



SISTEMAS PREFABRICADOS DE HORMIGON ARMADO

1- RESEÑA HISTORICA Y ESTADO DEL ARTE DEL HORMIGON PREFABRICADO:

El uso de hormigón prefabricado se remonta a la época romana, cuando se utilizaban bloques de concreto para la construcción de acueductos, puentes y otros proyectos de infraestructura. Sin embargo, el uso moderno de hormigón prefabricado comenzó en el siglo XIX, cuando los arquitectos comenzaron a experimentar con la creación de elementos prefabricados, como columnas y paneles de pared, para la construcción de edificios.

A principios del siglo XX, se popularizó en los Estados Unidos y Europa, especialmente después de la Segunda Guerra Mundial, cuando se necesitaba una construcción rápida y económica para la reconstrucción de ciudades devastadas. El uso de elementos prefabricados permitió una construcción más rápida, ya que los elementos se podían producir en una fábrica y luego transportar al sitio de construcción para su montaje.

En las décadas de 1950 y 1960, el hormigón prefabricado se convirtió en un material popular para la construcción de viviendas y edificios de oficinas, especialmente en Europa y América del Norte. Los avances en la tecnología de la construcción y los nuevos métodos de diseño y fabricación permitieron la creación de elementos prefabricados cada vez más complejos y sofisticados, como losas de techo, vigas y paneles de fachada.

En las últimas décadas, el hormigón prefabricado ha seguido evolucionando y se ha convertido en un material de construcción aún más versátil. Las nuevas técnicas de diseño y fabricación permiten la creación de elementos prefabricados curvos, estructuras de gran altura y formas complejas, y se están utilizando cada vez más en proyectos de infraestructura, como puentes y túneles.

Hoy en día, el hormigón prefabricado sigue siendo un material popular para la construcción debido a su durabilidad, resistencia y versatilidad. Su uso se ha expandido a nivel mundial, y se utiliza en una amplia variedad de proyectos de arquitectura e ingeniería, desde pequeñas viviendas hasta grandes edificios de oficinas e infraestructura de gran escala.

2- CONTEXTO LOCAL:

En Argentina, el uso de hormigón prefabricado ha tenido un crecimiento significativo en las últimas décadas, aunque todavía está en una etapa de desarrollo. Actualmente, la mayoría de los elementos prefabricados se utilizan en la construcción de viviendas y edificios de hasta cuatro pisos, aunque también se utilizan en proyectos de infraestructura.

Reglamentos de aplicación:

En lo que respecta a reglamentaciones locales en el CIRSOC 201 se especifican tolerancias dimensionales, parámetros de resistencia, cuantías mínimas, entre otras recomendaciones.

A su vez se toman de referencia los estudios realizados en otros países en los cuales la evolución de los estudios sobre el sistema se encuentra más avanzada. Entre asociaciones dedicadas a fomentar el uso de sistemas de hormigón prefabricado e institutos de reglamentación e investigación encontramos los siguientes:

- ANDECE (Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón) en España.
- PCI (Precast Concrete Institute) en los Estado Unidos.
- CPCI (Canadian Precast Concrete Institute) en Canadá.
- ANIPPAC (Asociación Nacional de Industriales del Presfuerzo y la Prefabricación) en México.

Si bien estas organizaciones responden a contextos diferentes al nuestro, es importante conocerlas ya que muchos avances de este tipo de tecnologías surgen de los estudios y experimentaciones que se generan en todo el mundo.

Córdoba y su relación con la industria del hormigón prefabricado:

- Ubicación geográfica:
Córdoba se encuentra en una posición central dentro del territorio Argentino, esto la hace una ubicación estratégica para la producción y distribución de materiales de construcción a nivel nacional.
- Historia de la industria de la construcción:
La provincia de Córdoba tiene una larga tradición en la producción de materiales de construcción y en la construcción en general, lo que ha permitido que se desarrolle una industria sólida y con una amplia experiencia en la fabricación de premoldeados de hormigón.
- Infraestructura y tecnología:
La provincia de Córdoba cuenta con una buena infraestructura de transporte y comunicaciones, lo que facilita la distribución de los productos a nivel nacional. Además, las empresas productoras de premoldeados de hormigón en la provincia han invertido en tecnología de vanguardia para mejorar la calidad y eficiencia en la fabricación de sus productos.
- Demanda del mercado:
La provincia de Córdoba cuenta con una gran cantidad de proyectos de construcción en curso y en planificación, tanto en el sector público como privado, lo que ha generado una alta demanda de materiales de construcción, incluyendo los premoldeados de hormigón. Esta demanda ha incentivado a las empresas productoras a aumentar su capacidad de producción y a mejorar la calidad de sus productos para competir en el mercado.

