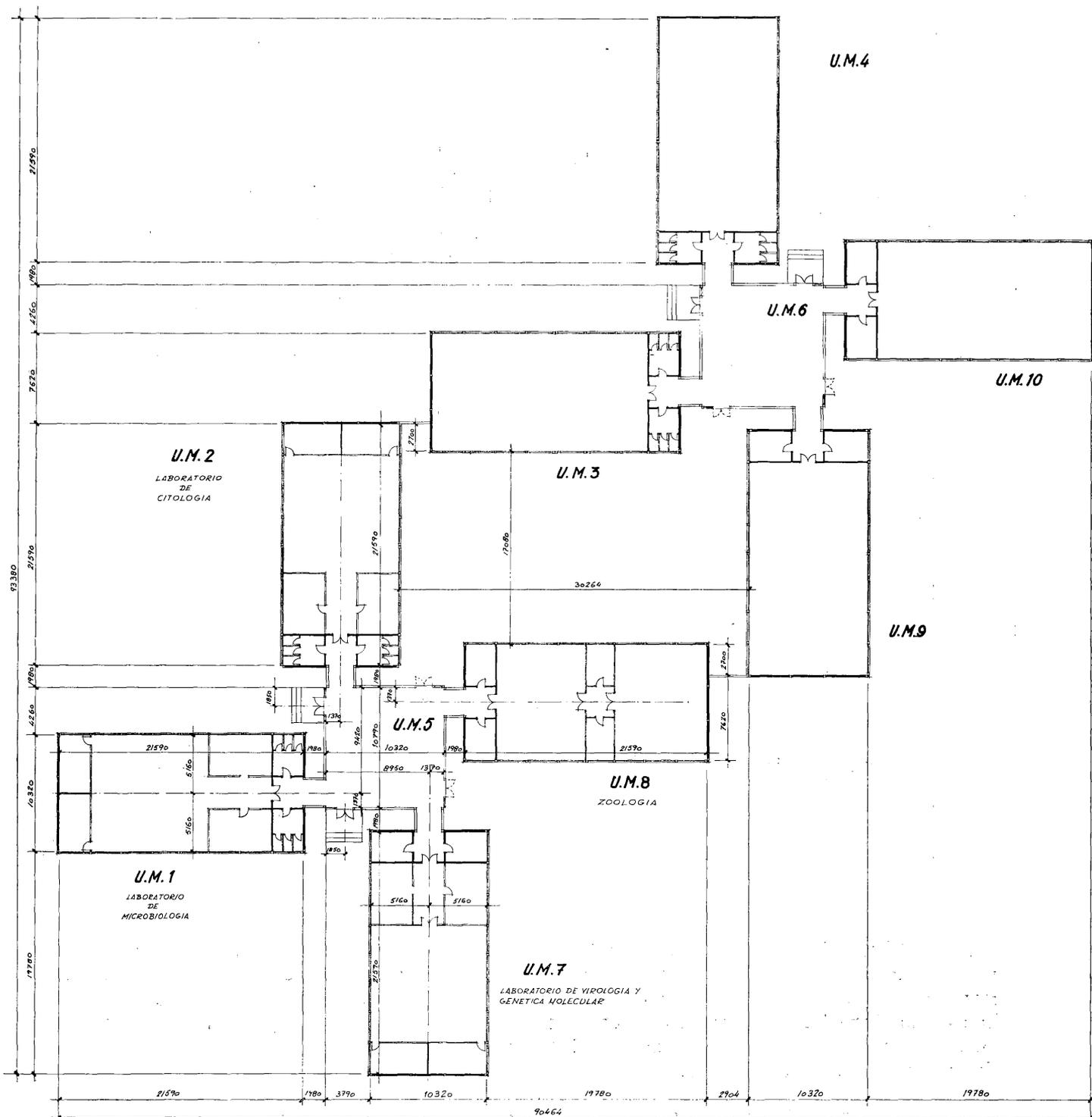
9.2. Módulos descompuestos en paneles

Este sistema nace para satisfacer tres exigencias que, últimamente, tienen gran incidencia en el mercado:

1. La necesidad de abaratar el transporte al aumentar la demanda en países lejanos.



Todos los servicios incluidos 15



16

2. La exigencia de mayor altura libre en algunas realizaciones.
3. La creciente demanda de edificios con superficies cada vez mayores.

La construcción por paneles está basada en el desmembramiento de los edificios en grandes elementos planos. Los suelos van totalmente acabados, incluso con pavimento. A veces se fija a ellos, en la zona de servicios, un paramento a media altura, en el cual van instalados los aparatos sanitarios en su posición definitiva con las tomas ya realizadas y pendientes solamente de conectar a las acometidas en obra, al igual que en la solución por módulos volumétricos. Estos suelos llevan ya dispuestos los orificios para recibido y acoplado tanto de los paramentos exteriores como de la tabiquería interior (fig. 17).

17



En el caso de que el edificio tenga gran cantidad de aparatos sanitarios, éstos se concentran en un módulo que se transporta en volumen para facilitar el montaje.

Los paramentos exteriores se llevan ya dispuestos para el acoplamiento, incluyéndose en ellos, en la misma factoría, el aislamiento; las conducciones eléctricas y, en su caso, de fontanería; las persianas y los radiadores o aparatos de aire acondicionado. Un solo panel sirve como cerramiento para varios módulos unidos, con los huecos ya dispuestos para cada habitación (fig. 18).

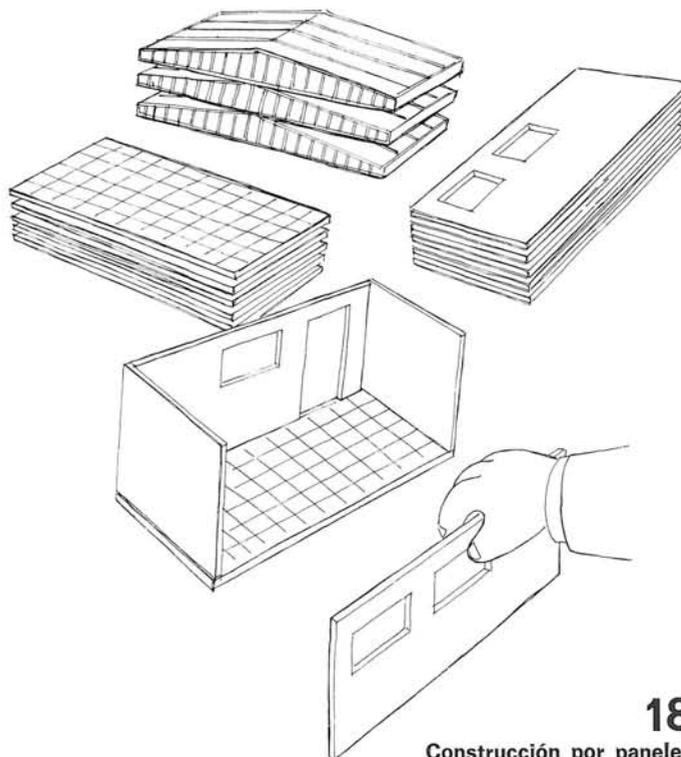
A continuación se colocan los paneles de la tabiquería interior, también perfectamente acabados con la terminación deseada: pintura, papel, tela, etc.

Por último, se procede a la colocación de los techos, totalmente terminados, incluso con falso techo; ejecutándose, finalmente, el sellado de juntas y la conexión de las acometidas.

9.3. Módulos volumétricos en altura

Es un sistema desarrollado por Dragados y Construcciones, S. A., mediante un Plan Concertado de Investigación con el Gobierno español (fig. 19).

