

HISTORIA DE UNA INVESTIGACION

1. Planteamiento del Problema y Análisis de Posibilidades.

Hace algunos años un grupo de técnicos españoles, a la vista de las dificultades surgidas al pretender adaptar sistemas de prefabricación extranjeros a las realidades del mercado español, se planteó el problema de si no sería posible, y teniendo justamente presente estas mismas realidades, encontrar qué bases de partida constituían las condiciones necesarias a cumplir, para hacer viable la introducción de cualquier sistema de prefabricación dentro de este mercado. Y si además estas condiciones servirían para el mercado mundial.

Al conjunto de esta investigación se la denominó TRC y se pensó que se debía iniciar con dos ángulos de ataque. Primero, un análisis, lo más extenso y profundo posible, del mercado sobre el que se pretendía operar. Y, segundo, si era posible, en la oferta mundial, individualizar tendencias, que sirvieran a las realidades encontradas en el estudio de este mercado.

En los años en que se iniciaron estos estudios, el mercado era típico de un país que iniciaba su desarrollo. En la oferta de factores básicos se disponía de una mano de obra abundante y poco especializada, procedente de la agricultura y, por tanto, económica. Éramos deficitarios en acero y en madera. En el cemento también lo éramos pero se esperaba un incremento de la oferta. La industria cerámica empezaba su desarrollo y los áridos abundaban.

En la oferta de medios auxiliares, la industria empezaba a producir medios de elevación más versátiles y un poco más potentes, y el transporte no era ni muy escaso ni especializado.

En la oferta de productos terminados aparecía una atomización muy grande con un tipo de empresario medio excesivamente pequeño, una buena productividad de la mano de obra conseguida, con ingenio, una disciplina férrea y un riesgo individual excesivo, y una no mala productividad de materiales básicos sobre todo en los deficitarios, conseguida no por un desarrollo técnico, sino por un sentido del riesgo propio de la atomización de la oferta del tipo de empresario medio.

Y como no podía menos de suceder, estaba apareciendo una industria de productos semielaborados sobre todo en forjados, con modelos para los de base cerámica italianos, y para los de base pretensada franceses.

En los análisis comparativos de costos realizados con otros mercados, se vio que el costo por unidad era muy inferior a la media europea, y que esta diferencia se conseguía no sólo por el bajo nivel de salarios, sino también, y en una buena parte, por el excesivo riesgo tomado por los empresarios en las calidades y a un cierto ingenio aplicado en la elaboración de los trabajos.

En estas condiciones era impensable la introducción en el mercado español de cualquier sistema de prefabricación, que no hiciese sino sustituir los hombres por máquinas. La cota de sustitución hombre-máquina era muy baja, y por este camino no se alcanzaba nunca un coste competitivo. Lo que únicamente se alcanzaba era un mejoramiento de las calidades y, sobre todo, su standardización.

Efectivamente, para los años a que nos referimos, algunos estudios de costos, realizados sobre los sistemas más representativos de la oferta mundial, daban, traducidos al mercado español, un incremento en el coste para la unidad terminada del orden del 40 por ciento, en su comparación con la construcción tradicional de la misma calidad.

2. Módulo mínimo material-máxima resistencia.

Ante la imposibilidad de seguir esta trayectoria, se pensó si cabría la posibilidad de llegar a un nivel de costos competitivo, atacando la productividad de las Materias Primas.

Como hemos dicho, en este aspecto se habían hecho avances poco racionales, y, sobre todo, con un riesgo excesivo en cuanto a la calidad del producto terminado.

Aparecía, entonces, con toda claridad, el problema mínimo material-máxima resistencia.

Aparte de este problema que en cada nivel se podía resolver, aparecían otros.

En la productividad de la Mano de Obra teníamos que llegar a niveles análogos que en la construcción tradicional, utilizando el mismo ingenio, por lo menos, que el utilizado por ésta en la elaboración de los procesos, y haciendo trabajar a los obreros en mejores condiciones de comodidad y seguridad.

En los capitales de instalación, no podíamos salirnos de la oferta nacional de maquinaria.

Y en cuanto a la elección de los materiales de la baraja de oferta nacional, para la realización del elemento básico, debía ser sencilla y mínima su apertura.

De todos los sistemas de la oferta mundial analizados, había uno que se acercaba bastante a cumplir estas condiciones que, en un primer análisis, aparecían impuestas. Se trataba de un sistema realizado a base de paneles de hormigón armado bastante especializado y muy aligerado.

Se preparó un análisis de costos para el mercado nacional, y se vio que, aunque el costo final bajaba bastante de la media obtenida anteriormente, no era lo suficientemente competitivo como para soportar la lucha necesaria para la penetración en un mercado, que, para aquellas fechas, hacía rebotar cualquier innovación que pudiera llegar a ser estructural.

Se vio también, sin embargo, que era un problema de fechas. Que conforme el mercado fuese evolucionando y la cota de sustitución maquinaria-hombre fuese subiendo, llegaría un momento en el que se podría intentar una ruptura con posibilidades de éxito. Pero existían unos años inoperantes.

