

LOSAS POSTESADAS EN LA NUEVA ESCUELA DE ARTES Y DISEÑO DE ZARAGOZA

Miguel ORTEGA CORNEJO

Ingeniero de Caminos

IDEAM S.A.

Jefe de Proyectos

miguel.ortega@ideam.es

Luis MATUTE RUBIO

Ingeniero de Caminos

IDEAM S.A.

Director General

luis.matute@ideam.es

Juan José LASO DE LA RIVA

Ingeniero de Caminos

IDEAM S.A.

Ingeniero Projectista

juanjose.laso@ideam.es

Resumen

Los nuevos edificios de las Escuelas de Artes y la Escuela Superior de Diseño de Zaragoza, se componen de una serie modular de bloques rectangulares unidos todos ellos a nivel de cimentación, y a nivel de planta baja.

La estructura de cada bloque de 14.8 por 34.8 m se ha diseñado siguiendo los criterios dictados por los arquitectos de permitir una gran polivalencia de cambios en la modulación de las aulas y despachos, creando grandes zonas diáfanas de unos 230 m² sin pilares. De esta manera cada modulo se compone de 4 alineaciones de pilares con unas luces principales de 15.6+3.3+15.6 m en una dirección y de 4.75+5.3+4.75 m en la otra. En el sentido de mayor luz los forjados de 38 cm de espesor son losas postesadas, mediante el empleo de vainas planas de 4 torones de ϕ 0.6".

En el artículo se describen las singularidades estructurales de las citadas Escuelas, así como los detalles del proceso constructivo de las mismas.

Palabras Clave: Losas postesadas, vainas planas, grandes luces, proceso constructivo, descimbrado y reapuntalamiento de forjados.

1. Descripción geométrica de los edificios

Las nuevas Escuela de Artes y Escuela Superior de Diseño de Zaragoza, se componen de una serie de edificios proyectados por el Estudio de Arquitectura Sicilia y Asociados, de los que IDEAM ha realizado el proyecto y asistencia Técnica a la Dirección de Obra de la estructura.

El conjunto de la actuación se compone de cuatro edificios:

- La Escuela de Artes
- La Escuela Superior de Diseño
- El Edificio Gimnasio
- El Edificio de Usos Comunes

Todos los edificios se localizan en un solar alargado de aproximadamente 265 m de largo por 40 m de ancho, creando una alineación cuasi-recta en planta, dentro del local definido por las calles Avda de Ranillas, Gertrudis Gómez de avellaneda y María Zambrano de Zaragoza. La superficie total edificada es de aproximadamente 30.000 m². En la figura 1 se muestra la planta de cimentación de todos los edificios.

De izquierda a derecha, o lo que es lo mismo de oeste a este (Figs. 1 y 2) se localiza el Gimnasio, primer módulo casi perpendicular al resto, seguidamente los 5 módulos de la Escuela de Artes, los dos módulos de la Escuela de Diseño, y el módulo final del Edificio Multiusos o de Usos Comunes. La figura 2 muestra la planta baja de todos los edificios. Los edificios más singulares son los módulos postesados de las Escuelas de Artes y de Diseño, así como el Gimnasio, con forjados con grandes luces.