Da una imagen muy distinta de las dos soluciones precedentes, tanto por el nuevo concepto que aporta en cuanto a espacialidad, como el tratamiento general de los edificios. Al mismo tiempo goza de una libertad de composición mucho mayor al poderse desarrollar tanto en horizontal como en vertical, lo cual lo equipara compo-

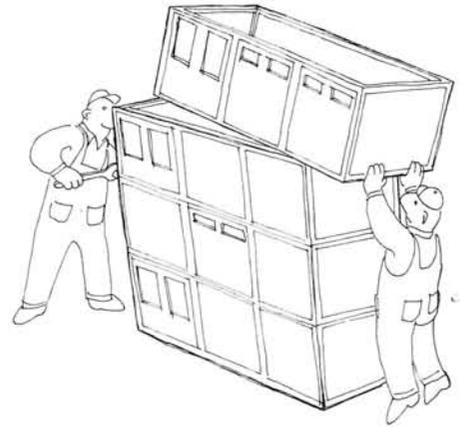


18

Construcción por paneles



19

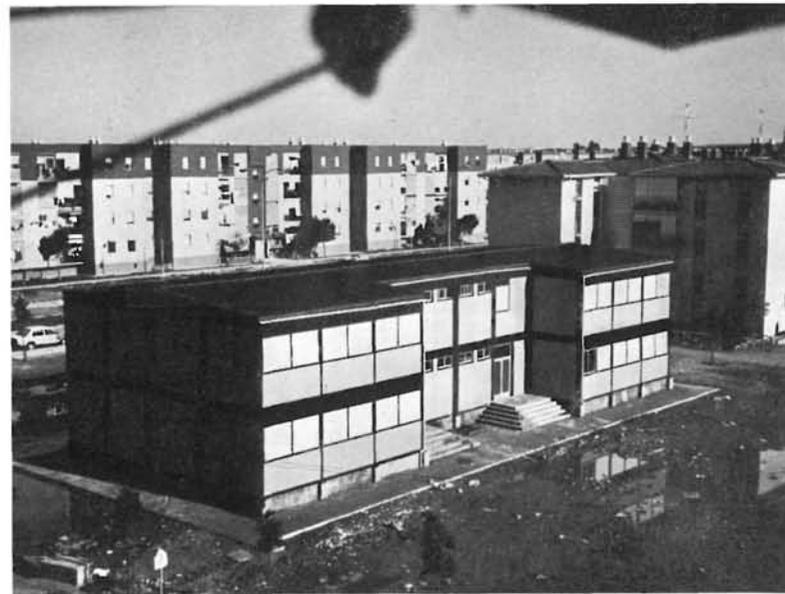


21 En volumen

sitivamente a la construcción tradicional (figs. 20 y 21).

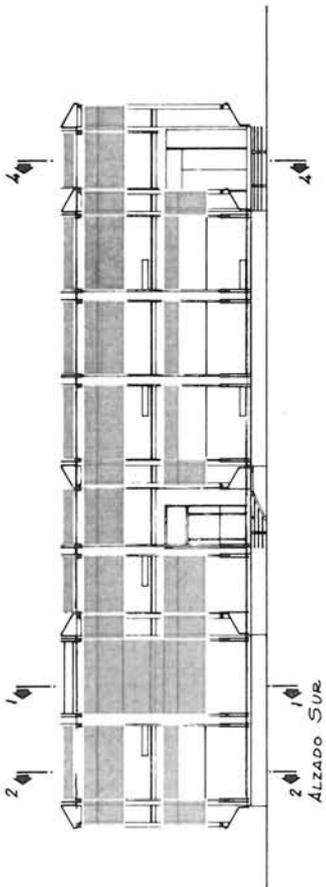
Se utiliza cubierta plana, con bandeja de poliéster reforzado con fibra de vidrio y aislante de poliuretano; paneles sandwich de mortero de poliéster con aislamiento intermedio, capaces de proporcionar unos acabados externos de gran colorido y calidad; y estructura resaltada al exterior, forrada con aislamiento y rematada con chapa prelacada de color (figs. 22 y 23).

20

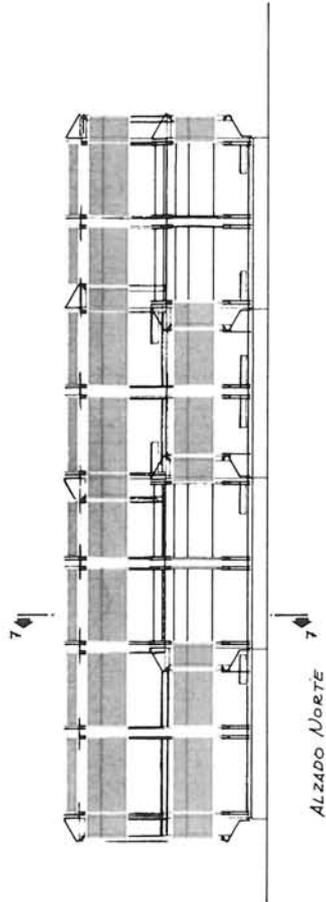


22

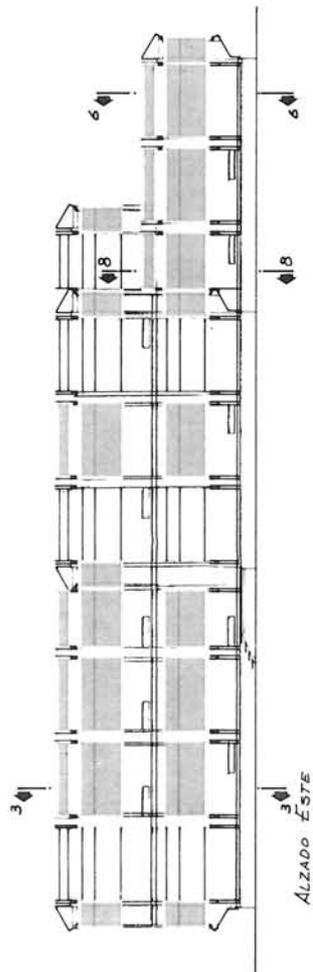




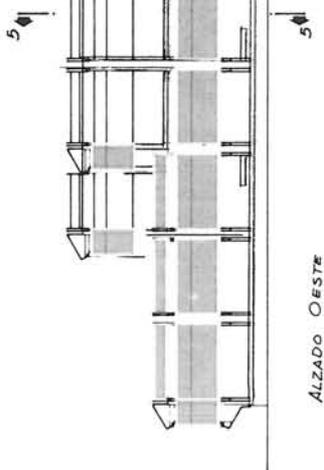
ALZADO SUR



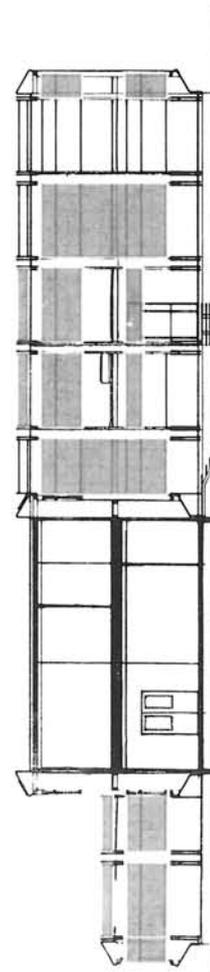
ALZADO NORTE



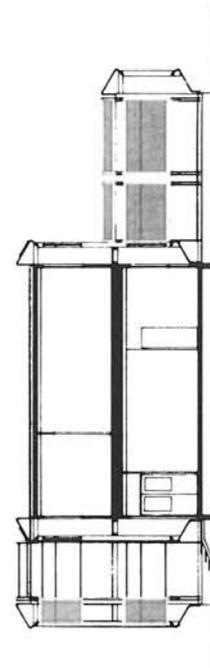
ALZADO ESTE



ALZADO OESTE



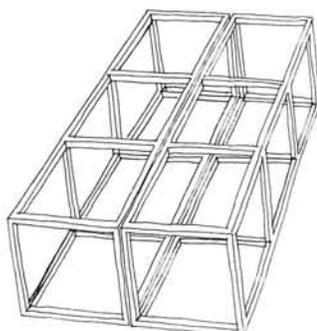
SECCION A-A



SECCION B-B



MODULO



CELULA BASICA
RESISTENTE

24

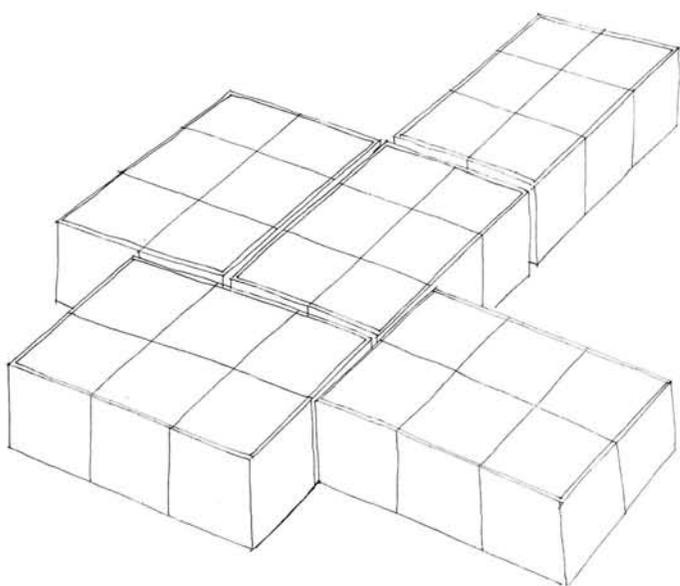
El conjunto de la célula básica está formado por dos módulos de 9×3 m. Cada módulo lleva pilares, separados a 3 m en tres de sus cuatro caras, de forma que al unir dos módulos resulta una superficie diáfana de 54 m^2 (fig. 24).