3- HORMIGON PREFABRICADO vs HORMIGON IN SITU

- **Reducción de los tiempos de obra:**

La producción de elementos prefabricados de hormigón en una planta permite reducir significativamente el tiempo final de la obra, ya que los elementos pueden ser producidos en serie y transportados al sitio de construcción para su montaje en un plazo relativamente corto. Además de manera paralela en la obra es posible avanzar con otras tareas, para permitir que el día que los elementos prefabricados lleguen al sitio, puedan ser montados evitando tiempos muertos y grandes superficies de acopio.

- **Mayor calidad y precisión:**

Al ser producidos en una fábrica, los elementos de hormigón se exponen a procesos rigurosos de control de calidad, lo que garantiza seguridad y precisión no solamente en relación a factores geométricos sino también de resistencia. La estandarización de los procesos es la responsable de que se eficienten los controles de calidad de una serie a la otra, y se la relaciona directamente con la producción masiva.

- **Mayor resistencia y durabilidad:**

Los elementos prefabricados de hormigón están diseñados para soportar cargas y resistir impactos y el control de los procesos productivos permite lograr resultados más eficientes que los que habitualmente se consiguen con una construcción in situ. Además, el hormigón es un material duradero que resiste mejor la acción del tiempo y los factores climáticos.

- **Menor impacto ambiental:**

La producción en fábrica permite un mejor control de los residuos generados y el uso más eficiente de los materiales. Además, el transporte de los elementos prefabricados consume menos energía y reduce la cantidad de emisiones de CO2 en comparación al transporte que sería necesario en una construcción tradicional.

- **Mayor eficiencia energética:**

Los elementos prefabricados de hormigón pueden ser diseñados para ofrecer una mayor eficiencia energética en los edificios, estos pueden incluir aislamiento térmico y acústico en su espesor.

4- CARACTERIZACION DEL PROCESO CONSTRUCTIVO:

- **Diseño y planificación:**

En esta etapa se define el proyecto y se realiza el diseño de los elementos prefabricados que se van a utilizar, así como la planificación de la fabricación, transporte y montaje de los mismos. También se definen las especificaciones técnicas y los requisitos de calidad y seguridad.

Es fundamental en la etapa de diseño que se racionalice al máximo la propuesta, el trabajo con el módulo y la tipificación de las partes es fundamental para reducir al máximo la cantidad de elementos y apostar a la producción seriada con todas sus ventajas de control de calidad y aceleración de plazos.

A la hora de definir el tamaño de los elementos, considerando que se trata de un sistema pesado que no se puede manipular sin maquinaria, es importante reconocer que cada una de las partes deberá tener dimensiones importantes (dentro de los límites dimensionales de cada obra).

El hecho de trabajar con piezas grandes permite reducir los tiempos de montaje y la cantidad de elementos acopiados, por lo tanto también los imprevistos en obra.

- **Fabricación de elementos prefabricados:**

Una vez diseñados los elementos, se procede a su producción en una fábrica especializada. Los elementos pueden incluir paneles de pared, losas de techo, vigas, columnas, escaleras, entre otros. Durante la fabricación se realizan pruebas y ensayos de calidad para garantizar que cumplan con las especificaciones técnicas y requisitos de seguridad.

Es importante entender como se materializa la pieza en relación a su molde, ya que como los mismos son metálicos y en función de cómo se los disponga los elementos tendrán una terminación perfecta en uno de los lados.

También al entender la lógica de fabricación de los moldes es que se puede entender como se adaptan los mismos para generar elementos particulares o de ajuste que sigan las lógicas de fabricación del sistema.

Los moldes típicos de una planta responden a las piezas de catálogo, pero los mismos admiten algunas adaptaciones dimensionales en caso de requerir piezas especiales.