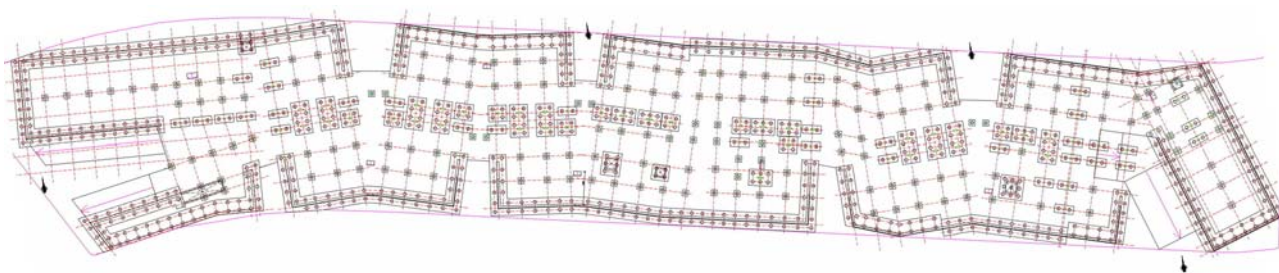


Fig. 1: Vista en planta de la cimentación de las Escuelas de Artes y de Diseño

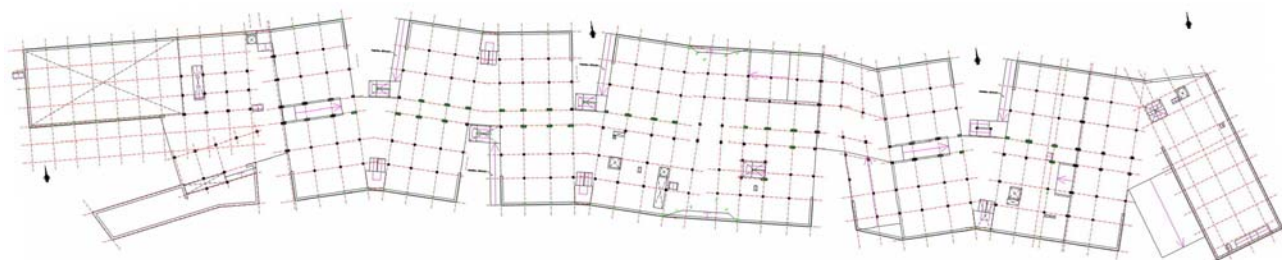


Fig. 2: Vista de la planta baja de las Escuelas de Artes y de Diseño

2. Edificios de las Escuelas de Artes y de Diseño

El edificio de la Escuela Superior de Diseño, está compuesto por dos módulos (Fig. 3) tiene un sótano bajo rasante, planta baja, tres plantas sobre el nivel de la calle, más la cubierta a nivel de planta 4. Cada módulo tiene unas dimensiones en planta rectangulares de 14.8 por 34.8 m. Los dos módulos están unidos en el sótano y planta baja por el oeste con la Escuela de Artes y por el este con el Edificio de Usos Comunes (Figs. 1 y 2).

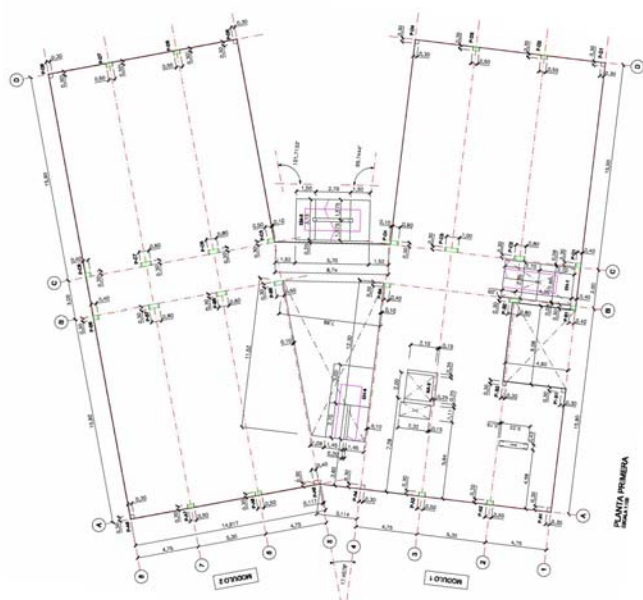


Fig. 3: Vista de la planta primera de la Escuela de Diseño

El edificio de la Escuela de Artes se compone de 5 módulos (Fig. 4) de 14.8 por 34.8 m de dimensión en planta cada uno y se compone de un sótano bajo rasante, planta baja, dos plantas sobre el nivel de la calle, más la cubierta a nivel de planta 3. Los módulos del edificio están unidos en los niveles del sótano y de la planta baja con la Escuela de Diseño por el este y con el Gimnasio por el oeste (Figs. 1 y 2).

