

## PROYECTO Y CONSTRUCCION DE EDIFICIOS CON EL SISTEMA DRAGADOS-PLASTBAU

José A. de Aguinaga, Dragados y Construcciones, S. A.  
Enrique Márquez, Dragados y Construcciones, S. A.

193-18

### PROYECTO

La prefabricación y la industrialización de la construcción a menudo han fracasado ante los condicionantes que imponen al proyectista al comportar soluciones rígidas no siempre adaptables a las necesidades reales del proyecto. Por el contrario, la adaptación de los sistemas al proyecto únicamente puede estar justificada para la realización de grandes series o en ocasiones empleada para la construcción de edificios singulares, sin estrictas limitaciones económicas, lo que en definitiva viene a suponer una desvirtualización de la razón de ser de aquéllas al transformar a éstas en verdaderas obras artesanales donde a menudo la experiencia adquirida no es generalizable para otras realizaciones.

La solución Dragados-Plastbau supone en este sentido una solución competitiva no ya en los casos repetitivos sino también para la realización de series cortas e incluso individualizadas al permitir tanto la industrialización de la construcción en sí como la fácil manipulación y adaptación de los materiales básicos y procedimientos de puesta en obra sin rígidos condicionantes de modulación para el proyecto ni de repetición obligada para obtener una economía en sus costos de producción.

De las dos variantes del sistema Dragados-Plastbau, Tipos I y II, cada una presenta su campo específico de aplicaciones si bien ambas son combinables entre sí.

En principio el tipo I satisface las necesidades de aquellas edificaciones de luces discretas de forjado y de hasta dos plantas como puedan ser el caso de viviendas unifamiliares aisladas o adosadas.

El tipo II está principalmente indicado para la realización de elementos portantes en construcciones de hasta cuatro o cinco alturas y luces moderadas como en el caso de viviendas colec-

tivas, para edificios de una o dos plantas y de grandes luces o con necesidad de amplios huecos de fachada si éstas han de ser además portantes como puedan ser los casos de algunos edificios industriales o de oficinas.

En general la combinación de ambos tipos I y II se prestará mejor a la resolución de los diferentes casos que puedan presentarse en función de sus capacidades específicas de carga, pero como norma general y para cerramientos no portantes la solución económica será el empleo del tipo I mientras que la técnica para recoger cargas concentradas habrá de basarse en el empleo del tipo II.

### PANELIZACION

El empleo de paneles de suelo a techo con un ancho de 1,20 m puede inducirnos a pensar en la conveniencia de adoptar desde un principio este valor como módulo de diseño; pronto nos veríamos inmersos en un complejo sistema de coordinación dimensional al observar cómo el espesor del panel según los casos y el tipo de unión adoptado van complicando nuestro planteamiento inicial al que habría que añadir el estudio de factores de tolerancia y su coordinación final con los módulos de forjado. Además, en el caso de viviendas, este módulo se nos antojaría excesivamente grande obligándonos a un mal aprovechamiento y derroche de superficies.

Afortunadamente en el sistema constructivo propuesto nada de esto es necesario. El ancho de 1,20 m se ha establecido a efectos de fabricación del panel básico pero de éste, por simple corte, podemos obtener cualquier tamaño intermedio para su utilización en forma semejante a la de un panel estándar y además mediante el ajuste de este corte podremos absorber cualquier diferencia que pueda presentarse durante la ejecución debida a los márgenes de tolerancias.

Dos alternativas pueden presentarse al realizar la panelización: Proceder al reparto por elementos lineales de muro en base a su subdivisión en paneles de 1,20 m más la fracción necesaria de panel para completar la medida total o comenzar por independizar los dinteles y antepechos de huecos y proceder luego al reparto sobre elementos ciegos como en la forma anterior. En el primer caso los huecos se recortarán sobre el panel que los contenga; en el segundo no existirá el corte de huecos propiamente dicho sino el de piezas de dinteles y antepechos. El primer método puede ser preferible en el caso de tratarse del D-P.I y huecos pequeños pero, para el caso de huecos mayores o de paneles del tipo II deberá optarse por la segunda solución ya que el panel de dintel deberá colocarse en sentido horizontal. Los paneles cortados se ubicarán dentro del conjunto en forma que no se produzca si es posible la superposición de sus mallas de cosido con las de refuerzo de jambas o de extremo de muro.

La panelización según los procedimientos anteriores deberá servir de base tanto para el corte de paneles como para su replanteo en obra.

## MATERIALES

Los materiales principales que intervienen en el proceso de fabricación y construcción son: hormigón, acero, yeso cartón, poliestireno expandido y microhormigón para proyección.

El hormigón y el acero deben cumplir lo previsto para este tipo de materiales en la norma EH-82, aún así, y como consecuencia de los ensayos de puesta en obra, se han fijado las siguientes condiciones para estos materiales:

- **Hormigón para hormigonado de pilares:** áridos de granulometría continua de tamaño máximo 12 mm, y consistencia blanda, o fluida con adición de superfluidificantes.
- **Acero** para armado de pilares  $\varnothing$  máximo 12 mm.
- **Acero para fabricación de paneles:** mallas de 100 · 100 · 3 · 3 mm con acero L.E.  $\geq$  4.100 kg/cm<sup>2</sup> de acuerdo a UNE-36731-82, y UNE-36092-81, conectores acero L.E.  $\geq$  4.100 kg/cm<sup>2</sup>.
- **Yeso cartón:** paneles comerciales tipo N de 10 ó 13 mm de espesor.
- **Poliestireno expandido:** autoextinguible (tipo II o III densidad nominal de 12 a 15 kg/m<sup>3</sup>).