Su agrupación goza de una libertad total, ya que al ser la longitud mayor de módulo múltiplo de la menor y tener cubierta plana, las diferentes unidades se pueden disponer en la forma que se necesite con la única limitación de que coincidan los pilares pertenecientes a cada elemento (figs. 25 y 26).

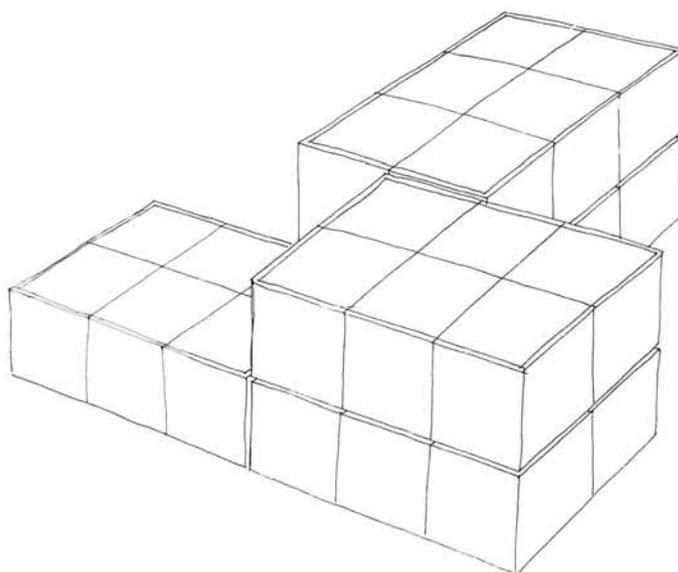
El paramento exterior entre cada dos pilares se forma con dos paneles de 1,20 m de ancho y otro de 0,30 m pudiendo llevar los mayores las ventanas ya colocadas.

Este sistema constructivo necesita de núcleos verticales de comunicación, los cuales se pueden disponer en un módulo cualquiera de los que forman la célula, ocupando una división de $3 \times 3 \text{ m}^2$.

Para ello basta con dejar el hueco correspondiente en el suelo del módulo, sin que esto afecte para nada al conjunto.



25 Acoplamiento de células en horizontal



26 Acoplamiento en volumen

Aspectos técnico-estructurales

1. ACCIONES EN LA CONSTRUCCION PREFABRICADA LIGERA

1.1. Estados estructurales

La edificación convencional está concebida, fundamentalmente, para soportar cargas estáticas de dos tipos:

- a) Cargas permanentes.
- b) Sobrecargas.

Los diferentes estados constructivos, excepto en casos especiales, ya se encuentran englobados en los apartados a) o b).

En el caso de edificaciones prefabricadas ligeras existen una serie de «estados» de carga por los que pasa cada módulo, sin poder prejuzgar, a priori, cuál es el mayor estado de tensión al que va a estar sometido el elemento. Los diferentes estados que a lo largo de la vida de una estructura de este tipo se pueden encontrar son (figs. 27 y 28):

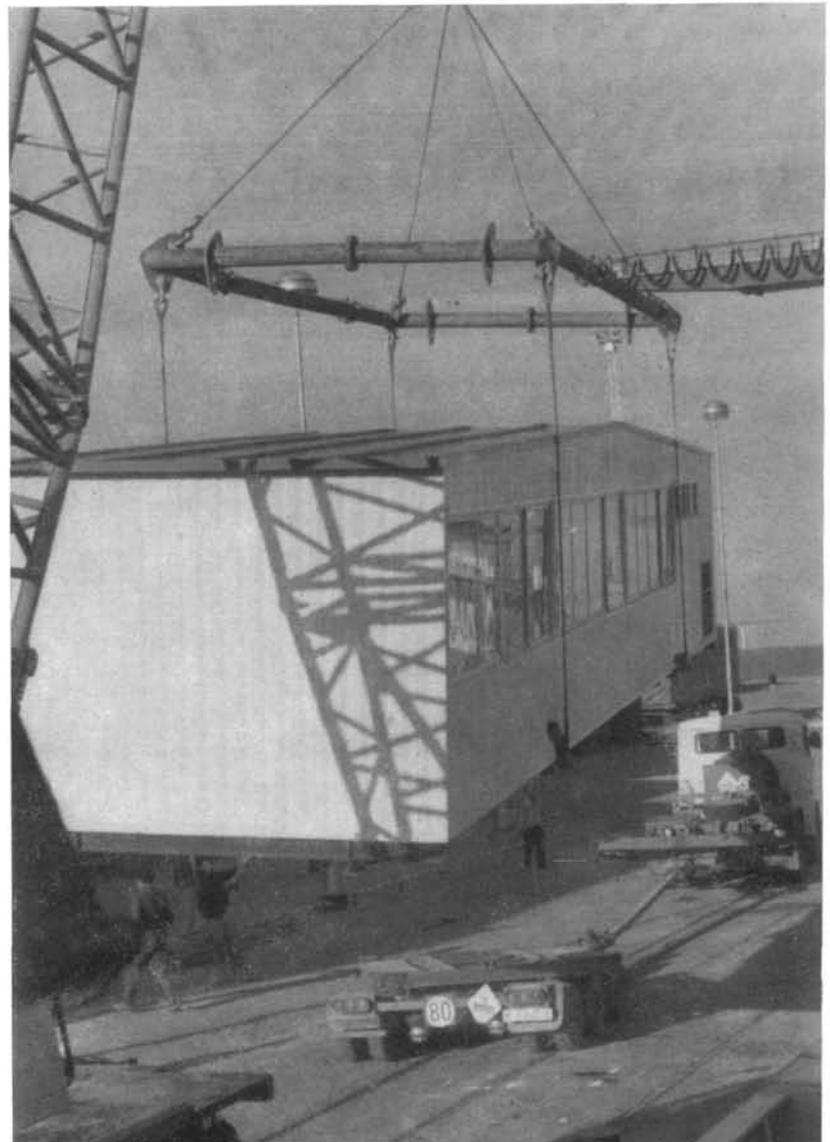
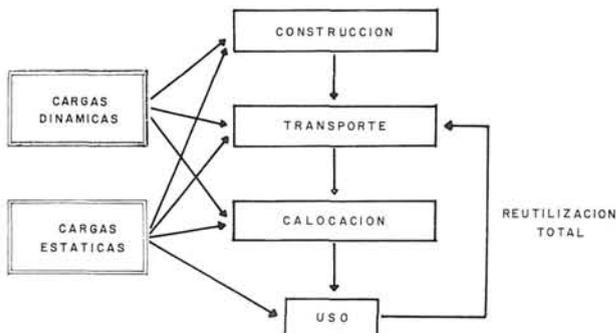
- CONSTRUCCION (IZAMIENTO) - Peso propio+cargas accidentales.
- TRANSPORTE - Peso propio+cargas dinámicas+cargas accidentales.
- COLOCACION (IZAMIENTO) - Peso propio+cargas accidentales.
- USO - Peso propio+sobrecargas.

Como vemos por la clasificación anterior tan sólo en el último estado de servicio tenemos una coincidencia con la edificación tradicional.

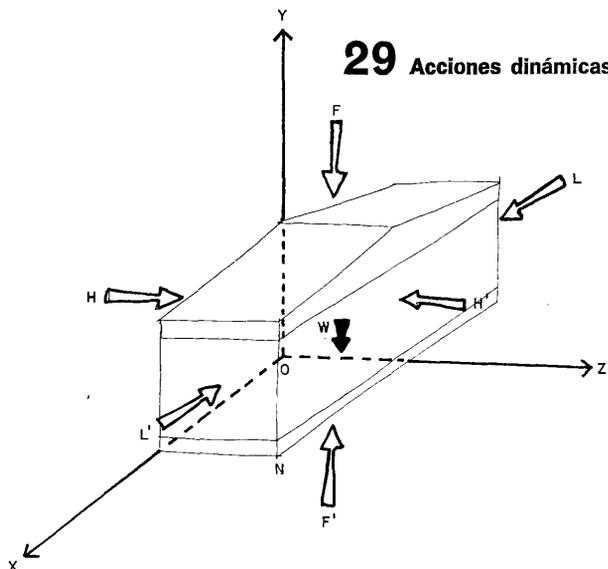
1.2. El concepto de peso propio

Además de los elementos fijos e inmóviles, que se incluyen en las concargas de una edificación tradicional, tenemos que considerar unos pesos propios ampliados, de forma que en muchos estados de servicio, como en transporte o izamiento, existirán los siguientes elementos actuantes:

- Estructura
- Cerramientos
- Instalaciones:
 - Sanitarias
 - Eléctricas
 - Aire acondicionado
- Tabiquería
- Mobiliario
- Elementos adicionales: Dados de anclaje, escaleras de acceso, porches, etc.