Por cuestiones de posibles futuras ampliaciones de la Escuela de Artes, siguiendo los criterios de la propiedad y de los arquitectos proyectistas se han dimensionado los elementos verticales de la Escuela de Artes en previsión de una posible planta más.

El sótano de las dos escuelas se destina a aparcamientos, mientras que las plantas superiores se destinan a alojar las aulas y despachos de la Escuela Superior de Diseño y la escuela de artes de Zaragoza.

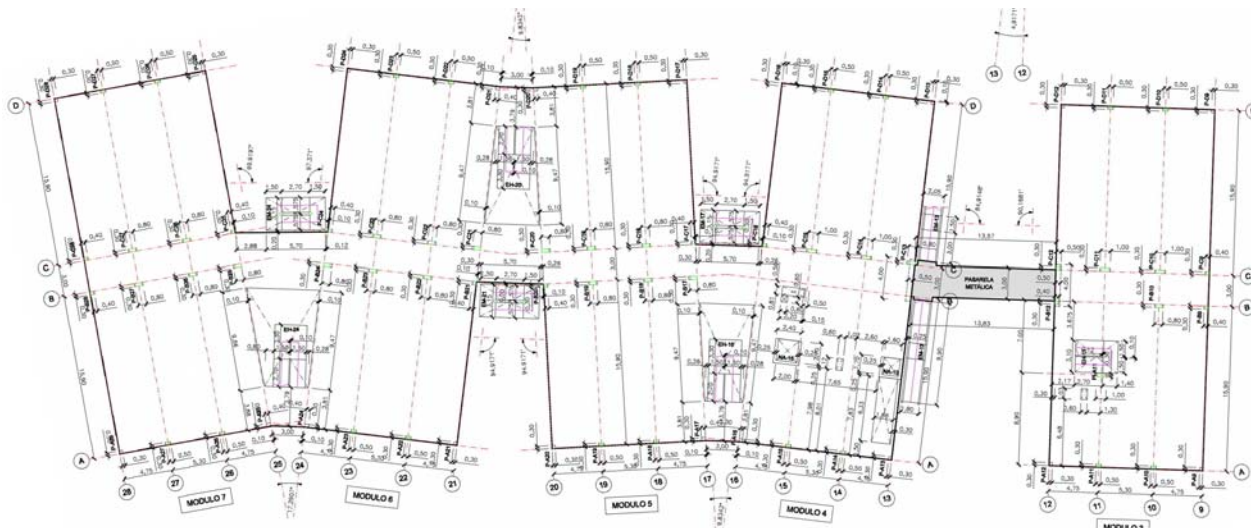


Fig. 4: Vista de la planta primera de la Escuela de Artes

El forjado de la planta baja de todos los edificios es una losa maciza de hormigón armado de 28 cm de espesor con luces menores de 6 m (Figs. 2 y 5). Parte de los pilares de las Escuelas de Artes y Diseño, mueren en la planta baja, y sólo suben hacia arriba 4 pilares en cada alineación extrema de los módulos rectangulares y dos alineaciones de 4 pilares coincidiendo con los pasillos centrales de comunicación de módulos. Así cada módulo de 515 m² en planta sólo se sustentará por dos alineaciones de 4 pilares en las caras cortas laterales más dos filas de 4 pilares centrales en el pasillo, dejando dos grandes zonas destinadas a aulas de unos 230 m² diáfanos sin pilares. (Figs. 3 y 4)

De esta manera las plantas 1, 2, 3, y cubierta de la Escuela de Diseño, y las plantas 1, 2 y cubierta de la Escuela de Artes, presentan unas luces en la dirección larga de los módulos rectangulares de 15.6+3.3+15.6 (Fig. 5) entre ejes de pilares, y unas luces en la dirección corta de 4.75+5.3+4.75 m. (Figs. 3 y 4)



Fig. 5: Vista de uno de los módulos de la Escuela de Artes durante su ejecución

La figura 5 muestra una vista de uno de los módulos de la Escuela de Artes durante su ejecución, donde se aprecia el nivel inferior de cimentación (sótano), los pilares con luces moderadas menores de 6 m sobre los que se apoya la planta baja, y los forjados de los niveles 1, 2 y cubierta, con las luces de 15.6+3.3+15.6 m.