El microhormigón para proyección es el material más comprometido, ya que sus características están fijadas por los ensayos de: durabilidad de armaduras, impermeabilidad y resistencia, presentándose graves incompatibilidades entre los métodos utilizados habitualmente para mejorar

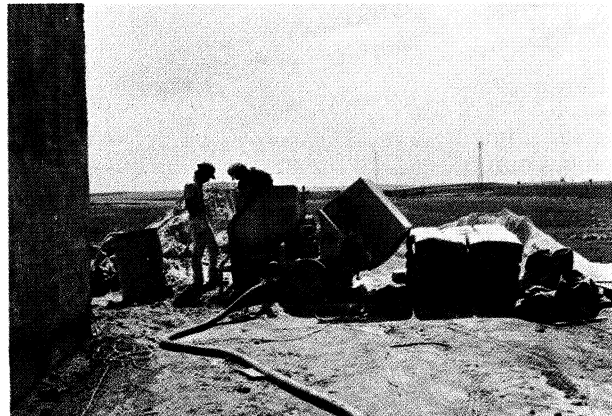


Foto 1. - Bomba con amasadora de eje horizontal para fabricación y bombeo de microhormigón.

cada una de estas cualidades y su puesta en obra, que está condicionada por la utilización de un tipo de máquina, escogida por sus características técnicas y económicas (una bomba de émbolos gemelos provista de una amasadora de eje horizontal de 170 l de capacidad, con compresor de aire y diseñada para trabajos de: enfoscado, gunitado, inyección y transporte de mortero y hormigón, con áridos de 0 a 8 mm: Foto N.º 1).

Este tipo de máquina necesita un material muy plástico para su bombeo, y es normal la inclusión de cal y/o arena con un alto contenido de arcilla cuando se realizan mezclas destinadas a enfoscados o revocos normales; la utilización de cal está proscrita con el fin de mejorar la protección del acero y el uso de arenas arcillosas, por las bajas resistencias que podía ocasionar. Así, el material a bombear deja de tener las características comunes de un mortero, para transformarse en un microhormigón en cuanto a los requisitos exigidos al mismo.

Como punto de partida para estas mezclas, en los estudios previos se tomaron dosificaciones 1:3 a 1:4 para las proporciones de cemento y áridos, con relaciones agua/cemento de 0,5 a 0,8, lo que suponía establecer un abanico que permitiera absorber las variaciones previsibles según el tipo de arena disponible en cada zona.

Los contenidos máximos y mínimos resultantes de cada componente eran los siguientes:

	Mínimo	Máximo
Cemento .....	350 kg	500 kg
Aridos .....	1.300 kg	1.500 kg
Agua.....	175 l	300 l

Los áridos más idóneos en principio, correspondían a arenas de río o naturales lavadas con granulométricas continuas.

Aunque las mezclas cumplieran todos los requisitos de resistencia y baja retracción, su bombeo resultó imposible; incluso, utilizando aditivos plastificantes todas las mezclas se decantaban al ser sometidas a presión, produciendo atascos en las mangueras de bombeo, por lo que fue necesario recurrir a una combinación de arenas que permitieran éste. A partir del huso proporcionado por el fabricante de la máquina, se estableció un huso fácilmente reproducible con mezclas de 2 ó 3 arenas, para distintas localizaciones geográficas.

Se ha comprobado que conseguir relaciones de agua/cemento menores de 0,6, resulta muy difícil, las mezclas con un porcentaje alto de finos, requieren proporciones de hasta el 0,8 de relación agua/cemento, para un bombeo adecuado, la experiencia ha demostrado que para las circunstancias normales de obra, sobrepasar un valor del 0,6, puede crear problemas de retracción, en función del mejor o peor curado que se realice.

Actualmente se están realizando ensayos con distintos tipos de aditivos que permitan reducir la relación agua/cemento, sin mermas considerables en la capacidad de bombeo de la máquina, ni en las resistencias exigidas al microhormigón.

## DETALLES CONSTRUCTIVOS

Los detalles constructivos corresponden en general a los indicados en el modelo estructural del sistema; no obstante, existe la necesidad de complementar éstos, con el fin de dar soluciones satisfactorias que resuelvan las interferencias de los mismos con actividades complementarias del proceso constructivo como instalaciones, carpinterías, acabados, etc.

El primero de estos problemas surge en el encuentro de los muros con los elementos tradicionales que constituyen el arranque del edificio.

La solución más idónea es la representada en la figura N.º 1 para un muro D-P.II.

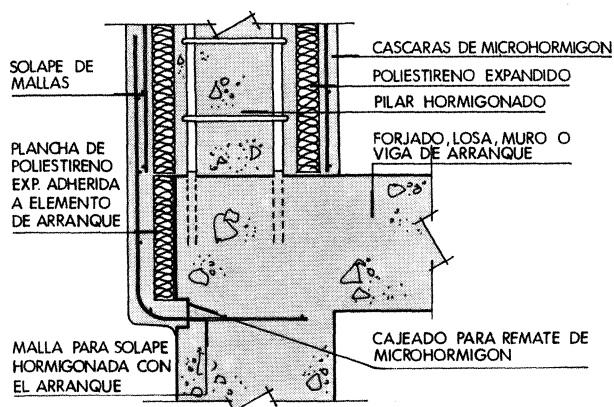


Fig. 1. - Panel D-P II en arranque sobre estructura.

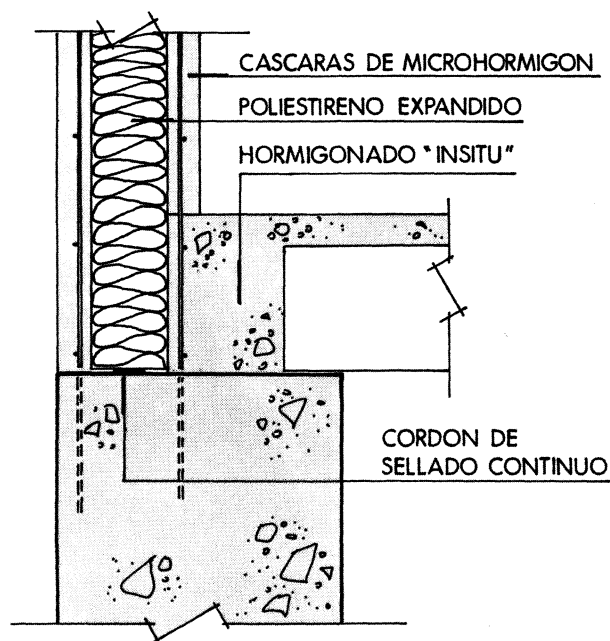


Fig. 2. - Panel D-P I en arranque sobre estructura.