Se pensó, entonces, que si se desarrollaba un sistema nacional con un margen de competitividad significativo respecto del últimamente analizado, se podría intentar la ruptura mucho antes y este sistema quedaría cada vez en mejores condiciones ante la evolución del mercado.

Habría, pues, que agotar la búsqueda, sobre los hormigones más y más especializados, y más y más aligerados.

La industria del hormigón pretensado aparecía como idónea para servir nuestras condiciones de partida. Era una industria muy joven y, por tanto, muy agresiva. Por necesidad trabajaba con hormigones muy especializados, y estaba acostumbrada a unas dimensiones en los gruesos que podían servir como arranque.

3. Realizaciones a escala "instalación Piloto".

Como se quería obtener la máxima apertura en posibilidades con un solo módulo, se iniciaron una serie de estudios teóricos para determinar la zona de mínimos, para la función consumo de material-resistencia, en concordancia con las tres posiciones fundamentales del módulo en el espacio tridimensional, y con la granulometría de los hormigones a emplear. Se encontraron las leyes formales que entrecruzaban este conjunto y se eligió un módulo hueco de 17 X 43 cms. con paredes de 15 mm. que daban un peso en el panel de 130 kg/m² y unas resistencias tanto para forjado como para muro, como para muro-jácena muy considerables.

Se buscó, en los alrededores de Madrid, una industria bien equipada técnicamente y se llegó a un acuerdo con ella, que, fundamentalmente, consistía en que se debía financiar la investigación con la venta del producto y con ciclo inferior a un año. Aunque al principio pareció que estas condiciones limitaban excesivamente las aperturas, con un análisis mayor, encontramos que la obligación de hacer rentable en un año cualquier trabajo, nos garantizaba contra la dispersión de la propia investigación. Más o menos, el mayor riesgo a corto plazo, no disminuía el del medio y el largo.

Como la industria del pretensado no estaba acostumbrada a trabajar con hormigones huecos, aparecieron, naturalmente, problemas que abarcaban todo el proceso: moldes, moldeo, vibración, compactación y costo del estado tensional por unidad de superficie.

La solución de estos problemas se buscó siempre más del lado del ingenio que del de las máquinas poderosas, por mantenernos dentro de la oferta nacional de maquinaria y dentro de la cuota de sustitución hombre-máquina.

Con esto se llegó a la instalación de una "Unidad Piloto" con volumen de producción anual ya significativo. Dicha instalación, que era una mezcla de laboratorio e instalación industrial, era cíclica, y permitía siempre destinar una parte, más o menos importante del ciclo, para la investigación, dejando el resto para la venta.

Se pidió al Instituto Eduardo Torroja una serie de ensayos oficiales de cara a un posible Documento de Idoneidad Técnica y se montó, en la propia instalación, un laboratorio más modesto, aunque suficiente para los objetivos propuestos.

Logrado esto se dirigió la investigación hacia cuatro órdenes de problemas fundamentales.

1.º Posibilidades de realización de cualquier proyecto de la oferta nacional en este sistema de prefabricación.

Para esto se inició sistemáticamente el tamizado de proyectos realizados para la construcción tradicional, para encontrar sus repeticiones, los óptimos en piezas de serie, los mínimos en piezas especiales, y qué modificaciones mínimas introducir, en las piezas de serie, para alcanzar todo el cúmulo de variación en dimensiones.

2.º Agotar en lo posible los estudios sobre el equilibrio interior de las piezas con relación a todos los tipos de solicitud previsible.

Como ejemplos de este tipo de estudios se pueden poner, el realizado para encontrar la correlación entre la resistencia al impacto y el estado tensional permanente —"efecto bóveda"—, entre éste último y la resistencia al pandeo que se incrementaba con la obtención de una especie de "temple" de las piezas. Las correlaciones estado tensional permanente, vibraciones y sacudidas del transporte y estado permanente y sollicitaciones reológicas, etcétera.

3.º Estudio lo más exhaustivo posible del proceso productivo de cara a su inserción en distintos tipos de mercado.

Desde este punto de vista, de lo que únicamente estábamos seguros es de que el sistema de prefabricación, se insertaría bien en el mercado nacional al nivel alcanzado por dicho mercado. Primero porque lo habíamos preparado así, y segundo porque cada prototipo realizado, lo era en competencia con la construcción tradicional, y procurábamos hacerlos

cada vez más lejos, y en distintas condiciones ambientales para poder estudiar su comportamiento posterior. Pero al hablar con distintos técnicos extranjeros, aparecía la necesidad, si se pensaba en la exportación, de preparar procesos productivos desde el puramente artesanal de 2 horas hombre/m² de panel, propio para países subdesarrollados, hasta 0,1 h.h/m² propio para los países más desarrollados y todo ello con cotas de maquinaria adecuadas.

4.º Estudios sobre el curado de las piezas.