Las grandes luces de los módulos en la dirección principal (mayores de 15 m) obligada por el criterio arquitectónico de permitir una gran polivalencia de cambios en la modulación de las aulas y despachos de las dos Escuelas, materializando grandes zonas diáfanas de unos 230 m² sin pilares, obligan a plantear forjados no convencionales.

3. Losas postesadas

La solución elegida para minimizar los cantos de los forjados, cuestión obligada para lograr la mayor altura libre entre las plantas, fue la de plantear una solución mediante losas de hormigón postesadas, con un canto total de 38 cm, lo que supone una relación de esbeltez canto/luz de 1/41. El postesado se plantea en la dirección larga de cada módulo, con 15.6 m de luz máxima, mientras que en la dirección corta las losas son armadas, al ser luces en el entorno de los 5m.

En algunos de los casos aparecen módulos especiales con núcleos de ascensores o escaleras que parten la luz de 15.6 m en vanos más cortos, lo que obliga a modificar el postesado tipo, dejando medio módulo armado en ambas direcciones.

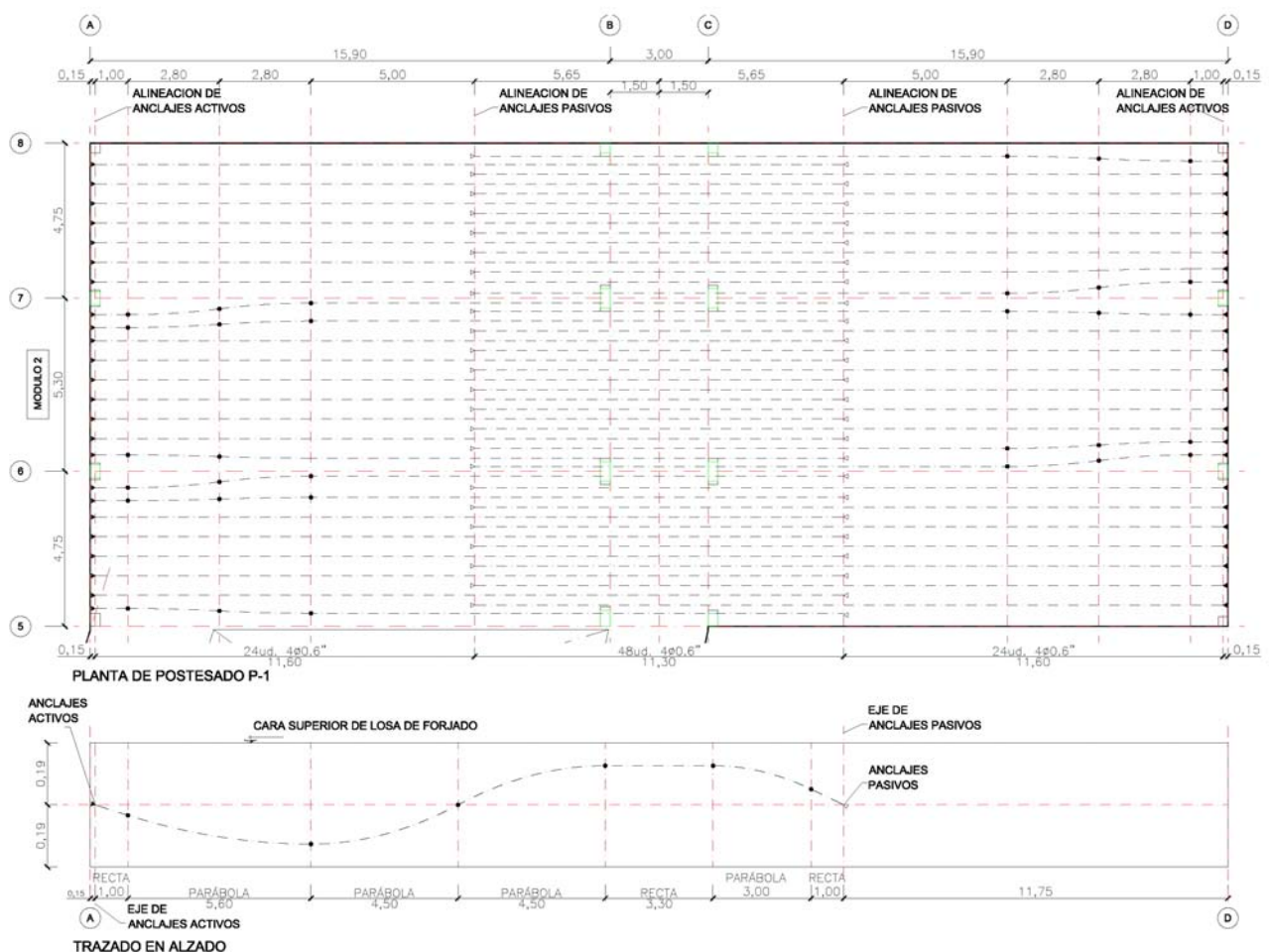


Fig. 6: Planta tipo del postesado de uno de los módulos de la Escuela de Diseño, y trazado en alzado de una unidad de pretensado

En la figura 6 se detalla la planta del postesado de un módulo tipo de la Escuela de Diseño, con dos familias de 24 unidades de 4 torones de ϕ 0.6", con un área de 1.4 cm² por torón. Las vainas son vainas planas de 75 mm de ancho por 21 mm de canto. La separación de unidades es de aproximadamente 60 cm en las zonas de positivos, mientras que en la zona de negativos las dos familias se cruzan quedando una distribución de vainas a unos 30 cm.