Además del molde, los tiempos de producción se definen en función del tiempo de fragüe de los elementos. Uno de los factores que más caracterizan este tipo de producción es el hecho de tener que liberar los moldes de manera rápida para reutilizarlos en una nueva pieza, esto hace necesario acelerar el proceso de endurecimiento temprano de las piezas. El *curado* a vapor de los elementos permite desencofrar una pieza en menos de 24 horas y liberar el molde para avanzar con el siguiente elemento.

Al curar la pieza a vapor se reducen las fisuras por contracción del hormigón y se controla el porcentaje de humedad en el proceso mejorando la resistencia inicial del hormigón. La resistencia final no depende de manera directa del curado, de hecho, cuando se desencofra la pieza el hormigón no tiene la resistencia máxima e igualmente se hace trabajar a la pieza.

Las resistencias elevadas que se logran para este tipo de estructuras, de H30 para arriba, están relacionadas al curado, pero principalmente a la precisión con la que se hace la dosificación de cada uno de los materiales que componen al hormigón, y a las características del cemento, todo esto asociado al proceso de vibrado y de curado da como resultado una pieza de mejor calidad y mayor resistencia que lo que habitualmente se puede conseguir en una obra in situ.

- **Transporte de elementos prefabricados:**

Una vez fabricados, los elementos se transportan al sitio de construcción mediante camiones y grúas especiales. En algunos casos, los elementos prefabricados pueden ser transportados por vía marítima o ferroviaria. En cualquier caso, las características de los medios de transporte que se utilicen, así como también las condiciones de el recorrido van a ser determinantes a la hora de definir cual va a ser el tamaño máximo de los elementos que se van a fabricar.

Las empresas prefabricadoras, ofrecen el traslado de los elementos y a la hora de cotizar la obra y su transporte se ven obligadas a realizar un mapeo completo del recorrido que se deberá hacer desde la planta al sitio, este mapeo es tridimensional porque no solo se debe verificar que el transporte pueda girar en las esquinas del recorrido, sino que también pueda pasar con la pieza por debajo de puentes o túneles, el estudio de los accesos y las vías de transporte es determinante para elegir un recorrido u otro e inclusive para definir la *factibilidad de la propuesta*.

- **Montaje de elementos prefabricados:**

Una vez que los elementos han llegado al sitio de construcción, se procede a su montaje siguiendo las especificaciones técnicas y requisitos de seguridad. El montaje se realiza con la ayuda de grúas y otros equipos de elevación.

El montaje debe realizarse por personal capacitado y experimentado.

Se debe prever dentro del diseño de la estructura que los elementos tengan dimensiones que puedan ser izadas dentro del sitio así como también considerar el espacio que ocuparan las maquinarias que se utilizarán para la manipulación de los mismos.

- **Conexión y acabado:**

Una vez montados los elementos prefabricados, se procede a conectarlos entre sí y con otros elementos estructurales y de acabado.

El tipo de unión y su materialización estará definido por el tipo de nudo que se quiera materializar. Es posible materializar uniones que tomen momento (nudos rígidos) o uniones que no lo hagan, de todas formas estas últimas deberán garantizar que los elementos de vinculación restrinjan los desplazamientos en horizontal de una pieza con respecto a la otra.

- **Instalaciones:**

Finalmente, se procede a la materializar las instalaciones eléctricas, sanitarias, de climatización, entre otras, y se realizan las respectivas pruebas de funcionamiento para verificar que no existan perdidas. Es importante tener en cuenta con respecto a este punto que las instalaciones pueden estar incluidas dentro de los elementos estructurales, lo cual se ampliará en el apartado correspondiente.

5- CARACTERIZACION DEL MATERIAL:

- **Hormigón:**

Para el diseño de elementos prefabricados se utilizan hormigones de resistencias superiores a H30. El término "H30" hace referencia a una resistencia característica del hormigón de 30 MPa (megapascasles) a compresión. Para lograr esta resistencia en el hormigón se requiere una proporción adecuada de materiales, una mezcla adecuada y un proceso de curado adecuado. A continuación, se describen los principales factores que influyen en la obtención hormigones de altas resistencias:

- **Proporción de materiales:**

Para obtener una resistencia de H30 o más, se requiere una proporción adecuada de cemento, agua, áridos y, en algunos casos, aditivos. La proporción de materiales debe ser diseñada y ajustada cuidadosamente para garantizar la resistencia y durabilidad adecuadas del hormigón. En la planta se cuenta con dosificadores por peso que permiten lograr mezclas de proporciones muy precisas, controlando también la resistencia de cada preparado mediante probetas que se ensayan en la misma planta.