Como se sabe, el curado del hormigón no es sino un medio más de incrementar la producción. Es, por tanto, y en línea de máxima, un problema puramente económico. Pero como el tipo de piezas resultaba inusitado, desde el punto de vista de su densidad aparente, no existía experiencia ninguna para estos curados. Ello nos obligó a realizar experiencias sistemáticas con todos los tipos ofertados. Agua caliente, vapor en baja y en alta presión, aire caliente, radiaciones y todos los tipos de curado eléctrico, desde el que lleva la corriente a las armaduras hasta el que la pasa por los moldes.

Queremos dar las gracias aquí a todos aquéllos que, con su entusiasmo, nos han ayudado a resolver estos tipos de problemas.

4. Resumen y lanzamiento a escala industrial.

Terminados estos estudios y puestas a punto las distintas soluciones pertinentes, nos preguntamos si no sería conveniente, antes de pasar al desarrollo industrial del sistema, reconsiderar todos los presupuestos.

Las piezas habían funcionado muy bien, tanto en la fabricación como en el transporte, como "in situ". Pero durante el período de estas realizaciones los mercados habían evolucionado notablemente.

En el español, el nivel de salarios se elevó, subiendo la cota de sustitución maquinaria-hombre y creando la necesidad de revisión tecnológica del problema de las productividades. La oferta de maquinaria en manutención, alcanzaba ya casi los niveles europeos, y el problema de la vivienda sensibilizaba todo el sector hacia la búsqueda de nuevas soluciones. Pero, posiblemente, aparecía un período de transición.

En el mercado mundial, aparecían claramente dos tendencias fundamentales: el aligeramiento de las piezas y la modulación; apareciendo como módulo más apropiado el decímetro.

Todo ello nos llevó a modificar el módulo básico de 43 X 17 cms. transformándolo en otro de 40 X 20 cms. con el que aún contando con los gruesos de los muros se podía resolver la planimetría sobre un módulo decimétrico. Este módulo tiene la misma densidad aparente que el anterior. También se han modificado los gruesos de los paneles de ventana para hacerlos equipotentes con los ciegos. Este módulo da también, como es natural, menores deformaciones, lo que nos permite ampliar las luces económicas.

En cuanto a las unidades productivas, se ha preparado una gama que va desde la de 300 viviendas/año, hasta la de 2.000. Con lo que esperamos servir tanto el período transitorio del mercado nacional como la demanda potencial futura. Y también las necesidades de los distintos mercados extranjeros.

Julio GARRIDO
Arquitecto



1. DESCRIPCION DEL SISTEMA

Sistema de construcción a base de paneles de grandes dimensiones contruidos en hormigón pretensado, destinados a formar la estructura resistente y los cerramientos de los edificios.

Los paneles se utilizan como forjado de piso, cubiertas, muros de fachada portantes o poco portantes (entrepaños o paneles de ventana) y muros de travesía. Están

constituidos a partir de dos módulos básicos; uno cerrado y otro abierto, cuyas secciones transversales, fundamentales y derivadas, se detallan en las figuras 1 y 2.

La combinación adecuada de estos paneles integra un sistema completo y totalmente abierto de construcción que permite la ejecución de cualquier proyecto, bien utilizando exclusivamente las placas típicas de dicho procedimiento, o bien disponiéndolas con otros materiales tradicionales.

El procedimiento es altamente competitivo respecto a los sistemas de prefabricación empleados internacionalmente y representa una nueva generación que cierra prácticamente el ciclo de los procedimientos a base de hormigón, por cuanto no es posible reducir en cantidades significativas, los consumos de los materiales básicos empleados.

2. PRINCIPIOS BASICOS

El sistema de construcción TRC se fundamenta sobre los siguientes principios:

2.1. Normalización de los elementos

Todos los paneles, cualquiera que sea su finalidad posterior, presentan la misma estructura constructiva; el cuerpo central está formado por los módulos cerrados y los bordes laterales por el módulo abierto. Ello reduce considerablemente la cantidad de utillaje necesario para conseguir el aligeramiento de las piezas.

2.2. Principio de economicidad

El módulo cerrado, que constituye básicamente el elemento, está diseñado para que sus características resistentes resulten óptimas en relación con la cantidad de material utilizado. A tal fin, la masa queda distribuida formando una viga-cajón cuyas láminas están dispuestas de forma que el radio de giro del elemento sea el máximo posible de conseguir con el menor volumen de material, habida cuenta de los esfuerzos a que es sometida la pieza en su manipulación y utilización final.

De esta forma se consigue:

- Sección transversal aparente del módulo básico cerrado: 800 cm².
- Sección transversal real: 224,74 cm².

Volumen real

Volumen aparente = 0,281 cm².

—Peso por m³ de volumen aparente: 702,5 Kg.

—Rendimiento del hormigón empleado por m² de panel: 0,056 m³.

2.3. Equilibrio del elemento

Mediante la introducción de un artificio técnico en el pretensado de las armaduras principales o activas, se consigue crear un régimen permanente de tensiones en las láminas externas del elemento suficientes para mantener el equilibrio estructural y local de la pieza durante las operaciones de transporte y montaje, así como las sollicitaciones derivadas de la utilización estática previamente proyectada.