29 Acciones dinámicas



1.3. Cargas dinámicas de transporte

Suponiendo —como ocurre en el 90% de los casos— un transporte terrestre, las acciones dinámicas se clasifican, según los esfuerzos producidos, en los siguientes tipos (fig. 29):

- Efectos del firme, que producen corrimientos en dirección vertical de sentido alternativo y con un valor absoluto proporcional al peso propio del módulo y al espectro del corrimiento.
- Efectos de la geometría en planta de la carretera. Sus consecuencias son los giros, torsiones y esfuerzos en dirección transversal al movimiento, cuyo valor es función de la geometría del camino, la velocidad y de un factor de transporte, que debe ser evaluado empíricamente y que depende de la sujeción del módulo al medio de transporte, así como del tipo de módulo.

— Acciones de frenado y aceleración. Son esfuerzos en dirección longitudinal, que, teniendo en cuenta la potencia de los medios de transporte actuales, pueden considerarse, generalmente, menos importantes que los anteriores.

— Acciones de frenado y aceleración. Son esfuerzos en dirección longitudinal, que, teniendo en cuenta la potencia de los medios de transporte actuales, pueden considerarse, generalmente, menos importantes que los anteriores.

$$F = C f (W, y, \dot{y}, \ddot{y})$$

$$H = C' \varphi (W, x, \dot{x})$$

$$L = C'' \psi (W, \ddot{x})$$

La forma clásica de proponer el sistema es en función de una carga conocida, con factores o coeficientes de impacto.

Si tomamos como acción conocida el peso del módulo, podemos hacer estáticamente una aproximación al cálculo dinámico de la estructura:

$$F = C f' (y, \dot{y}, \ddot{y}) W = K_1 W .$$

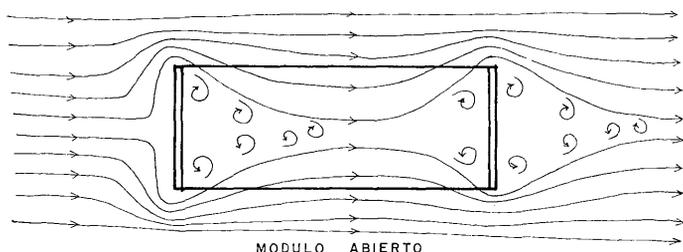
$$H = C' \varphi' (x, \dot{x}) W = K_2 W .$$

$$L = C'' \psi' (x) W = K_3 W .$$

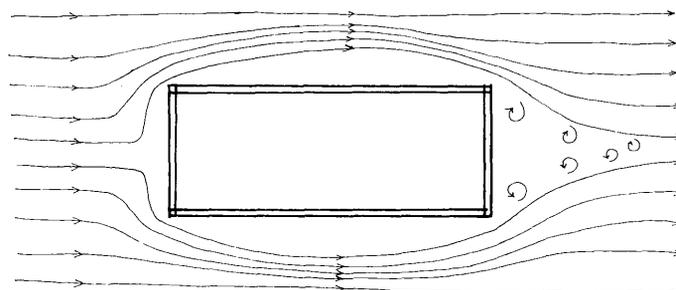
$$\text{Siendo } K_1 = \int_0^{t_1} C f' (y, \dot{y}, \ddot{y})$$

$$K_2 = \int_0^{t_1} C' \varphi' (x, \dot{x})$$

$$K_3 = \int_0^{t_1} C'' \psi' (\ddot{x})$$



MODULO ABIERTO



MODULO CERRADO

30 Esfuerzos aerodinámicos

1.4. Fenómenos aerodinámicos de transporte

Los más importantes esfuerzos se producen en sentido logitudinal dependiendo de que el módulo esté abierto o cerrado, así como del número de pantallas que se opongan al viento (fig. 30).

Los esfuerzos que produce el viento dependen de la superficie que se opone al movimiento y del coeficiente de penetración aerodinámica del módulo. Asimismo es fundamental la influencia de la velocidad relativa del módulo respecto al viento, siendo esta influencia proporcional al cuadrado de dicha velocidad.

Actualmente, para el transporte de estos grandes volúmenes, se estudian diversos tipos de deflectores que favorecen la penetración.

Las cargas aerodinámicas, para ser consideradas en el cálculo, se deben sumar con los valores que den las acciones dinámicas.

1.5. Montaje

Una de las situaciones más desfavorables que tiene que soportar el módulo es el momento de la descarga, así como de la colocación sobre los pilares.

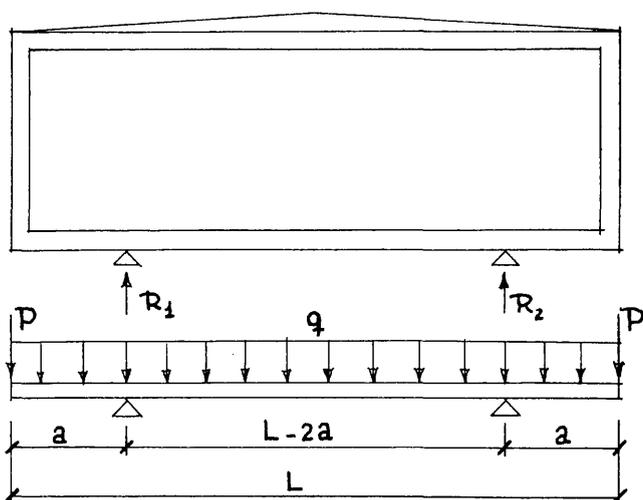
Los factores a tener en cuenta son:

- Considerar un número mínimo de puntos de cogida.
- Aprovechar el material estructural igualando los esfuerzos positivos y negativos en valor absoluto.
- Limitar las flechas a un valor aceptable, que no dañe los materiales ni desordene la geometría del módulo.

Los tipos de izamiento más usuales en estos montajes son (fig. 31):

- CONTAINER
- CANTILEVER
- VIGA CONTINUA
- TRAMO SIMPLE

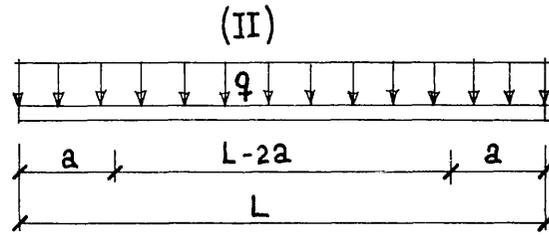
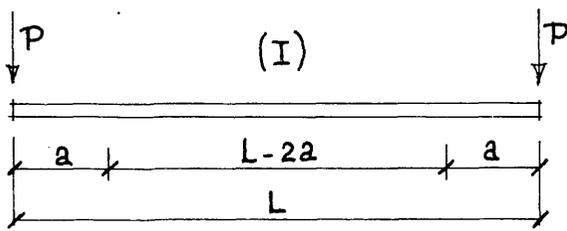
El IZAMIENTO CONTAINER es muy empleado para módulos cortos, hasta 7 u 8 m, y con paneles de cerramiento muy rígidos, ya que hace trabajar las paredes del módulo como vigas de gran canto. Tiene la ventaja de posibilitar un sistema de cogida superior, con una gran facilidad de



ensamblaje entre distintos módulos. Necesita una gran rigidez en los paneles laterales, con lo que se pierde flexibilidad en la distribución de huecos. Por el contrario, la rigidez entre vigas superior e inferior puede ser menor que en otros sistemas. Normalmente se usa con soluciones de cubierta plana.

El IZAMIENTO CANTILEVER provoca un mejor aprovechamiento del material estructural, pues los voladizos compensan los esfuerzos del vano central.

La relación $K = P/q$ depende del tipo de módulo y define el tipo de estructura principal.



$$\mu\varphi_a^I = P \cdot a$$

$$\mu\varphi_{L/2}^I = P \cdot a$$

$$\mu\varphi_a^{II} = \frac{q \cdot a^2}{2}$$

$$\mu\varphi_{L/2}^{II} = \frac{q(L-2a)^2}{8} - \frac{q \cdot a^2}{2} = \frac{q(L^2 - 4L \cdot a)}{8}$$

$$\mu\varphi_a^* = \mu\varphi_a^I + \mu\varphi_a^{II}$$

$$\mu\varphi_{L/2}^* = \mu\varphi_{L/2}^I + \mu\varphi_{L/2}^{II}$$

Igualando en valor absoluto: $|\mu\varphi_a^*| = |\mu\varphi_{L/2}^*|$

$$\frac{q \cdot a^2}{2} + P \cdot a = \frac{q(L^2 - 4L \cdot a)}{8} - P \cdot a$$

Poniendo: $K = P/q$

$$\frac{L^2 - 4L \cdot a}{8} + K \cdot a = \frac{a^2}{2} + K \cdot a$$

Simplificando resulta:

$$4a^2 + (4L + 16K)a - L^2 = 0$$

Si el módulo fuera totalmente homogéneo $K = 0$

$$4a^2 + 4L \cdot a - L^2 = 0$$

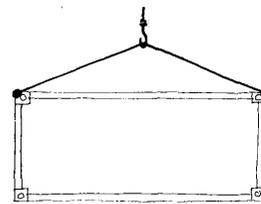
Mediante este sistema de izamiento, se puede reducir a un solo plano la estructura portante, con la facilidad de construcción consiguiente.