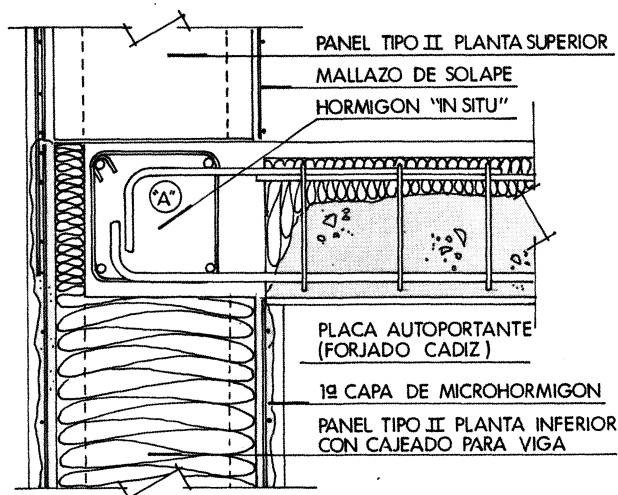


Fig. 3. - Encuentro entre panel D-P II y forjado en fachada.

Para el muro D-P.I la solución es análoga, pero será necesaria la creación de un zócalo cuando se desee aislar el frente del elemento de arranque; en cualquier caso, siempre será necesario colocar un mallazo de solape entre el elemento estructural y la cáscara del muro, para evitar la aparición de fisuras en la unión.

Cuando las características geométricas de los arranques lo permitan, otra solución es el alojamiento de los paneles en cajeados perimetrales (por ejemplo cuando éstos arrancan sobre un muro en el que también se apoya el primer forjado o sobre soleras con zapata corrida perimetral. Fig. N.º 2).

Siguiendo en vertical el desarrollo del edificio, el siguiente punto conflictivo lo constituyen los en-

cuentros entre paneles y forjado: en el caso del Panel tipo II, éste no reviste especial importancia, ya que, en el poliestireno del panel, se realiza un cajeadado que actúa como encofrado perdido por la viga perimetral, al mismo tiempo que

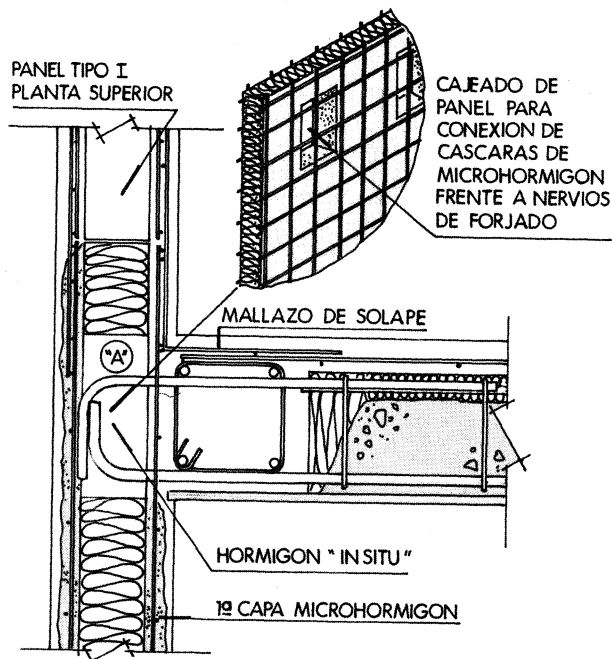


Fig. 4. - Encuentro de panel D-P I con forjado en fachada.

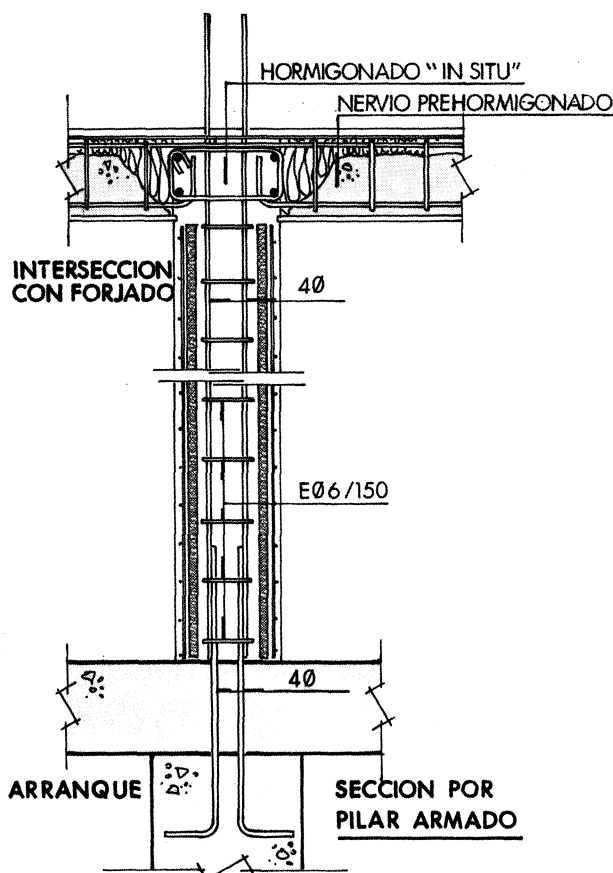


Fig. 5. - Detalle constructivo de muro D-P II intermedio en arranque e intersección con forjado.

evita el puente térmico que es habitual en estas zonas. Fig. N.º 3.