En la figura 6 se detalla además el trazado tipo de una unidad de pretensado con forma parabólica adaptándose a las leyes de momentos flectores de las cargas gravitatorias. Cada familia tiene anclajes activos en el extremo del módulo y anclajes pasivos a 4.5 m del pilar central del pasillo (Figs. 7a y 7b).



Figs. 7a y 7b: Detalle de anclajes activos en el extremo del módulo y de anclajes pasivos en el interior de la losa del forjado

El postesado de la losa de cada módulo es eficaz en nuestro caso tanto en los esfuerzos isostáticos como a los hiperestáticos de pretensado, ya que la rigidez de los pilares de los extremos de los módulos es muy pequeña y permite, sin asumir prácticamente esfuerzos cortantes significativos que se opongan a las fuerzas del tesado, desarrollar los movimientos longitudinales de acortamiento elástico inducidos por el tesado de las losas.

En otros casos de edificios con pantallas pilares muy rígidos los efectos de los esfuerzos isostáticos del pretensado pueden quedar parcial o totalmente anulados, al estar muy coaccionado el forjado por los elementos verticales rígidos, siendo exclusivamente eficaz los esfuerzos hiperestáticos de pretensado.

El proceso de ejecución seguido en la losa de un módulo pretensado tipo es el siguiente. En primer lugar se cimbra, se encofra, se colocan los separadores inferiores, y se dispone la malla de ferralla pasiva inferior. Esta malla ya viene prefabricada en módulos de taller (Fig. 8a).

Posteriormente se colocan los pates que servirán para el replanteo de las unidades del pretensado. Es necesario que se disponga al menos un pate por cada unidad de pretensado y por cada metro para así poder garantizar el correcto replanteo del trazado en alzado de la unidad de pretensado (Fig. 8b).