Las únicas dificultades que puede haber, a priori, son la cogida superior y el empalme por aproximación.

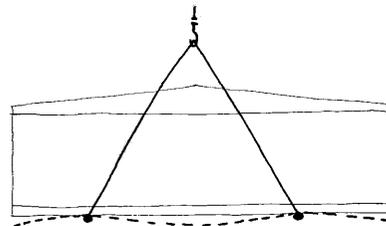
El IZAMIENTO EN VIGA CONTINUA reduce al mínimo los esfuerzos por sobrecargas de izamiento. Igualmente produce corrimientos mínimos pero, en cambio, plantea problemas de reparto de pesos y mayores puntos de cogida previstos.

El tiempo que se invierte en la operación es del orden de 3 a 4 veces superior con respecto a otros sistemas, necesitándose útiles especiales.

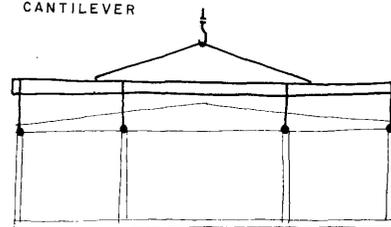
El IZAMIENTO EN TRAMO SIMPLE es de una gran sencillez de ejecución y no necesita personal especializado. Sin embargo, produce grandes deformaciones y es necesario reforzar la estructura para soportar esos esfuerzos.



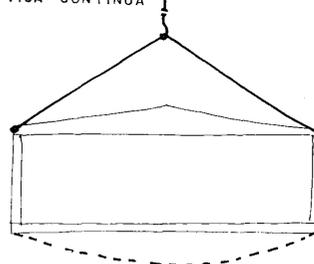
CONTAINER



CANTILEVER



VIGA CONTINUA



TRAMO SIMPLE

1.6. Flechas temporales

Las situaciones extremas de esfuerzos no permanentes deben producir corrimientos y deformaciones reversibles sin variación de la energía mecánica interna del módulo. Debemos, pues, llegar a unas tensiones admisibles, por fenómenos de fatiga que reducen en amplio margen el límite elástico disponible. Un método que absorbe estas deficiencias es utilizar el factor 0,75 en los cálculos, al obtener los momentos resistentes y de inercia, para acercarse más a la zona recta del diagrama tensión/deformación; en los aceros usuales se tiene:

	Tensión rotura kg/cm ²	Límite elástico kg/cm ²	Tensión admisible kg/cm ²	Tensión de fatiga kg/cm ²
A-37	3.700	2.400	1.600	1.200
A-42	4.200	2.600	1.750	1.312

Los materiales metálicos, usados en combinación con los plásticos, producen una serie de fenómenos, por lo que hay que colocar los materiales plásticos de elevada deformación residual protegidos por materiales de mayor módulo de elasticidad, dejando libertad de movimiento a los materiales frágiles.

Se tienen, pues, los siguientes estados de responsabilidad:

CLASE I: Materiales elásticos de elevado módulo de elasticidad.

CLASE II: Materiales frágiles de elevado módulo de elasticidad.

CLASE III: Materiales elastoplásticos de bajo módulo de elasticidad.

Los materiales de CLASE I deben absorber los mayores esfuerzos, protegiendo el grupo III y siendo independientes del grupo II.

1.7. Arriostramiento temporal

Las acciones dinámicas durante el transporte y montaje obligan a suplementar la estructura principal para absorber esfuerzos muy concretos. Estos sistemas de protección, de tipo muy elemental, son fundamentalmente:

- Láminas de polietileno que cierran el módulo.
- Cables tensores.
- Útiles o bastidores de montaje.

Mediante estos elementos tan simples se puede obtener una reducción del orden del 80%, en los esfuerzos dinámicos.

En Estados Unidos, y con una ley de transporte especial, existen tracto-camiones que actúan como estructura exterior al propio módulo.

En este campo del arriostramiento temporal se incluyen los estudios de empacado de módulos a base de compactos volúmenes, en los que la propia estructura de algunos elementos del módulo sirve de estructura portante del paquete.

2. MORFOLOGIA ESTRUCTURAL

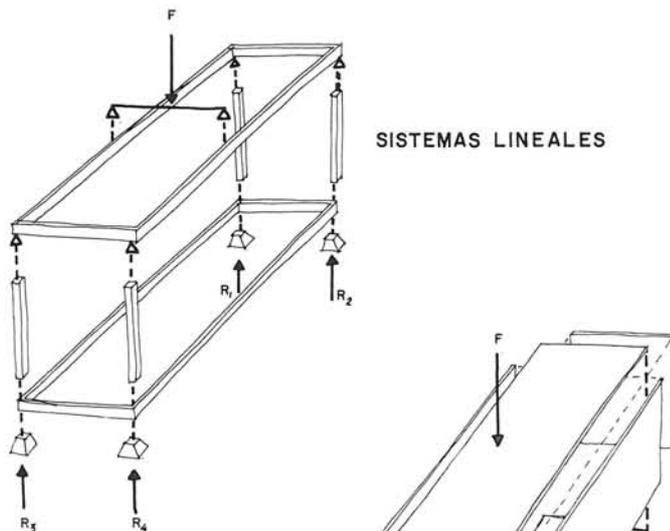
2.1. Generalidades

El análisis resistente de un módulo se puede hacer según tres caminos fundamentales, siguiendo la clasificación estructural de HEGEL:

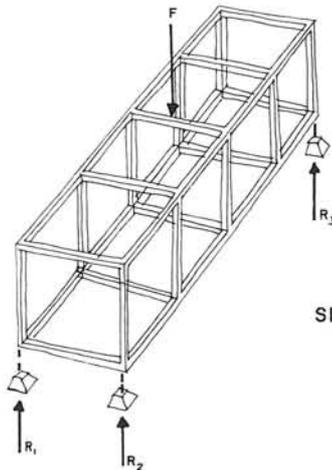
- Sistemas de vector activo o sistemas lineales.
- Sistemas de superficie activa o sistemas de paneles estructurales.
- Sistemas de volumen activo o módulos autorresistentes.

Los sistemas lineales utilizan estructuras esqueleto, en las que los esfuerzos se canalizan a través de correas, viguetas, vigas, pies derechos y pilares hacia la cimentación (fig. 32).

Hay varios planos principales resistentes, donde existe una gran concentración estructural trabajando a flexión, y unas conexiones verticales que relacionan un plano con otro. Mediante este sistema estructural se pueden realizar edificaciones en varias alturas.



SISTEMA DE PANELES



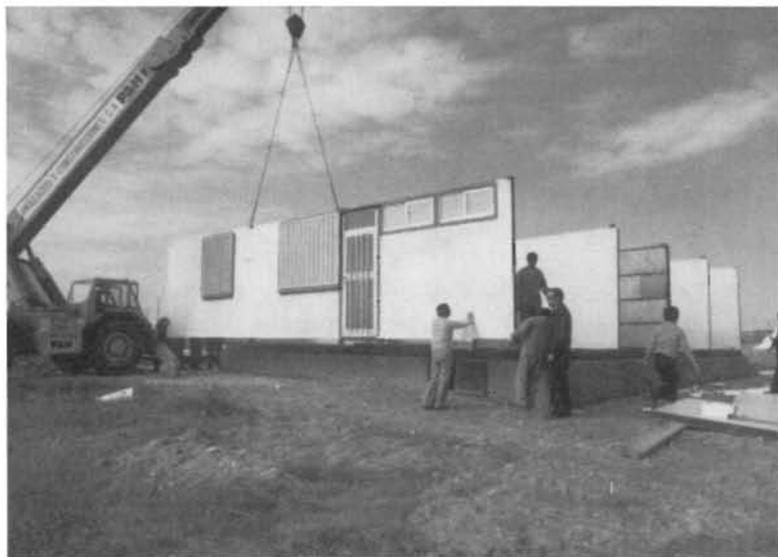
SISTEMAS EN VOLUMEN

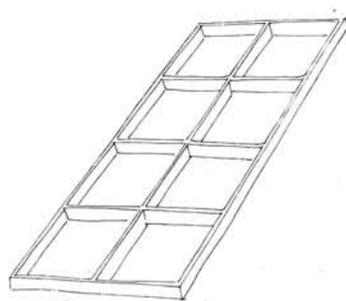
32

33

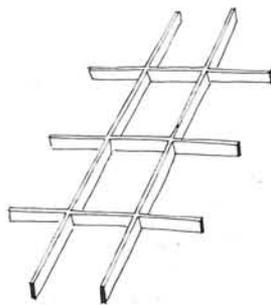


34





MARCO



ORTOGONAL

35 Tipos emparrillado

El sistema superficial se basa en conseguir un trabajo uniforme en un plano tipo placa, dividiendo cada módulo en una serie de planos resistentes especializados en los distintos tipos de carga.