Con el mismo objeto (evitar puentes térmicos) en la unión entre el muro Plastbau I y el forjado las vigas perimetrales se sitúan en la cara interior de aquél, actuando como encofrado de fondo una prolongación del yeso-cartón, que constituye la cara interior del forjado Cádiz (Fig. N.º 4). Cuando la situación estructural lo permite, el esquema de armado idóneo es el representado en estas figuras N.ºs 3 y 4, especialmente las barras marcadas «A», que deben ser colocadas en solape con las de los nervios, para facilitar el montaje.

Los remates de cubierta, petos, pequeños voladizos, etc. se realizan con paneles de Plastbau I, atados a los mallazos de los paneles de fachada y con solapes similares a los detalles anteriores; en éstos, al no ser elementos estructurales, se puede recurrir a cortes especiales en los paneles y espesores distintos del poliestireno para conseguir los efectos estéticos o funcionales que se deseen. Los encuentros entre muros y forjados que no constituyan fachadas, se realizan de forma similar, si bien su ejecución se ve

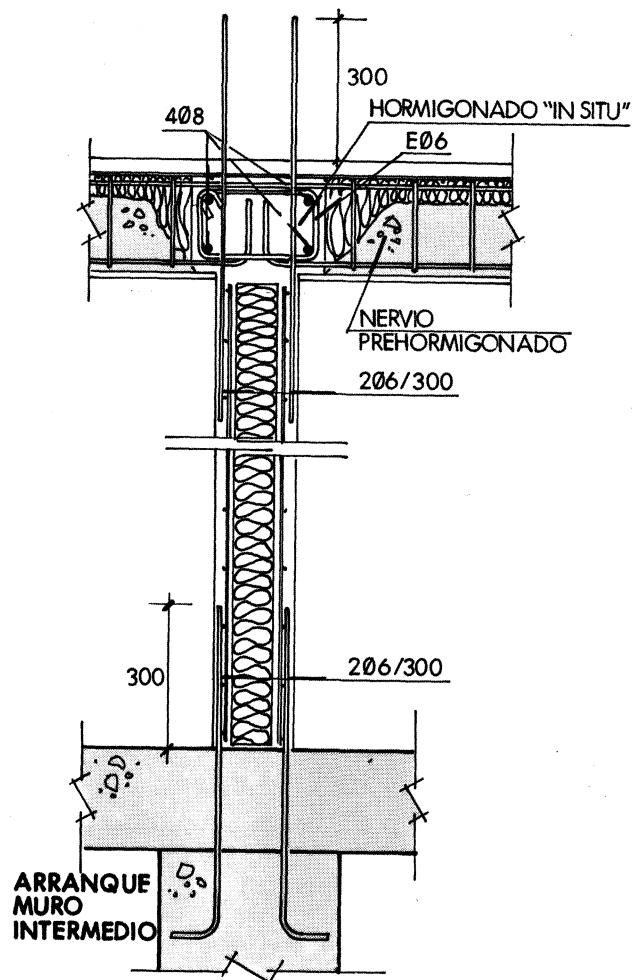


Fig. 6. - Detalle constructivo de muro D-P I intermedio en arranque e intersección con forjado.

simplificada, ya que no están condicionados por aspectos de habitabilidad. En la Figura N.º 5, se presenta un nudo estructural para el panel tipo II, en su unión con el forjado y en la N.º 6 el mismo nudo para el panel tipo I.

Aparte de los detalles anteriores, que podríamos llamar estructurales, existen otros muchos de los que en gran medida, depende la calidad de acabado de la vivienda. Teniendo en cuenta que una vez realizada la estructura, nos encontramos con un edificio que tiene resueltas sus fachadas (tanto exterior como interiormente), los techos (a los que únicamente se aplica el tratamiento de juntas propio de las uniones entre placas de yeso-cartón), y una gran parte de las distribuciones interiores; el resto de elementos que complementan la vivienda pueden ser los habitualmente utilizados, debiendo cuidarse únicamente la adecuación de éstos al soporte que el propio sistema ofrece (así por ejemplo no tiene demasiado sentido realizar guarnecidos de yeso, cuando los paramentos con el microhormigón proyectado, pueden quedar perfectamente maestreados con acabados de fratasado fino o bruñidos.

Dentro de esta adecuación se debe hacer hincapié en los elementos recibidos a los muros tales como precercos de carpintería o placas de anclaje sobre los que se deseen realizar la fijación posterior de marcos, rejas, etc. El anclaje idóneo de estos elementos lo constituyen mallas del mismo tipo o similares a las utilizadas en el armado de los paneles, soldadas a los precercos o placas que se deseen recibir, y atadas a los mallazos del panel antes de la proyección del microhormigón; en el caso de los precercos para puertas o ventanas, conviene dar a estas unidades un elemento multifuncional, que además de actuar como precerco, vaya provisto del mayor número de los elementos necesarios para el remate del muro, tales como: mallazos de solape en jambas, refuerzos de dintel y antepecho, guías para persianas, etc.; el límite de estos elementos, obviamente lo constituiría la incorporación al muro de la carpintería completa, lo que no

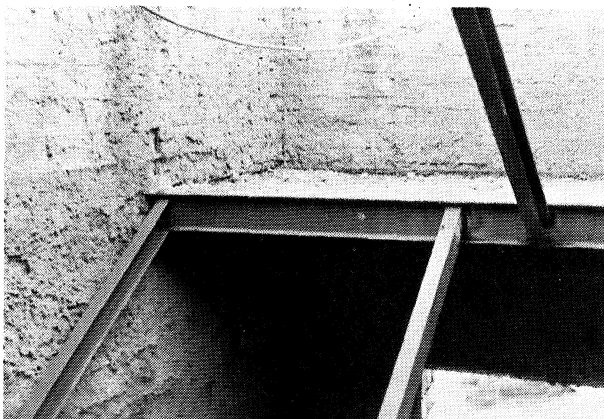


Foto 2. – Marco de perfiles metálicos y zancas para formación de escaleras anclados sobre mallazos de muros.