2.4. Coordinación dimensional

La construcción normalizada de todos los paneles, permite su producción en plan industrial dentro de un amplio campo de variabilidad del tamaño de las piezas que queda definido de la forma siguiente:

Longitud: variable, de 10 en 10 cms.

—Canto: 20 cms.

—Ancho: variable, de 40 en 40 cms.

Esta modulación se adapta a la tendencia decimal actualmente propugnada por la mayor parte de los países europeos, y permite que las dimensiones totales de los paneles queden interrelacionadas entre sí, de forma que en los distintos casos de unión que pueden presentarse entre diferentes elementos, los gruesos de las piezas no alteren la modulación volumétrica del conjunto que debe establecerse en 20 cms.

3. ELEMENTOS

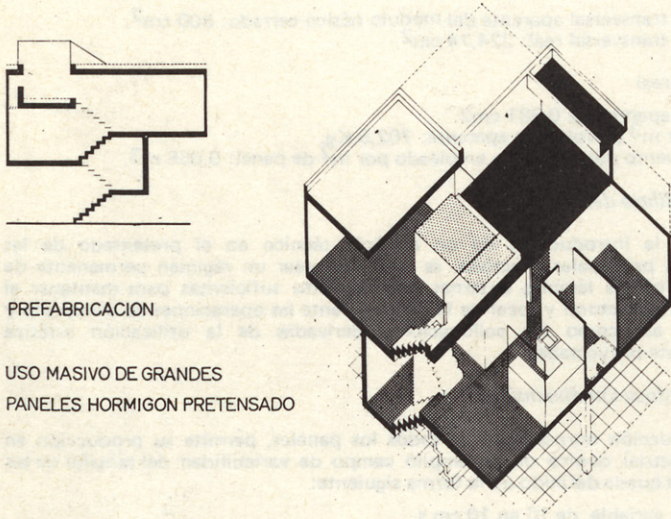
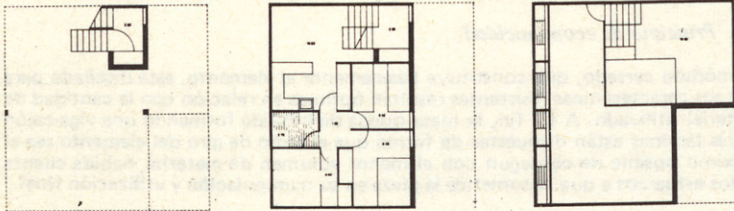
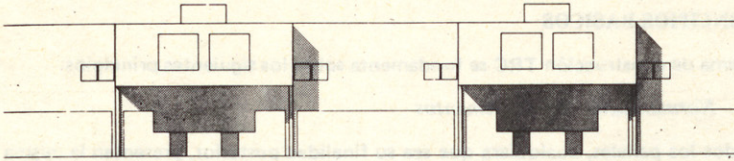
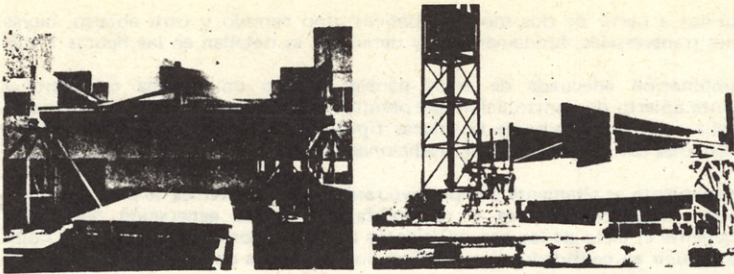
3.1. Constitución general

La constitución general de los paneles es la de una viga-cajón múltiple. Los paneles pueden fabricarse desnudos o con toda clase de revestimientos exterior, interior, implementos, etc., ya incorporados a fin de mejorar su aislamiento térmico y/o acústico o su aspecto exterior.

En detalle, la constitución general de dentro a fuera es la siguiente:

a) Enlucido de mortero a base de perlita, vermiculita, piedra pomez, etc., perfectamente alisado para pintar o empapelar. El espesor de este enlucido varía entre 2 y 5 cms., según la zona climática donde se realice la construcción o las necesidades particulares de cada caso concreto.

b) Alma resistente de hormigón, construida a partir de los dos módulos básicos descritos en las figuras 1 y 2, con las armaduras preparadas para soportar las sollicitaciones y transmitir las cargas que se deriven de la utilización concreta de cada panel. La constitución del alma resistente es la de una viga-cajón múltiple, formada por dos láminas de hormigón unidas monolíticamente por medio de rigidizadores dispuestos a una distancia modular de 40 cms.



PREFABRICACION

USO MASIVO DE GRANDES
PANELES HORMIGON PRETENSADO

URBANIZACION MAR MENOR

Una o ambas láminas pueden alisarse para formar los paramentos interiores cuando es suficiente la resistencia térmica o acústica del panel desnudo.

c) Revestimiento exterior formado por agregados diversos, mortero de distintas coloraciones, aplacados de piedra natural o artificial, gres cerámico, materiales vítreos, etc.