Figs. 8a y 8b: Ferrallado de malla de acero pasivo inferior, y replanteo de pates y vainas de pretensado

Concluido el replanteo del trazado del pretensado, se enfilan los torones de cada unidad, se colocan los anclajes activos en el extremo a tesar y los anclajes pasivos en el interior de los módulos, junto con sus refuerzos de armaduras pasivas tras los anclajes (Fig. 7a y 7b).

Posteriormente se colocan los refuerzos de acero pasivo en zonas de zunchos perimetrales extremos, así como los refuerzos de punzonamiento en zonas de pilares, y se realiza el ferrallado superior de la losa, dejando el módulo preparado para el hormigonado (Fig. 9).



Fig 9 : Vista de un módulo ferrallado con el pretensado dispuesto para el hormigonado

Una vez hormigonada la losa y adquirida la resistencia necesaria, se realiza el tesado de las unidades de pretensado se mediante el empleo de gatos unifilares (Fig. 10a), dejando la losa tesada (Fig. 10b), preparada para continuar con el proceso constructivo de la siguiente planta.



Figs. 10a y 10b: Vista durante le tesado de una unidad con gato unifilar, y vista de los anclajes en el extremo de una losa una vez hormigonada y tesada la planta.

4. Descripción del proceso constructivo

El proceso constructivo en los edificios de las Escuelas de Artes y la Escuela Superior de Diseño ha sido el siguiente.

En primer lugar se ejecutan las cimentaciones y los muros perimetrales de sótano, para lo cual se realiza la excavación del solar hasta cota inferior de encepados y soleras y proceder a realizar la cimentación profunda mediante pilotes para muros perimetrales, y para los pilares interiores del recinto.

Concluidos los pilotes se ejecutan los encepados de muros perimetrales y encepados de pilares interiores, para proceder a ejecutar la solera de sótano arriostrando encepados de muros perimetrales y encepados de pilares interiores.

En las figuras 11a y 11b se aprecian las labores de hinca mediante el empleo de pilotes prefabricados de hormigón pretensado en las cimentaciones de muros perimetrales y de pilares del interior del recinto que componen los edificios del conjunto de la actuación.

Concluidas las cimentaciones se ejecutan los alzados de muros perimetrales, y de pilares sobre planta sótano, hasta planta baja, dejando los muros arriostrados en cabeza y a nivel inferior por la solera del sótano. Concluida dicha planta se realiza el relleno del trasdos de los muros.



Figs. 11a y 11b: Detalle de ejecución de cimentaciones mediante pilotes prefabricados hincados, y de ejecución de encepados de pilares y muros perimetrales

La ejecución de los forjados de planta baja y los sucesivos niveles se realizan siguiendo el proceso de cimbrados y reapuntalamientos siguiente.

En primer lugar se realiza el cimbrado ferrallado y hormigonado de losa de planta baja, descimbrándola cuando el hormigón tiene una resistencia característica de al menos 25 N/mm^2 .

Los puntales que componen la cimbra de la planta baja es necesario que tengan una capacidad de carga equivalentes al peso propio de la P-1 completa, de 0.38 m de espesor (950 kp/m^2), más las cargas de los puntales y cimbra, más una cierta sobrecarga de trabajo.

Posteriormente se realiza el cimbrado y ferrallado de la losa de planta P-1, pero sin hormigonarla. Previo al hormigonado de la planta P-1, es necesario que la planta baja tenga su resistencia característica (35 N/mm^2), se haya descimbrado (aflojando por completo todos los husillos de la cimbra para ponerla en carga, pero sin haber retirado los puntales), y se haya reapuntalado apretando los puntales sobre el sótano que sirven de apoyo de la planta baja.

Una vez que la planta baja se ha descimbrado y posteriormente se haya reapuntalado completamente, apretando todos los husillos, y verificando el contacto entre puntales y forjado, se puede hormigonar la P-1. De esta manera el peso de la planta 1 se repartirá entre la planta baja y el nivel inferior del sótano.