Por este sistema se organiza un procedimiento de prefabricación cerrada a base de paneles. En nuestro caso, aplicándolo a la prefabricación ligera, se tienen (figs. 33 y 34):

- Paneles de suelo.
- Paneles de cubierta.
- Paneles de cerramiento.

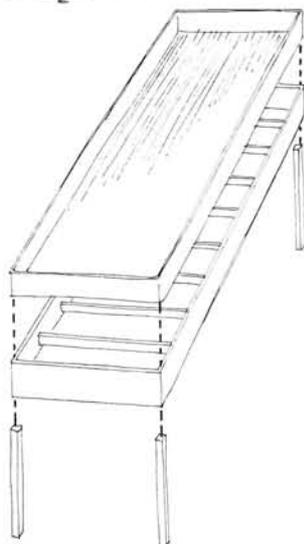
Permite una gran flexibilidad en el acoplamiento, entre módulos de una altura, siendo este sistema el de mayor producción actual, por permitir tanto un transporte en volumen como en paneles. Variando ligeramente cada panel, según las necesidades, se consigue satisfacer a un amplio mercado.

Los sistemas en volumen hacen trabajar al módulo como una gran viga autoportante, lo cual permite transportarlos sin necesidad de colaboración por parte de la plataforma del camión. El trabajo de la viga puede ser del tipo Vierendel, o bien como viga espacial, siendo el módulo en conjunto quien colabora para absorber todos los esfuerzos que se producen a lo largo de la vida útil.

2.2. Elementos estructurales

El emparrillado es el tipo de forjado metálico por excelencia, pues significa un apoyo mutuo de las vigas en las dos direcciones (fig. 35).

36 Tipos cubierta



PLANA



A DOS AGUAS

Se utilizan los forjados en dos sistemas constructivos: el marco rígido con perfiles encastrados, y el sistema de vigas ortogonales con una dirección principal. En ambos casos se pueden optimizar los perfiles en función de la relación de inercias I_1/I_2 , en las dos direcciones principales, haciendo los esfuerzos mínimos, sin sobrepasar unos corrimientos admisibles.

El forjado metálico, que rellena el emparrillado, puede construirse a base de viguetas referidas al emparrillado principal, o bien mediante una chapa plegada, que por efecto lámina absorba las cargas de forjado. El solado que recubre este forjado tiene como elemento amortiguador y de reparto, o bien una capa de hormigón, o una espuma aislante recubierta por un grueso tablero de madera aglomerada con resinas fenólicas.

La estructura del forjado puede cambiar de dirección para referir siempre las cargas al empujamiento estructural más próximo.

Los cerramientos laterales deben resistir una combinación de cargas normales a su plano (viento y empujes) o en el propio plano, huecos de ventana, puertas, cargas de cubierta, etc. Es necesario que se pueda disponer de una gran flexibilidad de huecos, combinada con una rigidez en el propio plano. De esta forma se evita el pandeo de los pilares embebidos en el cerramiento, dispuestos para absorber las cargas de cubierta, con lo cual existe una sola dirección de pandeo para el conjunto, siendo ésta normal al panel.

2.3. Cubiertas

Existen dos estructuras típicas: la cubierta plana, resuelta mediante el mismo esquema que un forjado de piso, aunque con menores cargas, y la celosía espacial, a base de perfiles ligeros, que nos permite disponer de un espacio importante para canalizaciones en la cámara de aire intermedia entre la cubierta y el falso techo; así como conseguir una pendiente aceptable para la eliminación de aguas de lluvia (fig. 36).

El funcionamiento estructural se basa en la cercha y en las celosías planas, apeadas por cuchillos transversales, que sujetan los cordones, de forma que el conjunto de la cubierta funciona como una malla espacial de doble capa, a base de elementos a tracción, compresión y cortante, con misiones separadas y apoyadas mutuamente.

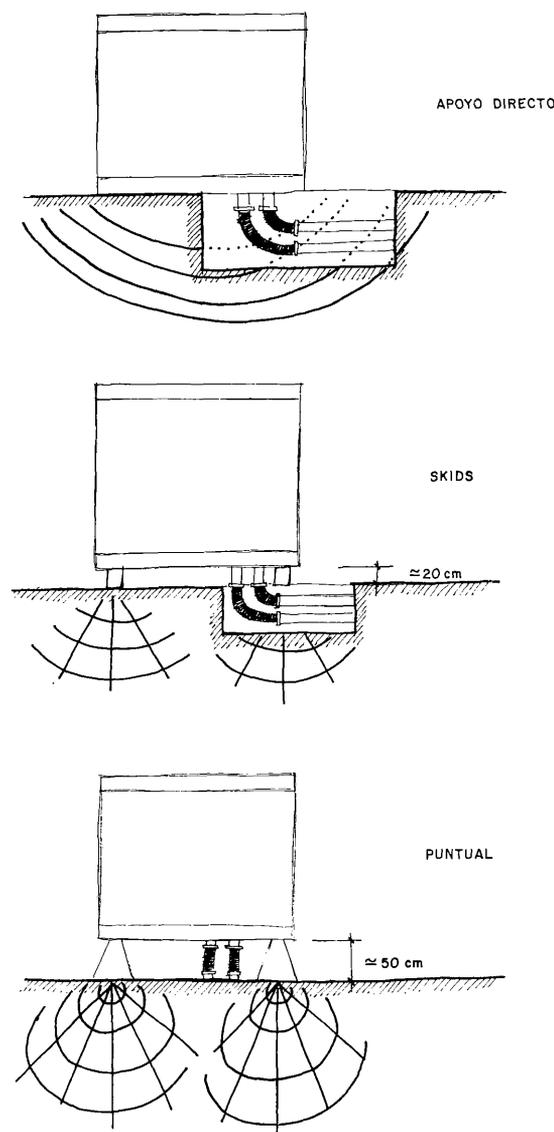
2.4. Sistemas de unión de módulos

Un primer tipo de unión de módulos en volumen se realiza a base de tensores y vástagos rosca-dos de aproximación, que al mismo tiempo que facilitan el montaje, sirven de unión permanente en servicio. Estos sistemas atan la estructura de forma puntual, por lo que, aun no siendo cuantificable estructuralmente este tipo de unión, se puede contar con ella para dar continuidad de servicio a los módulos.

El efecto aditivo estructural es muy favorable frente a esfuerzos del tipo viento, nieve o sismo. Por ello, en los módulos de más de una planta, se da continuidad a los forjados mediante placas de refuerzo y tornillos de alta resistencia; de forma que la unidad edificada en altura está compuesta por dos módulos de $3 \times 9 \text{ m}^2$ consiguiéndose $6 \times 9 \text{ m}^2$ diáfanos en tres plantas, formando un conjunto rígido.

En los módulos de una altura, la disposición de módulos enlazados, no rígidamente, tiene la ventaja de permitir asentamientos diferenciales, sin tener que preocuparse demasiado del terreno de cimentación. Asimismo con un coste del 4% del total, se pueden asentar en un 95% de los terrenos existentes.

37 Cimentación



2.5. Cimentación

Existen diversos métodos basados en distribuir las presiones lo más uniformemente posible en el terreno (fig. 37).

La colocación directa sobre el terreno permite una buena difusión y una baja concentración de presiones, disponiendo de una placa de apoyo muy extensa. Los problemas provienen de las instalaciones y las dificultades de montaje.

El apoyo sobre elementos lineales, «SKIDS», dificulta, como en el caso anterior, una buena nivelación. Sin embargo se ganan puntos de apoyo y se disminuyen presiones en el terreno.

La cimentación más usada en nuestros productos es el sistema puntual, que deja una amplia cámara de aire inferior aislante y visitable, la cual permite un fácil mantenimiento de las instalaciones. Asimismo, se mejora la resistencia frente al viento, a causa del efecto ranura, que iguala presiones.