3.2. Formas

A) Fachadas.

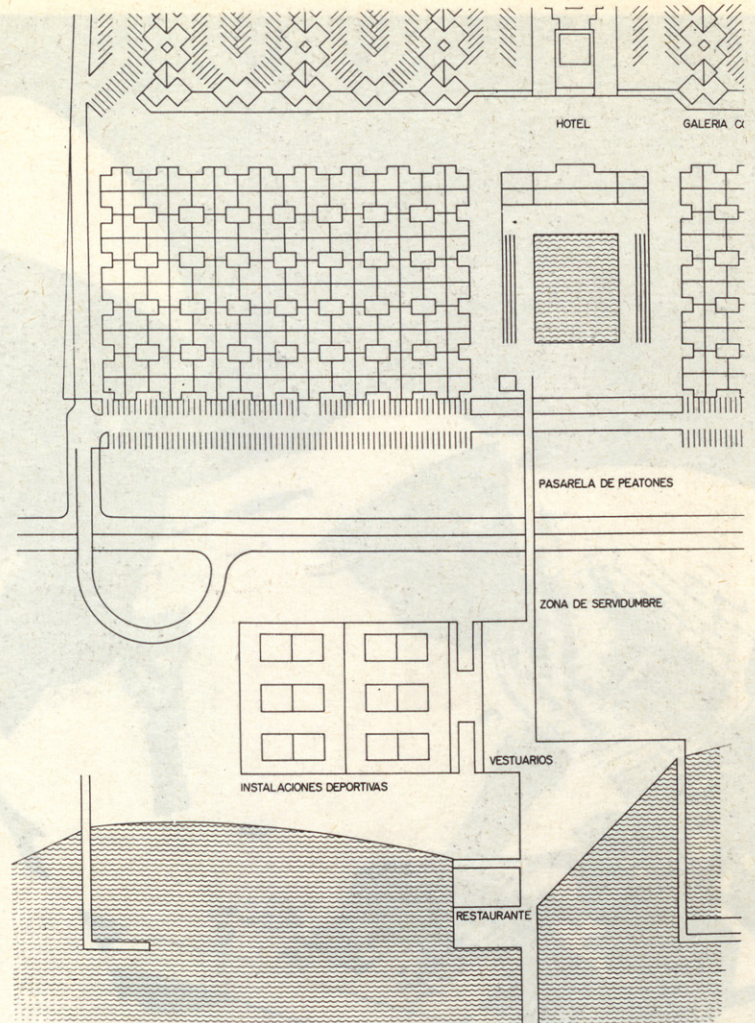
Son paneles de altura total igual a una planta, que toman forma de entrepaños o paneles con ventana incluida. Están previstos para soportar, fundamentalmente, esfuerzos a compresión descentrados respecto a su centro de gravedad.

Su constitución incluye de dentro a fuera el aislante térmico; el alma resistente de hormigón y el revestimiento exterior.

En su borde superior forman una caja que sirve de encofrado del zuncho perimetral de atado a nivel de los forjados de piso. Para ello la lámina exterior del alma resistente sobresale 20 cms. respecto a la interior. Esta lámina está reforzada para soportar los esfuerzos de transporte por un recorcimiento de los rigidizadores y por un mallazo electrosoldado.

Los laterales del panel, formados por el módulo 1, van provistos de unos dientes de borde y su forma permite que la unión de dos paneles forme el encofrado para el relleno del hormigón de las juntas verticales. Esta sección abierta queda vuelta hacia la cara interior del panel en las uniones de esquina.

Los huecos de los paneles de ventana van recercados con acero de 50 kp/mm² de límite elástico.



Los cercos de la carpintería pueden embeberse en el hormigón o pueden colocarse "a posteriori". En la parte superior y en la inferior de la ventana se colocan dos tapas de cualquier material decorativo (piedra natural, artificial, madera, etc.) para cubrir los huecos de los módulos de los paneles.

En la parte superior de la ventana se forma, cuando ello es necesario, la caja para alojar los tambores de las persianas.