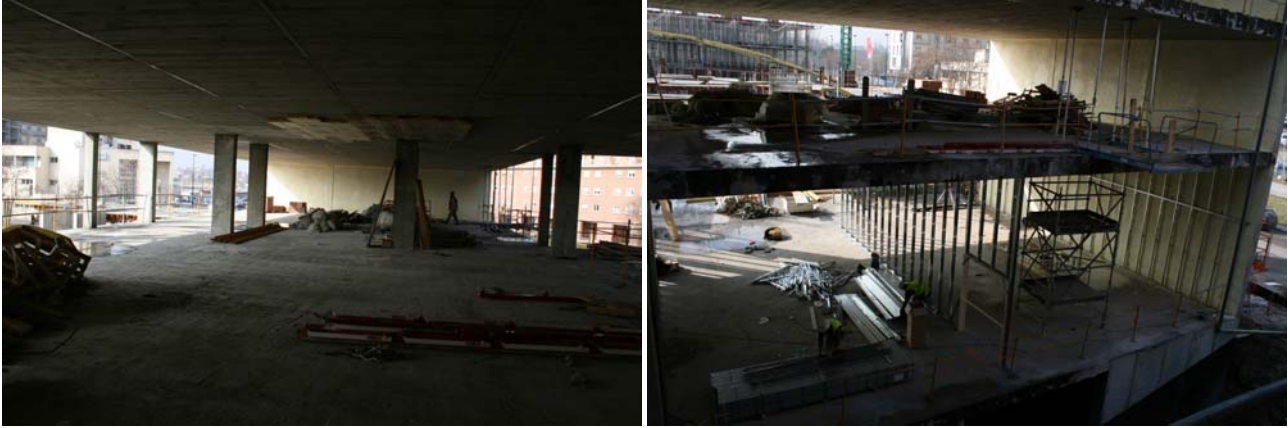
Este proceso de cimbrado, ferrallado, hormigonado, tesado, descimbrado y reapuntalamiento es necesario realizarlo, llevando siempre una planta cimbrada y otra reapuntalada, ya que una planta tipo postesada de 0.38 m de espesor, no es capaz de resistir desapeada su peso propio (950 kp/m^2) más el peso propio de la superior cimbrada sobre esta (otros 950 kp/m^2 , carga mayor que las cargas muertas y las sobrecargas de usos juntas = 550 kp/m^2 en el peor de los casos).



Figs. 12a y 12b: Cimbrado de una planta mediante el empleo de mesas de encofrado móviles, y vista del proceso de cimbrado de una planta con otra reapuntalada.

Este proceso de cimbrado, descimbrado y reapuntalamiento se repite planta a planta hasta concluir el edificio (Figs. 12a y 12b). Las operaciones de cimbrado de módulos se realizaron mediante el empleo de mesas de encofrado (Fig. 12a) aprovechando las mesas para desplazarlas entre módulos adyacentes contruidos decalados en el tiempo.

En las figuras 13a y 13 b se pueden apreciar las plantas ya descimbradas con apenas dos alineaciones de pilares interiores coincidiendo con los pasillos centrales dejando dos grandes zonas de 230 m² diáfanas sin pilares.



Figs. 13a y 13b: Vista de las plantas descimbradas con grandes zonas diáfanas sin pilares

5. Gimnasio

El edificio del Gimnasio aloja dos pistas polideportivas, una en el sótano entre los muros perimetrales (Fig. 14), y otra a nivel de la planta primera. El edificio tiene un sótano, planta baja, más planta primera, y está unido por el Este con la Escuela de Artes por el sótano y la Planta Baja (Figs. 1 y 2).