El apoyo puntual produce, si el número de apoyos es suficiente, presiones inferiores a $0,5 \text{ kp/cm}^2$ que son fácilmente resistidas excepto por los fangos y lodos arcillosos, o suelos vegetales esponjosos. En estos casos se puede corregir la resistencia por medio de una ligera compactación o una zapata enterrada.

Al ser los apoyos superabundantes, en caso de fallo de uno de ellos, no sufre la estructura, ya que los adyacentes recogen la carga sin dificultad.

3. TIPOS ESTRUCTURALES

3.1. Volumen

Por su gran rendimiento estructural, el módulo actúa como autoportante, trabajando como viga Vierendel espacial.

El elemento más representativo es el módulo de $18 \times 3,60 \times 4 \text{ m}$, actualmente comercializado ampliamente. En él existen dos cordones longitudinales superiores formados por las cerchas de cubierta, mientras que los cordones inferiores están compuestos por potentes perfiles IPN, que dan una gran rigidez longitudinal. La rigidez transversal se consigue mediante anillos formados por tubos soldados.

Esta estructura necesita permiso especial de circulación, pero tiene enormes ventajas al disponer en un solo módulo de 65 m^2 completamente terminados y listos para entrar en servicio.

3.2. Panel

Los esfuerzos se diferencian por zonas de actuación y se absorben por estructuras superficiales, ensambladas rígidamente entre sí.

Las sobrecargas de uso, las acciones de izamiento y la mayor parte de las acciones verticales, son absorbidas por el panel de forjado.

Las cargas de nieve, instalaciones y falso techo, son soportadas por el panel superior de cubierta. Los esfuerzos producidos por la carpintería, los huecos y el cerramiento lateral, así como los efectos de viento, son canalizados a través de los paneles laterales.

Este tipo estructural es muy flexible y permite casi infinitas soluciones de combinación basadas en la posibilidad de zonas diáfanos contiguas. Aparte de esto, se puede efectuar el transporte con los paneles ensamblados en volumen, o bien con los paneles para montar in situ, con un sistema de empacado compacto que permite embarques muy económicos a grandes distancias.

3.3. Construcción en altura

Son edificios construidos hasta en tres alturas, a base de pórticos superpuestos de nudos rígidos en dos direcciones ortogonales, con luces de 6 y 9 m y longitud teórica de pisos, igual a 3 m.

La realización práctica del concepto estructural se hace a base de losas formadas por empaillados metálicos, que en su perímetro forman los pórticos ortogonales resistentes.

Los apoyos intermedios se realizan mediante pilares, articulados en cabeza y base mediante rótulas de neopreno, que evitan los fuertes esfuerzos de flexión transmitidos por las losas de forjado.

4. ACCIONES ESPECIALES

4.1. Problemas frente a viento

La construcción prefabricada ligera, a diferencia de la tradicional, debe resistir los esfuerzos de viento, por efectos de marco o pórtico invertido, sin contar con la cimentación nada más que a efectos de compresión y rozamiento.

En el apartado de construcción en altura se deben considerar los efectos de arriostramiento en uso, debidos a uniones de gran número de módulos y núcleos de escaleras.

4.2. Cargas sísmicas

Una de las características de la construcción prefabricada ligera, en cuanto a cimentación se refiere, es la conexión visco-plástica con el terreno.

Frente a oscilaciones sísmicas, este tipo de conexión, consigue un factor de amortiguación por rozamiento, en el que colabora, de forma importante, la deformación visco-plástica del propio terreno, factor que no existiría caso de que la estructura metálica estuviera rígidamente anclada al terreno, de forma que recogiera todas las posibles oscilaciones sísmicas.

Los cálculos realizados muestran que los seísmos típicos de estudio se alejan del período propio de la estructura.

El espectro de desplazamientos es el incluido en la norma sismo resistente PDS-1.

4.3. Cargas extraordinarias

La construcción de elementos prefabricados, debe prever, en su concepción, la acción de cargas extraordinarias (impacto, choque, caída) que pueden producirse, con mayor probabilidad, en las fases de transporte y montaje y preparar estos elementos para absorber este tipo de acciones exteriores, sin graves daños.

La construcción prefabricada ligera, gracias a los materiales plásticos que utiliza, permite una absorción progresiva de la energía desarrollada por una acción de tipo extraordinario, de forma que el sistema constituido por el MODULO, absorbe esta energía por deformación plástica de remates de chapa plegada, rotura de elementos plásticos, deformación de la retícula de relleno estructural, etc., y solamente un último estado de intensidad de la carga extraordinaria, lograría incidir sobre la estructura principal.

Gracias a este tipo de absorción de la energía desarrollado por acciones exteriores extraordinarias, se consigue, y la experiencia lo ha demostrado, reparar y poner en servicio un módulo de forma rápida y sencilla, sin ninguna disminución en la seguridad.

5. CERRAMIENTOS

Una de las características de la construcción prefabricada ligera es precisamente la de su ligereza, es decir, que no debe sobrepasar un determinado peso por metro cuadrado de elemento. Por esto, los sistemas empleados para conseguir el aislamiento interior frente a humedad, luz, temperatura, sonidos, vibraciones, etc., son fundamentalmente distintos que en la construcción tradicional.

La protección contra la humedad se consigue con elementos impermeables (chapas, plásticos herméticos, etc.), barreras antivapor (papel Krafft, láminas plásticas) y ruptura, mediante cámaras de baja presión, de los caminos capilares de entrada de agua.

El aislamiento frente a luz no difiere de la construcción tradicional: cortinas, cristales coloreados, persianas y celosías exteriores.

El aislamiento térmico se consigue, a diferencia de la construcción tradicional, con los propios materiales empleados en los cerramientos, ya que son materiales de gran resistencia térmica, con los que se logra un gran ahorro de energía por eliminación de pérdidas tanto de calor como de frío.

A este respecto, es de resaltar, que el empleo de celosías exteriores, a las que antes hemos aludido, produce un efecto de disminución de los efectos de insolación, provocando una menor demanda frigorífica en el interior.

También el aislamiento acústico se consigue de manera distinta a la construcción tradicional, pues en la construcción prefabricada ligera no se cuenta con el factor peso como aislante acústico, por lo que hay que superponer a este efecto aislante el efecto absorbente de los materiales empleados, espumas de baja densidad, lanas minerales, etc., completando el efecto con la colocación de falsos techos y pavimentos esponjosos (moqueta).

Los forjados a base de hormigón tienen suficiente peso como para absorber por inercia los sonidos y por consiguiente aislar esa zona.

Los forjados a base de aislantes y piso de madera consiguen la formación de un «piso flotante», que actúa con gran eficacia frente al problema de los ruidos de impacto.

El problema de las vibraciones queda resuelto a nivel externo, gracias a la inexistencia de un enlace rígido con el terreno, que hace que a nivel de cimentación sean amortiguados muchos niveles de vibración.

Las vibraciones internas se absorben, por una parte, mediante pavimentos flotantes, y por otra, mediante la absorción de energía de suelos de hormigón ligero y paneles flotantes, actuando como resonadores de baja frecuencia.

6. NUEVOS MATERIALES

La utilización de los materiales plásticos en la construcción necesita de datos acerca de su comportamiento con el uso, influencia de la conformación espacial, experiencias previas, etc., para unirlos a los datos numéricos ya conocidos, referentes a las propiedades de estos materiales, con el fin de compenetrarse progresivamente con ellos, y darles una aplicación acertada en el uso práctico.

En la construcción prefabricada ligera, uno de los usos que se ha dado a estos materiales es la formación de cerramientos superponiendo tres capas (revestimientos exterior e interior y núcleo central aislante) sobre una cuadrícula resistente a base de perfiles metálicos conformados en frío.

Parece lógico pensar que el siguiente paso ha de ser integrar los tres elementos en un solo panel, que a la vez tenga una misión resistente, tanto a cargas en su plano (resistencia estructural) como normales a él (impacto).

La misión resistente de este tipo de panel (sandwich) corre a cargo de las caras externas, mientras que el núcleo central las enlaza elásticamente contribuyendo a su trabajo conjunto, y se encarga, primordialmente, de la misión aislante.

Para conseguir esta misión resistente es necesario sustituir los materiales termoplásticos por materiales termoestables, ya que su endurecimiento es irreversible.

El departamento de Edificaciones Modulares «Caracola», en un plan concertado de investigación con la Presidencia del Gobierno, ha desarrollado un nuevo tipo de panel sandwich, que es un avance sobre los paneles tradicionales, al incorporar en su propia estructura la misión resistente.