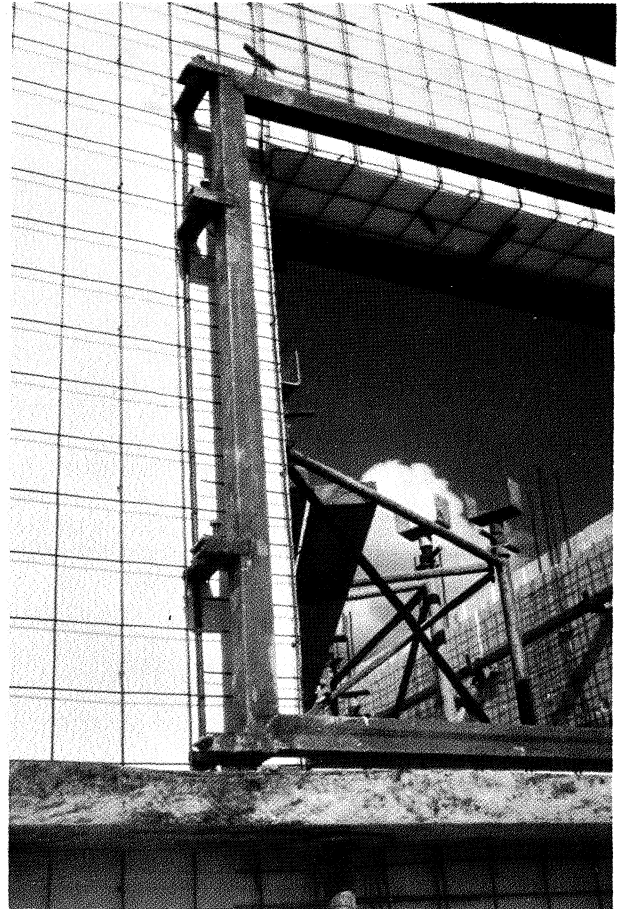


Foto 3. – Util para replanteo y fijación de anclajes para rejas.

ofrece problemas siempre que la misma cuente con la adecuada protección contra el microhormigón (barnices pelables, papel adhesivo, etc.).

La capacidad portante de los muros, vayan o no provistos de pilares, permite la fijación de elementos como escaleras, rejas, tendedores, cierres metálicos, etc. recibidas sobre placas de anclaje como las anteriormente descritas, y soldando los mallazos de esperas al propio elemento, los cuales se atan directamente a las mallas del panel antes de proyectar el microhormigón.

En las fotos N.º 2 y 3, se observan distintas soluciones de elementos incorporados a la estructura.

El último punto a considerar dentro de los detalles constructivos, es el de instalaciones. Las de electricidad se realizan análogamente a las tradicionales, ya que las dimensiones de los tubos y su flexibilidad, permiten el empotramiento de las mismas en el espesor del poliestireno, sin tener que cortar los mallazos de los paneles; en las de fontanería, y debido a la rigidez de los tubos, es posible alojar los ramales de menor diámetro cortando el mallazo para la colocación de éstos, y solapando a continuación una malla atada a ambos lados de la cortada; no obstante, es más interesante la utilización de tabiques técni-

cos, y es obligatorio en aquellos casos en que las instalaciones interfieran con elementos estructurales, sobre todo en muros portantes de Plastbau I, donde las posibles reparaciones darían lugar al corte del panel.

## PUESTA EN OBRA

La concepción del sistema Dragados-Plastbau, como una respuesta industrializada a pequeñas agrupaciones de viviendas, hace que la organización y programación de los distintos tipos, tenga una importancia fundamental en el proceso constructivo. Se parte de planos de ejecución donde se encuentran reflejados todos los paneles a utilizar, y los replanteos exactos de los mismos. Con estos planos se elaboran los paneles necesarios, realizando todos los cortes y cajeados en la misma factoría o taller donde se fabrican éstos; allí se agrupan para su expedición en paquetes heterogéneos, de acuerdo con un programa de ejecución en el que se reflejan las actividades y el avance de la obra día a día.

Las actividades que recogen estos programas para cada vivienda son:

- Replanteo.
- Montaje de muros.
- Proyección 1.ª capa de microhormigón.
- Montaje de placas de forjado.
- Hormigonado de forjado y pilares en el caso del panel Tipo II.
- 2.ª Capa de proyección del microhormigón.

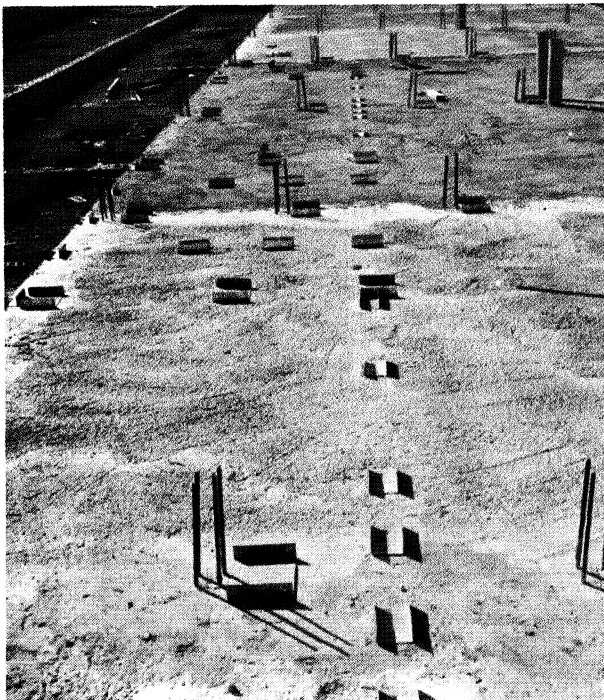


Foto 4. - Replanteo de elementos de fijación sobre forjado.