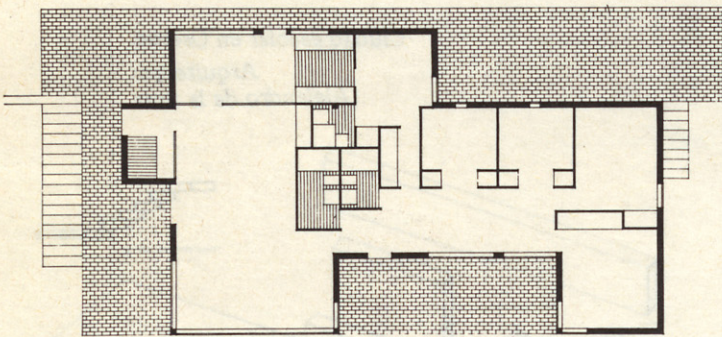
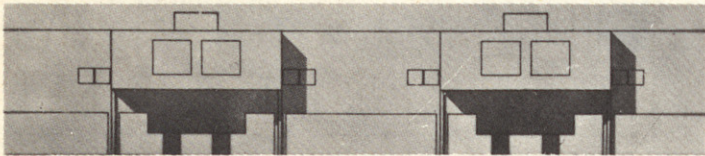
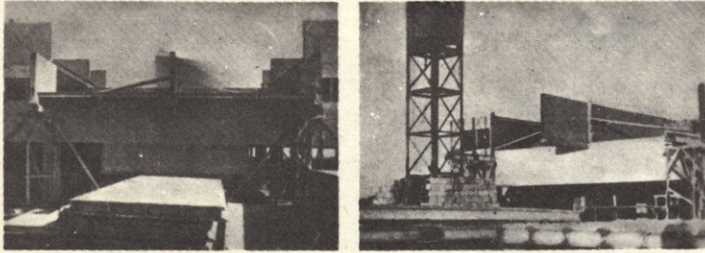
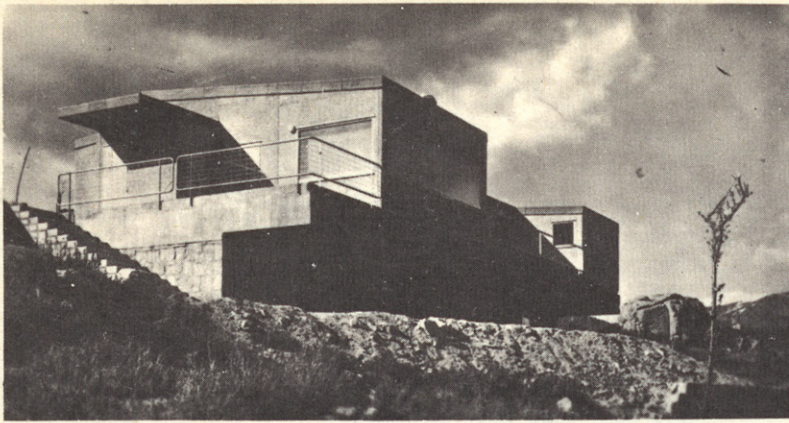
La lámina exterior en los bordes laterales presenta unas entalladuras en forma de canales que facilitan el sellado de la junta y forman una cámara de descompresión, que impide la aparición de presiones diferenciales que pudiera producir la absorción del agua por capilaridad.

Los ganchos de suspensión van colocados en unos ojales practicados en la parte superior de los rigidizadores del alma del panel. En su lámina interna se prevén dos entalladuras que se utilizan para colocar los lazos de acero que sirven de amarre de los útiles de montaje.

VARIANTE:

Quando es preciso conseguir un nivel muy alto de resistencia térmica en el panel, se coloca sobre la lámina exterior del alma resistente una plancha de poliestireno expandido de espesor suficiente para conseguir el grado de aislamiento requerido y, sobre ella, una placa de 25 mms. de hormigón pretensado que soporta, en este caso, el revestimiento exterior.

Para permitir la libre dilatación de la placa exterior de revestimiento, su unión al alma portante del panel, se realiza mediante unos latiguillos de acero inoxidable embebidos en tacos de neopreno del mismo espesor de la plancha de poliestireno.



planta.

B) Muros-travesa

Son paneles de altura igual a una planta, aptos para soportar esfuerzos a compresión centrada o descentrada según la dimensión de las cruías a que sirven. Están constituidos normalmente por el alma resistente de homirgón de 20 cms. desnuda.

En algunos casos pueden revestirse una o ambas caras con materiales que mejoren su aislamiento térmico o acústico. Su estructura constructiva es, esencialmente, igual a la de los elementos de fachada con la variante de que las dos láminas terminan en su parte superior al mismo nivel.

Los muros de travesía pueden llevar incorporada una puerta que se recerca y termina igual que los huecos de ventana en los elementos de fachada.

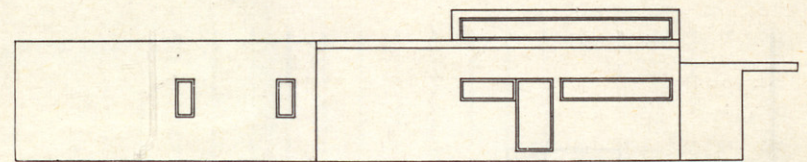
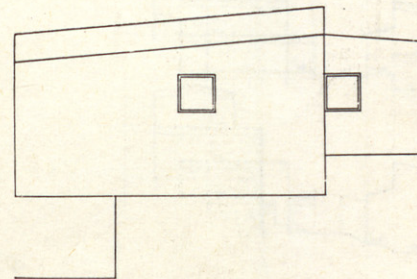
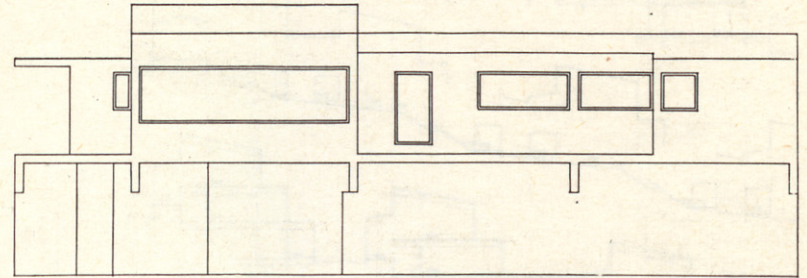
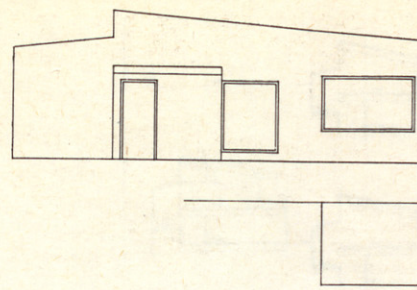
C) Forjados