Fig. 14: Vista de la zona diáfana del sótano del gimnasio entre los muros perimetrales para alojar una pista polideportiva

El sótano y la planta baja del Gimnasio tienen la misma tipología que en las escuelas de Artes y de Diseño, y su planta más singular es la primera. La planta primera del Gimnasio, destinada a alojar una pista polideportiva, es un rectángulo de 45 por 23 m aproximadamente, que se sustenta únicamente en dos alineaciones de pilares, con vano con una luz de 15.65 m entre pilares, y un gran voladizo de 7.25 m (Figs. 15y 16). Esta losa con el gran vuelo se resuelve también mediante una losa postesada (Fig. 16) en la dirección del voladizo de 38 cm de canto de una manera similar a las losas de los edificios de las Escuelas de Artes y de Diseño.

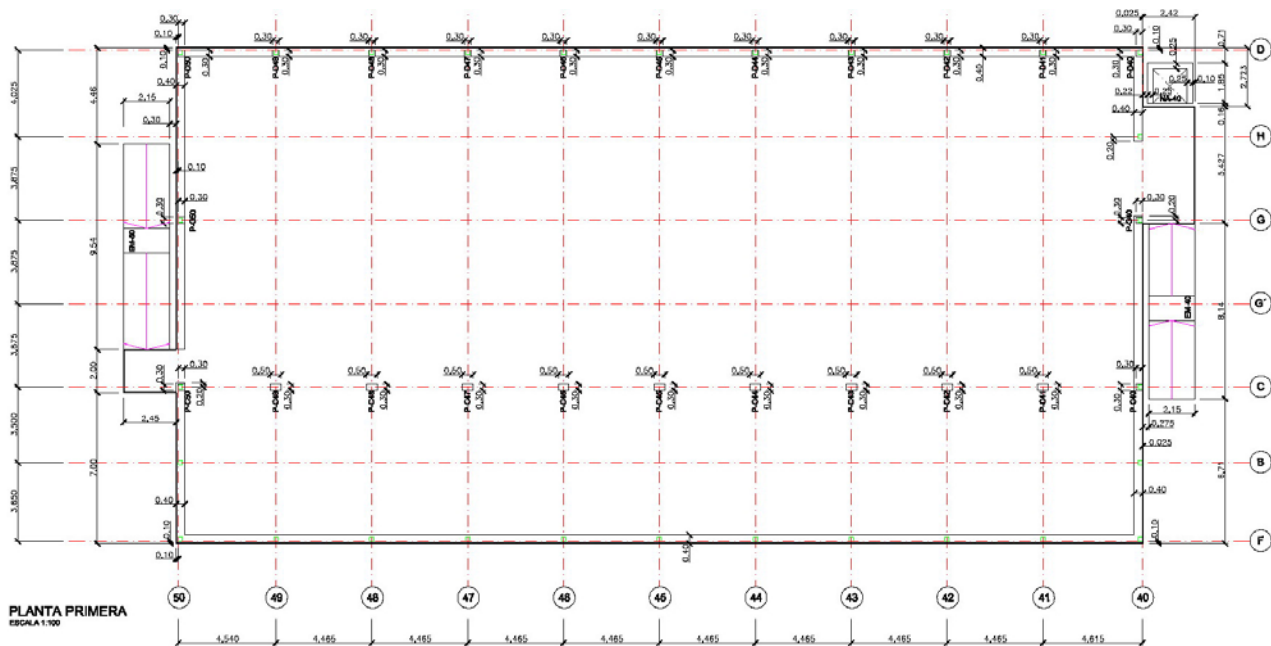


Fig. 15: Vista de la planta primera del Gimnasio



Fig. 16: Vista de la planta primera del Gimnasio durante las labores de ferrallado y colocación de vainas de pretensado

6. Principales participantes en el proyecto de las Escuelas de Artes y de Diseño de Zaragoza.

Promotor: Suelo y Vivienda de Aragón

Arquitectos: Sicilia y Asociados Arquitectura S.L.: Joaquín Sicilia, Pilar Cenis, Santiago Elía

Proyecto de la Estructura y Asistencia Técnica a la Dirección de Obra:

IDEAM: Miguel Ortega, Luis Matute, Juan José Laso.

Constructor: UTE FCC Construcción-Marcor Ebro

Pretensado: BBR