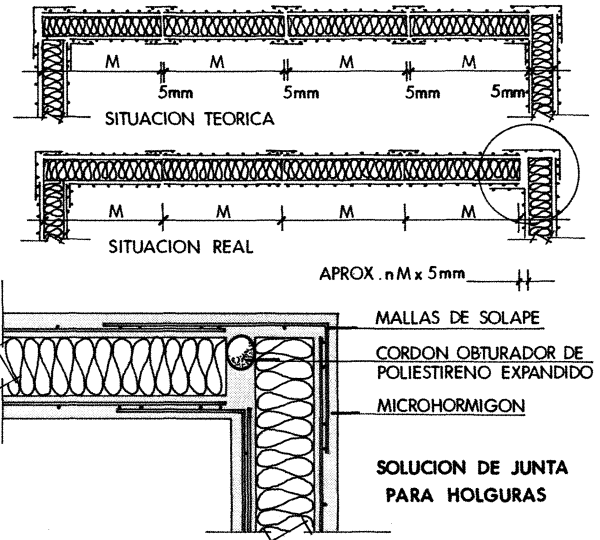


Fig. 7. - Tratamiento de holguras de montaje.



Foto 5. - Sujeción provisional de paneles.

La actividad de replanteo, consiste en señalar referencias claras para cada tipo de panel en su posición de montaje, y el recibido sobre la estructura de los elementos de sujeción provisional del panel (generalmente placas de chapa galvanizada en U). Este replanteo, a su vez, sirve como comprobación de la correcta disposición de los anclajes estructurales previstos (esperas para pilares o muros) Foto N.º 4.

Para evitar los problemas derivados de las holguras necesarias para montaje, es conveniente considerar 5 mm de junta entre paneles y suponer éstas acumuladas en los extremos de los paños. El tratamiento necesario para absorber la holgura total resultante, se realiza en un solo punto, según muestra la Figura N.º 7.

Los paquetes de paneles correspondientes a cada zona, son repartidos sobre la zona de forjado ya replanteada. Cada panel se coloca a mano, realizando una sujeción provisional mediante el atado de las mallas a las U de chapa fijas sobre forjado (Foto N.º 5). En el caso de paneles tipo Plastbau II, previamente a su fijación, se introducen las armaduras de los pilares en los

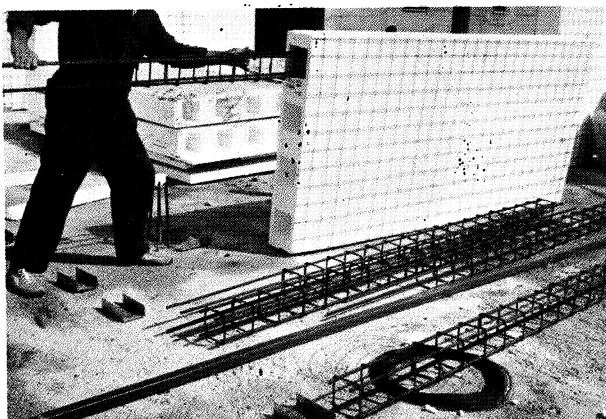


Foto 6. – Colocación de armaduras de pilares en paneles D-P.II.

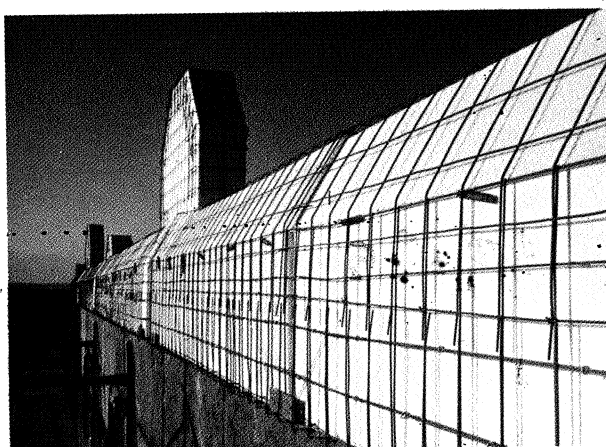


Foto 7. – Mallas de solape colocados sobre remates de cubierta de paneles D-P.I.

alveolos del panel, atándose estas armaduras a las esperas dispuestas en el forjado (Foto N.º 6). Los paneles se cosen entre sí mediante mallas de solape bien rectos, o en ángulo, adaptándose a las distintas configuraciones de los muros (Foto N.º 7). Una vez unido todo el conjunto, se procede al aplomado y nivelación de los muros mediante puntales, reglas y elementos auxiliares dispuestos a tal efecto, e igualmente se colocan los precerros y los mallas de refuerzos necesarios en dinteles, jambas, etc. (Fig. N.º 8). Las instalaciones que vayan empotradas en los paneles se colocan en rozas abiertas en el poliestireno con pistolas de aire caliente, quedando el conjunto de los muros listo para recibir la proyección de la 1.ª capa de microhormigón. La proyección de esta 1.ª capa (Foto N.º 8) dependerá en gran medida de la destreza del operario, la tixotropía del microhormigón utilizado y las circunstancias climatológicas. En función de estos condicionantes habrá que establecer un sistema operativo en el que el óptimo a conseguir sea la proyección de 12/15 mm de espesor de microhormigón en una sola pasada, y sin ningún tipo de repasos, consiguiendo que la fluidez del mismo sea la justa para permitir el perfecto relleno del espacio entre el poliestireno y las mallas. Sin embargo, uno de los problemas más frecuentes

es el descuelgue del microhormigón, generalmente debido a un exceso de humedad en la cara del poliestireno, especialmente a primeras horas de la mañana, por condensación del vapor de agua sobre la superficie de éste, o en épocas de lluvia. La solución más acertada en estos casos es realizar una primera proyección de 2 a 3 mm de espesor, con un microhormigón muy fluido y con un alto contenido de cemento (más de 760 kg/m<sup>3</sup>). Esta capa permite, en el transcurso de una o dos horas, realizar la proyección, ya con el material convencional, del espesor necesario para cubrir las mallas de forma adecuada. Cuando por las características de la mezcla, o por una inadecuada proyección, la superficie del microhormigón, presenta irregularidades en espesor que sobrepasen los límites de 12/15 mm señalados, el exceso deberá retirarse mediante un regleado.