Son paneles dispuestos para soportar esfuerzos a flexión. La lámina inferior sobresale 5 cms. respecto a la superior en las cabezas a fin de disminuir el grado de empotramiento en los apoyos.

Los ganchos de suspensión van anclados en los rigidizadores del alma resistente.

Por la parte inferior del panel puede colocarse una capa de 2 cms. de hormigón ligero cuando ello sea conveniente para aumentar la insonorización y el aislamiento térmico del panel.

En algunos casos la parte superior del panel de forjado puede terminarse a base de un hormigón alisado y decorado, para formar el pavimento de la planta superior.



4. SISTEMA ESTRUCTURAL

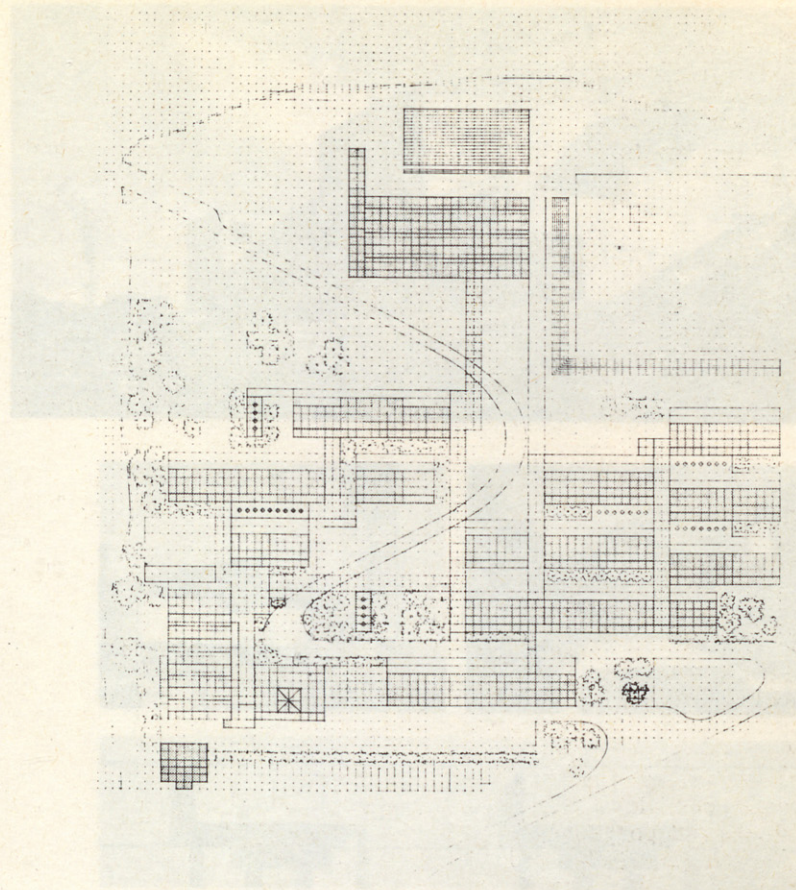
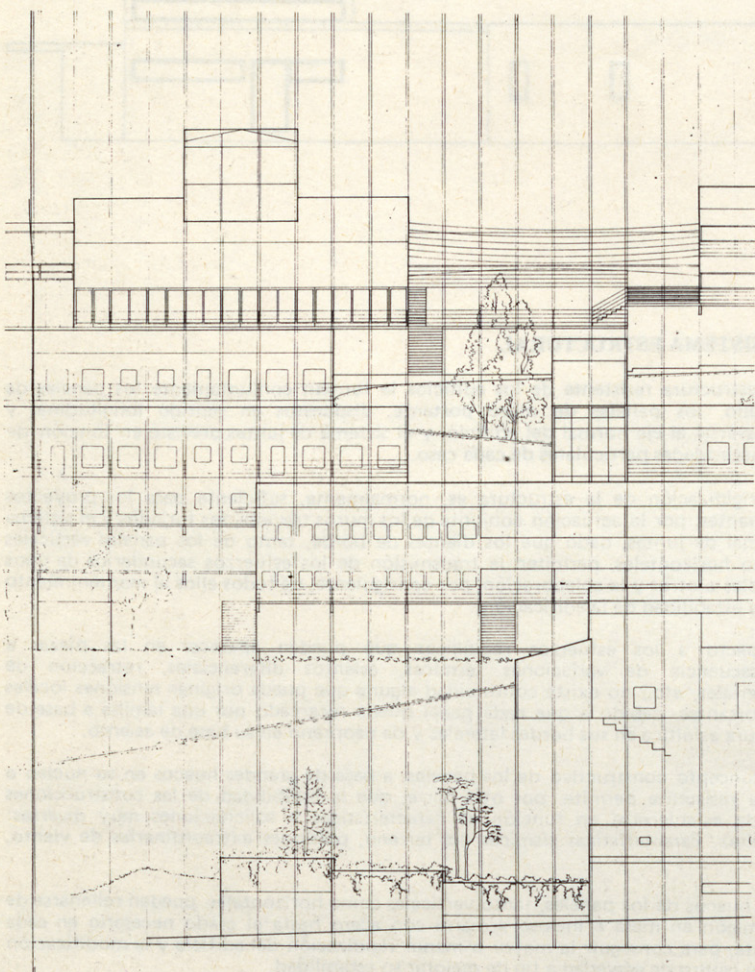
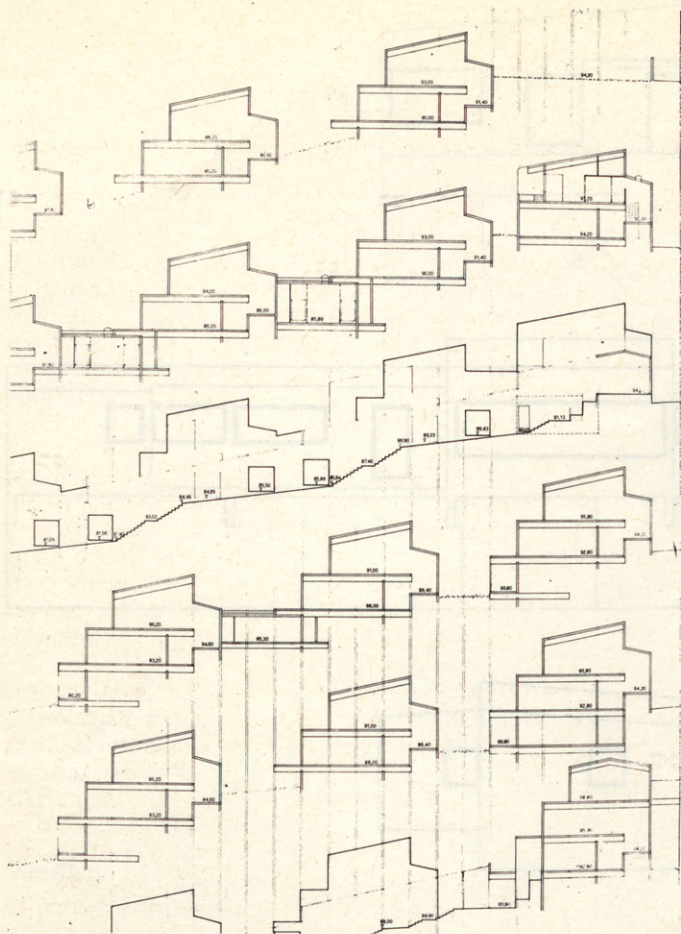
La estructura resistente de los edificios la forman conjuntamente los paneles de forjado, los paneles de muro portante, dispuestos en sentido longitudinal y transversal al eje normal del edificio, y el sistema de juntas previsto en función de las necesidades particulares de cada caso.

La rigidización de la estructura es, normalmente, suficiente para los proyectos corrientes, por la actuación conjunta de los muros travesía, los forjados y el sistema normal de juntas, dado que los dientes de borde, tanto de los paneles verticales como horizontales, permiten la transmisión de los esfuerzos secundarios de unos paneles a otros y la colaboración, por consiguiente, de todos ellos al mantenimiento de la estabilidad de la edificación.

Respecto a los esfuerzos reológicos que pueden aparecer en las piezas a consecuencia de variaciones térmicas, asentamientos diferenciales, retracción de materiales, etc., no existe continuidad alguna que pueda originar tensiones locales importantes, debido a que cada panel queda recercado por una lámina a base de pintura asfáltica en sus bordes laterales y de neopreno en su base de asiento.

El concepto constructivo de los paneles, a base de grandes huecos en su núcleo o alma resistente permite, por otra parte, que la estabilidad de las construcciones pueda establecerse en función de características y solicitaciones muy diversas: esbeltez, características sísmicas del terreno, presiones extraordinarias de viento, etc.

Los huecos de los paneles, tanto verticales como horizontales, pueden rellenarse de hormigón en masa e incluso armarse con acero hasta el grado necesario en cada planta, para conseguir la mayor o menor rigidización del edificio y la modificación de su centro de gravedad a fin de mejorar su estabilidad.



Ciudad escolar en Orense.

Arquitecto:
Alejandro de la Sota