El panel en cuestión está formado por dos planchas (exterior e interior) de un mortero a base de resinas de poliéster, armado con fibra de vidrio, unidas por un trillaje nido de abeja relleno de un material aislante a base de espumas de urea-formol.

El mortero de poliéster, al que hemos aludido, ha sido sometido a pruebas de todo tipo, obteniéndose unos resultados extraordinarios en materiales de cerramiento ligeros. Es un material termoestable, con excepcionales propiedades mecánicas, gran poder de absorción y amortiguamiento de vibraciones sonoras y otras frecuencias, gran resistencia térmica, excelente resistencia a la humedad, al envejecimiento y a las cargas de impacto. Es susceptible de trabajarse mecánicamente con herramientas corrientes y su acabado, a base de films de GELCOAT, puede ser variadísimo según la textura del molde y el proceso de ejecución.

7. CALIDAD INDUSTRIAL EN LA CONSTRUCCION PREFABRICADA

La construcción prefabricada viene a cubrir primordialmente dos necesidades: la necesidad de utilización inmediata, y la necesidad de reutilización de los edificios en nuevos emplazamientos.

Es evidente que uno de los capítulos condicionantes de la propia fabricación es el transporte. En este sentido, la construcción prefabricada está obligada a obtener el mayor rendimiento posible del coeficiente, volumen transportado/volumen habitable, que está intrínsecamente relacionado con el que podríamos llamar «coeficiente de sencillez»: número de piezas transportadas/volumen útil. Podemos definir la «recuperabilidad» de una edificación como el porcentaje de elementos que se pueden reutilizar en nuevos emplazamientos.

En el caso de la construcción prefabricada ligera, a excepción de las acometidas de instalaciones y posibles cimentaciones, se puede recuperar y reutilizar todo, por lo que prácticamente la recuperabilidad sería del 100 %.

De cualquier forma, tanto más desarrollado será un producto prefabricado cuanto más se consigan mejorar los anteriores coeficientes, que, repetimos, están fundamentalmente condicionados por el transporte. Un adecuado estudio del proceso productivo, en base a los condicionamientos impuestos por el transporte posterior del producto terminado, elevará la rentabilidad del mismo, gracias a la reducción de costes en ese capítulo.

8. VIDA UTIL

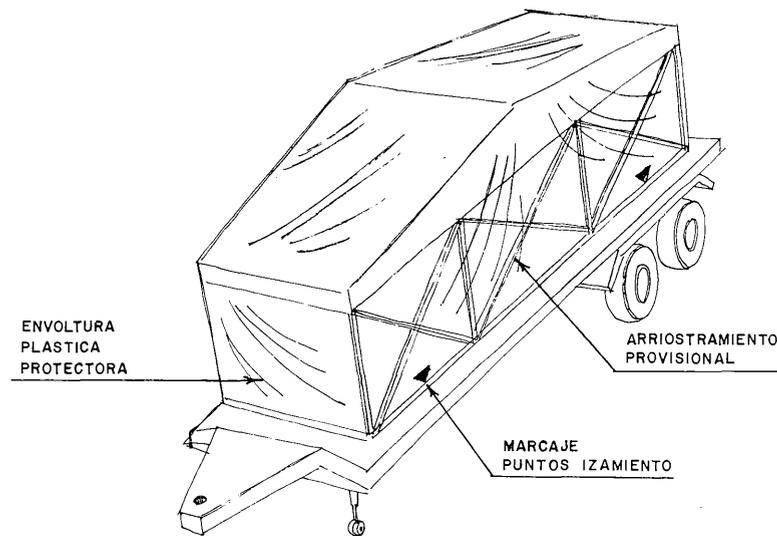
Anteriormente nos hemos referido a las necesidades que venía a cubrir la construcción prefabricada. Una de ellas, la reutilización, será lo que condicione la vida útil de las edificaciones prefabricadas, ya que las expectativas futuras de ampliaciones o elevación de sobrecargas no son condicionantes en este tipo de construcción.

De los materiales empleados por la construcción prefabricada ligera, los más frágiles son los plásticos, ya que están sometidos a la acción de los rayos ultravioleta y a ciclos climáticos completos; podemos definir una vida útil de 20 a 25 años para estos elementos.

Para la estructura, podemos ampliar su vida útil hasta 50 años, ya que no está tan protegida como en el caso de estar recubierta por una fábrica de albañilería tradicional, aunque no esté a la intemperie.

La reutilización, como factor condicionante de la vida útil, se ve ampliamente favorecida por una gran flexibilidad interior, es decir, la redistribución interior en base a nuevas necesidades. En la construcción prefabricada ligera, toda la tabiquería interior es fácilmente trasladable.

38 Protecciones de manejo y transporte



9. ARRIOSTRAMIENTO PROVISIONAL (fig. 38)

Existe la posibilidad de que sean los usuarios de este tipo de edificaciones los que realicen el cambio de emplazamiento de las mismas, por lo que se les deben proporcionar instrucciones muy precisas al respecto.

Se deberá informar de las posibles sobrecargas, sistemas de izamiento, puntos de cogida y, sobre todo, del sistema de transporte con su arriostramiento provisional, toda vez que la estructura ha sido calculada para soportar todas las posibles sobrecargas, pero con el arriostramiento previsto que en ningún caso se deberá eliminar.

résumé

Caracola. Bâtiments à modules

J. L. Mateo, architecte
C. Bosch, ingénieur des Ponts et Chaussées
F. Fernández et E. Ramos, architectes
A. Royo, Est. architecte
J. I. Guillén, Est. ingénieur

Ce système à panneaux permet d'offrir sur le marché des solutions pour les bâtiments d'habitation, centres d'enseignement et sanitaires et, en général, pour tous les cas où il serait urgent de mettre ceux-ci en service ou de les transformer éventuellement. Grâce à ce système, les frais de transport sont notablement réduits, car il est possible de déplacer les panneaux en paquets facilement maniables et de petites dimensions.

Les modules légers peuvent être groupés sous diverses formes, en plan et en élévations, construisant ainsi de véritables immeubles, en concurrence avantageuse avec la construction traditionnelle sous quelques aspects et assurant, en plus, une grande mobilité et une rapidité extraordinaire.

En revanche, il est nécessaire de faire une étude plus détaillée et un projet minutieux comme étant le résultat d'un processus industriel.

Dans cet article, les auteurs font une description de toutes les opérations, procédés de construction, aspects technico-structuraux, assemblages, phénomènes aérodynamiques de transport, préparation du terrain, etc., qui font partie de cet intéressant système de préfabrication.

summary

Caracola. Modular edifications

J. L. Mateo, architect
C. Bosch, civil engineer
F. Fernández and E. Ramos, architects
A. Royo, Est. architect
J. I. Guillén, Est. engineer

This panelling system offers the market solutions for dwellings, schools, health centers and, in general, for all cases in which urgent delivery and eventual recuperation are needed, notably reducing transportation costs, due to the possibility of shipping in manageable packages of small size.

The light modules can be grouped in various manners, insofar as floorplan and height, thus obtaining real buildings, in advantageous competition with traditional construction in some aspects, besides contributing great mobility and speed.

In exchange, a more detailed study is required, as well as a carefully prepared project, as the result is from an industrial process.

The article describes all of the operations, building procedures, technical - structural aspects, joints, aerodynamic transport phenomena, preparation of the site, etc. which make up this interesting pre-fabrication system.

zusammenfassung

Caracola. Rasterbauten

J. L. Mateo, Architekt
C. Bosch, Hoch- und Tiefbauingenieur
F. Fernández und E. Ramos, Architekten
A. Royo, Est. Architekt
J. I. Guillén, Est. Ingenieur

Mit diesem Paneelsystem werden dem Markt Lösungen für Wohnungen, Schulen, Krankenhäusern und allgemein für alle Fälle geboten, in denen eine umgehende Lieferung und eventuelle Rückgewinnbarkeit erforderlich ist, wobei die Transportkosten stark absinken, da die Möglichkeit eines Versands in handlichen Paketen geringer Größe gegeben ist.

Die leichten Raster können sowohl in Höhe als auch im Grundriss in verschiedenen Formen gruppiert werden, wobei wahre Gebäud hergestellt werden, die in manchen Aspekten einen günstigen Wettbewerb gegenüber der herkömmlichen Bauweise aufnehmen und weiterhin eine grosse Beweglichkeit und Schnelligkeit bieten.

Allerdings sind eingehendere Studien und Projekte erforderlich, da es sich um das Ergebnis eines Industrieprozesses handelt.

In diesem Artikel werden alle Arbeitsgänge, Bauverfahren, technischen Strukturaspekte, Verbindungen, aerodynamischen Transporterscheinungen, Geländevorbereitung usw. dieses interessanten Vorfertigungssystems beschrieben.