La colocación de las placas de forjado Cádiz, se realiza sopandando éstos en los dos extremos y en el centro del vano (Foto N.º 9). La fabricación de estas placas se ejecuta a pie de obra, en bandadas dispuestas a tal efecto y según planos y programas específicos para realizar estas operaciones en el orden necesario de montaje. Para

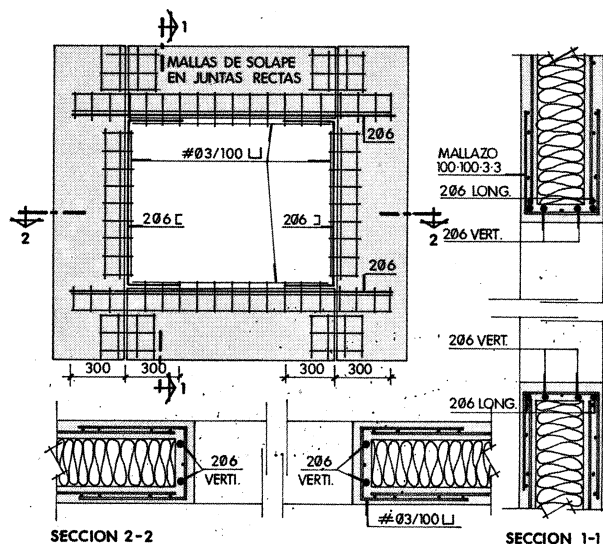


Fig. 8. – Mallas de solape y refuerzo en huecos.

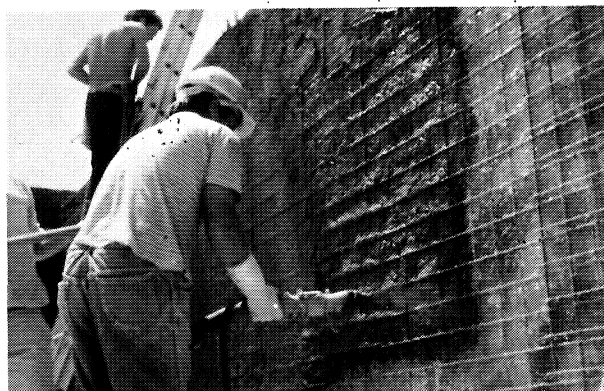


Foto 8. – Proyección de microhormigón en primera capa.

su fabricación se colocan las placas de yeso-cartón sobre las bancadas (Foto N.º 10) y se procede al pegado de las bovedillas de poliestireno expandido, colocando entre éstas las

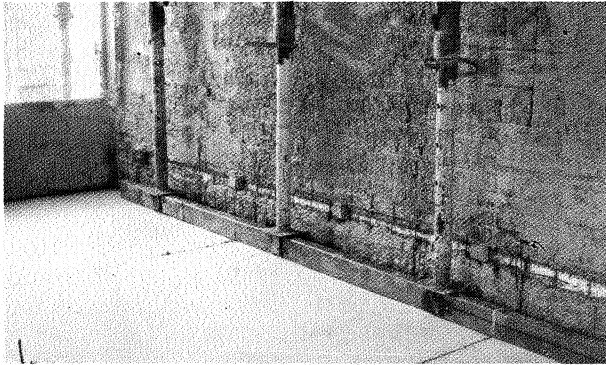


Foto 9. – Sopanda de paneles de forjado.

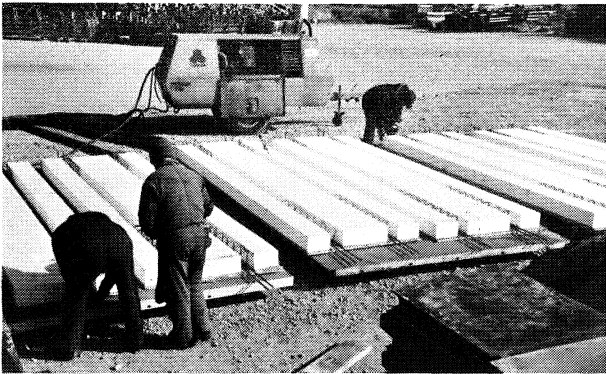


Foto 10. – Fabricación de placas de forjado Cádiz.



Foto 11. – Hormigonado capa de compresión.

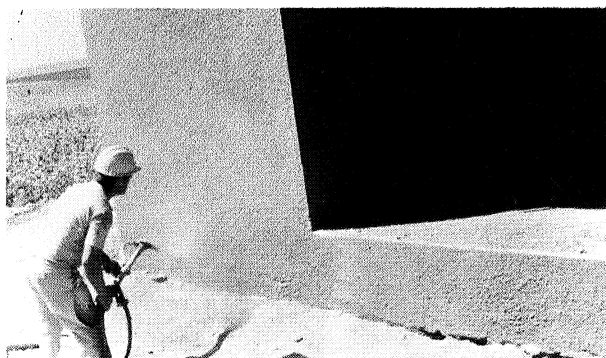


Foto 12. – Proyección acabado a la tirolesa.

armaduras de los nervios; posteriormente, se hormigonan éstos. La utilización de cemento ARI en proporciones altas con baja relación agua/cemento en el hormigón de los nervios, unido a una protección isoterma por la cara exterior, permite en circunstancias climatológicas normales, el movimiento de las placas al día siguiente de la fabricación. La adherencia placa de yeso hormigón, se encuentra garantizada por el monolitismo del conjunto bovedilla-yeso cartón-hormigón. No obstante, en ambientes con mucho polvo, hormigones con fuertes retracciones o frente al peligro de lluvias intensas durante la construcción, conviene disponer anclajes atornillados a las placas, para evitar el desprendimiento de éstas.