- Mezcla adecuada: La mezcla del hormigón debe ser adecuada para garantizar la distribución uniforme de los materiales y una buena cohesión de la mezcla. La homogeneidad que se logre en el mezclado y gracias al vibrado de los elementos permite evitar la presencia de huecos y burbujas de aire. El vibrado de los elementos en general se materializa con el mismo molde.
- Curado adecuado: El proceso de curado es fundamental para garantizar la resistencia adecuada del hormigón. El curado debe iniciarse tan pronto como sea posible después del moldeo y mantenerse durante el tiempo adecuado para garantizar la hidratación completa del cemento y el desarrollo de la resistencia inicial requerida.

En el momento de desencofrado en general las piezas estructurales tienen su máxima sollicitación ya que de hecho la resistencia de la pieza no es la final sino un porcentaje mínimo de la misma, dependiendo del elemento el desmolde se podría realizar a las 8hs, 16hs o el tiempo que sea necesario.

- **Acero:**

Es importante a la hora de definir como es la armadura de los elementos prefabricados de hormigón, diferenciar los tipos de armaduras asociados a su función a lo largo de la vida útil de la pieza.

El acero que se utilizará para materializar cada uno de los tipos de armaduras se comercializa en dos formatos:

- las *barras convencionales corrugadas*, ADN 420 (tensión de fluencia del acero).
- Y los *alambres de acero de baja relajación para pretensado*. Estos últimos, como bien dice su nombre no es estiran o no entran en fluencia como las barras normales pudiendo mantener la tensión hasta alcanzar su límite de rotura a tensiones muy importantes. Vienen los cordones en distintos formatos en función de su resistencia:
 - C 1750 (3 alambres): Tensión de rotura 1750 MPa
 - C 1950 (2 y 3 alambres): Tensión de rotura 1950 MPa
 - C 1900 (7 alambres): Tensión de rotura 1900 MPa

TIPOS DE ARMADURAS EN ELEMENTOS DE HORMIGON PREFABRICADO

- Armaduras principales:
 - Pasivas: son las armaduras longitudinales de la pieza que no están pretensadas. Se materializan con barras comunes. Es importante aclarar en este punto que muchas veces es la única armadura principal que tienen las piezas prefabricadas.
 - Activas: las piezas prefabricadas pueden ser pretensadas o postensadas. El proceso de pretensado y postensado implica generar un pre-esfuerzo en la pieza de hormigón, con lo cual las fibras de hormigón se pre-comprimen; para poder generar ese pre-esfuerzo se utilizan los cordones de acero de baja relajación. Se ubican la armadura activa en función de como se quiera generar el pretensado o postensado, muchas veces generando una contraflecha en los elementos estructurales.
- Armaduras de repartición.
Es la armadura transversal de los elementos, la misma sirve para repartir los esfuerzos del elemento entre la armadura principal ya sea activa o pasiva.
- Armaduras de izaje.
Es importante considerar que al tratarse de piezas que deben ser transportadas de un punto a otro, es necesario definir apoyos transitorios que van a servir solamente para esa parte del proceso. Es necesario definir ganchos de izaje que deberán resistir el peso de la pieza y que no necesariamente van a estar en coincidencia con lo que serían los apoyos finales del elemento.
- Armaduras de vinculación.

Las piezas prefabricadas de hormigón, como se comentaba con anterioridad, no solamente están apoyadas entre si, es necesario vincular los elementos para evitar que se descalcen o que pierdan su posición original afectados por las cargas horizontales. Estas armaduras o barras de vinculación van a depender del tipo de unión que se realice.

- Armaduras complementarias por esfuerzos suplementarios de fabricación y movimiento.

Ya que las piezas de hormigón prefabricado no siempre trabajan siguiendo las condiciones a las que van a trabajar en servicio, es necesario agregar armadura complementaria para absorber todos los esfuerzos adicionales que la pieza va a tener que resistir a lo largo del proceso.

Un ejemplo de esto es una columna, no sería posible encofrar, acopiar ni transportar la pieza en vertical con lo cual a lo largo de todo el proceso la columna va a trabajar como una viga y tendrá que tener armadura para resistir esfuerzos a flexión.

EL PRETENSADO Y POSTENSADO – EFICIENCIA ESTRUCTURAL

El pretensado y postensado son técnicas utilizadas en la construcción con hormigón para mejorar la resistencia y la capacidad de carga de los elementos estructurales. Se utilizan para reducir la deformación que sufre la pieza bajo cargas de servicio.

La aplicación de la fuerza de tensión previa produce una compresión en el material, lo que aumenta su resistencia a la tracción. Esto significa que el elemento estructural puede soportar cargas más grandes y tener una mayor resistencia a la fatiga y al agrietamiento.

El **pretensado** consiste en hormigonar la pieza ya habiendo tensado los cables de manera previa en la banca de pretensado. Una vez el hormigón haya adquirido la dureza necesaria se cortan de manera pareja los cordones (simétricamente) y la pieza de hormigón se pre-comprime. Los cables al ser traccionados de manera previa son rectos.

En el caso del **postensado** los cordones se tensan después de que el hormigón ha endurecido y se fijan mediante cuñas en los extremos que evitan que el cordón pierda tensión una vez aplicada la misma. Por una cuestión de mantenimiento estos encuentros se rellenan con morteros estructurales.

Como el postensado es un proceso posterior al endurecimiento del hormigón las vainas de postensado pueden adoptar formas curvas, esto se aprovecha para adoptar la forma del diagrama de momentos de la pieza y de este modo mejorar el funcionamiento de la misma. La vaina de postensado es la que define el espacio por el cual se va a introducir el cordón.

Al igual que pasaba con el pretensado el postensado de los cables también se deberá realizar de manera simétrica, ya que si se tensan todos los cordones de un lado de la pieza, la misma se deformará de una manera no deseada.

6- COMPONENTES DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO:

Es posible clasificar los componentes del sistema constructivo en función del tipo de elemento estructural y en función de la carga que soporta.

En la siguiente clasificación se hace alusión a ambos factores:

FUNDACION:

Pudiendo materializar las mismas por medio de elementos prefabricados o in situ.

COLUMNAS:

Existen diferentes tipos de columnas de hormigón prefabricado, según su forma y sección transversal. Algunos de los tipos más comunes incluyen:

- Columnas circulares: tienen una sección transversal circular y se utilizan en estructuras como puentes, edificios, estacionamientos y estadios.
- Columnas cuadradas: tienen una sección transversal cuadrada y se utilizan en edificios de varios pisos y en estructuras industriales.
- Columnas rectangulares: tienen una sección transversal rectangular y se utilizan en edificios y estructuras industriales.

Las columnas pueden vincularse entre si para generar piezas de más de 12m de largo si se requiriera y en todos los casos deben prever el apoyo del resto de los elementos estructurales.

Habitualmente las columnas se empotran en la base en relación a su altura, el largo de empotramiento está relacionado a la terminación de las caras del cabezal y de la columna en el apoyo, pero en condiciones normales ronda entre $1/8$ y $1/13$ de la altura.

La vinculación de la columna a la base podría ser mediante bulones, y generar también un empotramiento.

En condiciones normales las columnas trabajan como ménsulas empotradas en la base y son los únicos elementos que resisten las cargas verticales, esto podría llegar a cambiar si se materializaran pórticos con nudos rígidos mediante uniones híbridas.

Una de las tareas más importantes a controlar en la obra es el nivelado de la base de los cabezales copa ya que del mismo dependen los niveles del resto de los elementos de la propuesta.

En el interior de las columnas se puede prever la presencia de un caño de lluvia el cual deberá tener salida por encima del límite del cabezal y en contacto con algún elemento de recolección como ser un albañal.



La columna es el caso clásico del elemento que necesita armadura complementaria ya que a lo largo de todo el proceso de fabricación transporte y montaje se la manipula como una viga. Para el montaje se utilizan piezas especiales que permiten reducir los esfuerzos de la pieza en la base al momento de verticalizarla.

PLACAS PORTANTES VERTICALES:

Al referirnos a placas portantes verticales, nos referiremos a lo fines didácticos a piezas que sean capaces de resistir cargas verticales más allá del peso propio del elemento. Dentro de los sistemas prefabricado es una tipología que está muy asociada a la construcción de viviendas, ya que permite incluir en un mismo elemento varias de las tareas o rubros de este tipo de construcciones.