Una vez colocados los paneles de forjado en su posición definitiva, se complementa con las armaduras de vigas, zunchos, negativos y mallas de reparto necesarias para posteriormente hormigonar estos elementos, junto con la capa de compresión. Cuando existen pilares éstos se hormigonan previamente a los forjados y siempre por tongadas; en caso de hormigonar éstos conjuntamente con el forjado, es necesaria la utilización del hormigón prescrito para ellos en todos los elementos de éste (Foto N.º 11).

Transcurridos un mínimo de 7 días desde que se realizó la primera capa microhormigón, se procede a la proyección de la segunda, hasta alcanzar el espesor de recubrimiento marcado para cada zona. El acabado idóneo de esta capa es una tirolesa que la propia máquina, provista de una boquilla especial realiza (Foto N.º 12). No obstante, cualquiera de las terminaciones realizadas sobre enfoscados, son susceptibles de ejecutar.

El resto de operaciones, alicatados, solados, pinturas, etc. se realiza de forma análoga a cualquier sistema tradicional.

## MEDIOS AUXILIARES

Si exceptuamos la necesidad de una pequeña grúa torre para montaje de placas de forjado en edificios de altura, la maquinaria necesaria para la ejecución de obras con el sistema Dragados-Plastbau es prácticamente inexistente; no así los medios auxiliares, andamios, puntales, etc. que deben ser cuidadosamente diseñados para conseguir los rendimientos deseados y que varían en función del edificio a construir.

Edificios de una planta con cubiertas ligeras o de Plastbau I, se pueden realizar con un mínimo de medios, utilizando, además de la máquina de proyección, puntales, sopandas y borriquetas para andamios. En una obra como las 50 Viviendas de las Cabezas de San Juan, el utillaje debió de ser más estudiado, para optimizar los tiempos



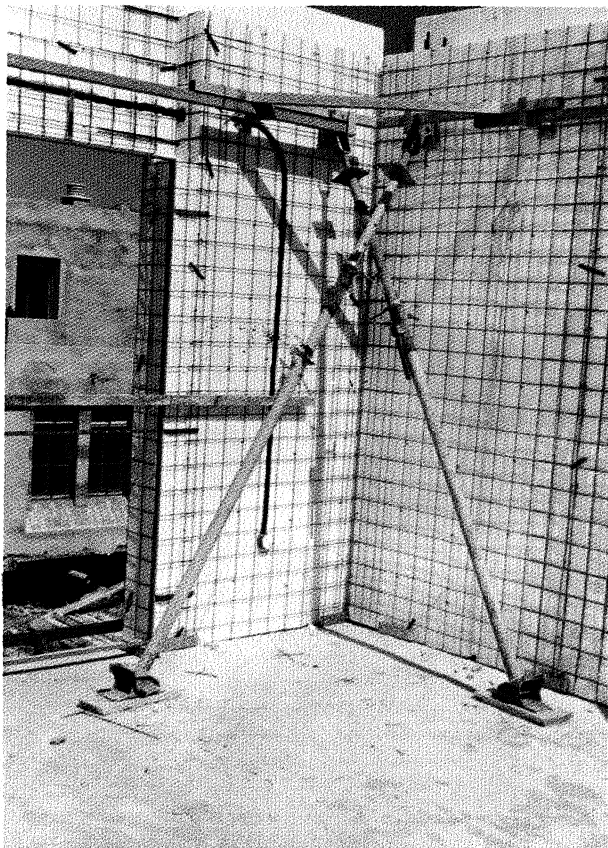


Foto 13. – Reglas y puntales de nivelación y aplomado.

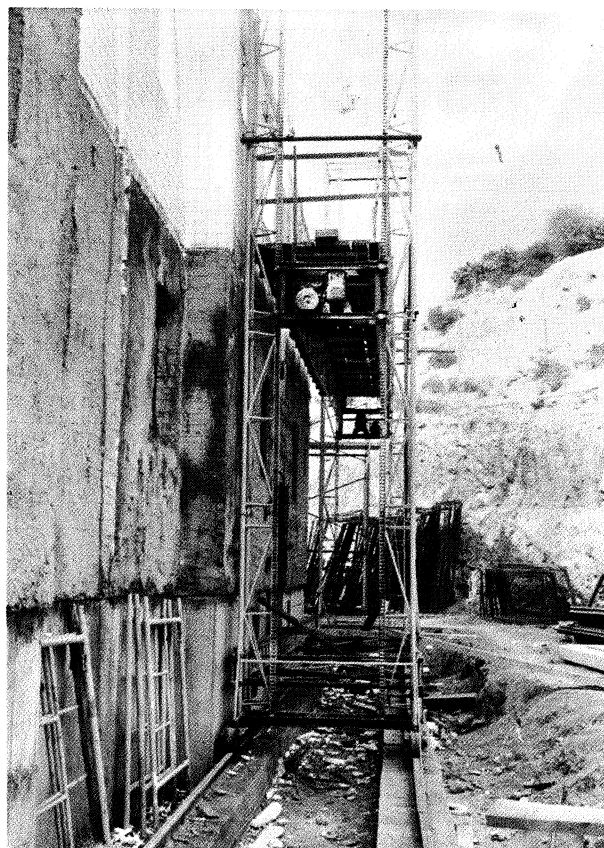


Foto 14. – Plataforma elevadora tipo PIAT.

de montaje, sobre todo en las operaciones de nivelación y aplomado de muros, así se estudiaron varias soluciones de puntales combinados con reglas que permitieran un fácil aplomado y nivelación (Foto N.º 13). En esta obra que era de dos alturas, se resolvió el problema de los andamios montando éstos sobre camiones, lo que les confería una gran movilidad. Por último, para obras en altura, han demostrado su utilidad platafor-

mas elevadoras de dos torres, que montadas sobre railes, permiten el movimiento a lo largo de la fachada y en vertical, siendo auto-estables para alturas inferiores a 11 m (Foto N.º 14).

Actualmente se está trabajando en el diseño de puntales especiales que permitan tanto el nivelado y aplomado de los muros Plastbau, como el apeo de los forjados del tipo Cádiz.

\* \* \*