Los paneles se materializan con moldes adaptados especialmente para cada elemento, pudiendo incluir aberturas cajas de luz y las instalaciones eléctricas o hasta instalaciones sanitarias de pequeño tamaño, garantizando que no reduzca de manera significativa el espesor del elemento.

Como se materializa en un molde acostado (al cual se le denomina cama de prefabricado) el panel va a contar con una cara perfectamente lisa (la que vaya contra el molde) y una cara rugosa que inclusive podría tener una terminación especial si se quisiera ya que es la superficie que quedaría expuesta de manera superficial a la hora de hormigonar.



Paneles con vanos para puertas ventanas y ventanas, se incluyen también cajas de luz y el pase para regillas de vinculación. Imagen tomada en planta Astori.

Si bien no es común se podría materializar una placa con un molde vertical siempre que las medidas del mismo lo justificaran, de esta forma se podría contar con dos caras lisas; esto no es posible para piezas muy grandes ya que materializar un molde en vertical puede influir de manera contraproducente no solamente en los costos sino en las tareas de vibrado del elemento y llenado con lo cual se limita su aplicación.



Un ejemplo del uso de estas placas con geometrías especiales es el Museo Internacional del Barroco (MIB) de Toyo Ito, el cual se materializó con piezas curvas y uniones emuladoras, entre placas y entre los planos verticales y las losas.

El modo de vincular placa con placa involucra la incorporación de armadura de vinculación, similar a la de la imagen de la derecha. En el espacio entre ganchos de agrega una barra longitudinal que los vincula y luego se procede a hormigonar la unión, dándoles continuidad a cada una de las placas.



VIGAS:

Las soluciones de catálogo para vigas pueden tener varias adaptaciones, pero a grandes rasgos permiten entender cuales son los principios de diseño. Nos referiremos en esta presentación a las piezas mas comunes para obras de arquitectura.

La viga rectangular: Es la pieza básica sobre la base que se diseñan las otras dos formas clásicas que se comercializan, es una pieza que puede ser pretensada o postensada y se encofra de la misma manera en la que después se traslada y se coloca, con lo cual la terminación es de molde a la vista.

En general se apoyan las placas de los cerramientos horizontales por encima de la viga materializando uniones híbridas o emuladores de uniones in situ, en estos casos se deja armadura en espera en la cara superior de la viga para poder llevar a cabo la vinculación.

Las placas de entrepisos o cubiertas a su vez podrían no apoyarse solamente en la parte superior de la viga, pero esto implica agregarle a la misma una ménsula de apoyo para recibir la carga de este elemento, es así que surgen vigas especiales con forma de L o de T invertida.



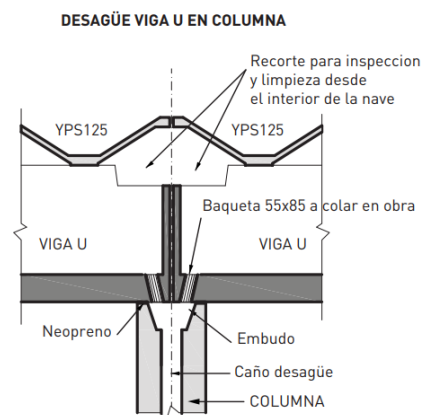
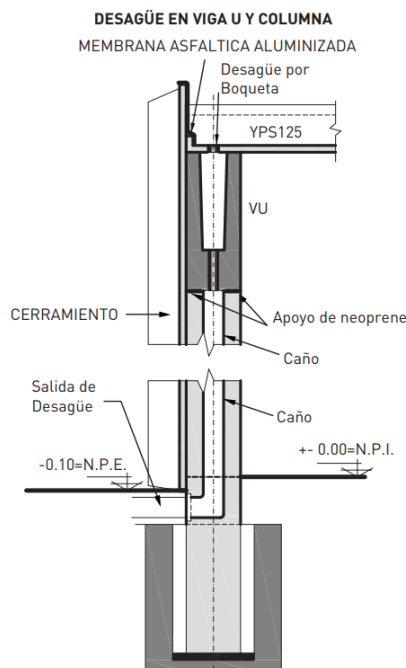
Ejemplos de vigas rectangulares sacados de la página de Estructuras Pretensa.

La viga en U o viga canaleta:

La viga canaleta, como dice el nombre tiene forma de U y sirve para dirigir el agua a los desagües ubicados en los extremos.

Es importante entender de esta tipología que cada viga deberá tener al menos un caño de lluvia ya que no se conectan las canaletas entre sí.

Esta viga se combina con paneles de cubierta que también dirigen el agua hasta estos elementos, y es necesario vincularlos a la misma por medio de uniones soldadas, para eso es necesario dejar previstos en las piezas insertos metálicos. La forma de vincular estas vigas a los apoyos en las columnas también va implicar barras de vinculación y tubos pasantes como con las vigas rectangulares, y es importante tener en cuenta que las columnas deberán contar con el caño de lluvia en caso de que el desagüe se materialice en el apoyo.

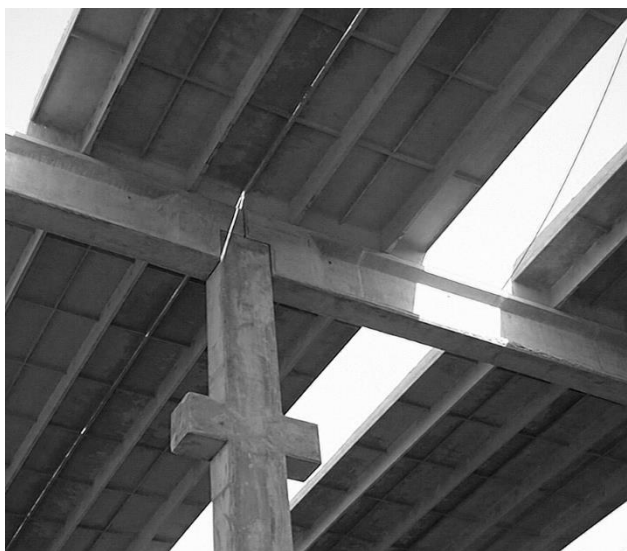


Como cualquier canaleta oculta deberá contar con gárgolas de desborde para alertar que alguno de los elementos de la instalación se encuentra obstruido.

La viga Aashto o viga aliviada:

Son vigas cuya principal particularidad es la reducción de la sección en relación al eje neutro de la pieza esto reduce de manera significativa el peso propio de la viga y permite cubrir luces mayores.

Se complementa la reducción del peso de la viga con el pretensado de la misma, y según su sección y la cantidad de cables de pretensado con las que cuentan, pueden cubrir hasta 30 m de luz.



Los apoyos y vinculación a las placas de cubiertas y de entrepisos son similares a los de las vigas rectangulares como se ve en la imagen de la derecha.

PANELES DE CERRAMIENTO VERTICALES:

Así como hay paneles verticales portantes hay otros que no lo son y que requieren de elementos que sirvan de apoyo a los mismos para poder transmitir su carga. Estos pueden ser horizontales o verticales. Es importante aclarar que estos paneles pueden influir en la rigidez de la estructura si se materializan uniones que así lo permitan.



La diferencia entre los paneles verticales y los horizontales es que los primeros cuentan con nervios que dan a la pieza mayor resistencia ya que trabajan como elementos autoportantes apoyados directamente en la fundación. Estos paneles pueden tener aberturas en el claro entre nervios si fuera necesario y podemos encontrarlos en uso en obras como la sala de convenciones del complejo feriar de Córdoba.

Por debajo de estos paneles se debe colocar una viga porta panel para transmitir la carga a los cabezales o una zapata tipo candelero que permita calzar la pieza y luego rellenar el espacio excedente.

Los paneles horizontales como decíamos se apoyan en las columnas e inclusive pueden apoyarse unos sobre otros, según el fabricante y cada caso en particular pueden encimarse hasta 4 placas una arriba de la otra, estos paneles se materializan de manera similar que los paneles

portantes lisos pero tienen los apoyos solamente en los extremos, en su interior pueden incorporar aislación pero es necesario al igual que con los anteriores materializar bordes que rigidicen al elemento, sobre todo en relación a los apoyos y a los puntos de izaje.

Es muy importante tener en cuenta tanto para las placas verticales como las horizontales que todos los elementos de cerramiento verticales deben contar con dos tipos de apoyos:

Apoyos para transmitir cargas verticales:

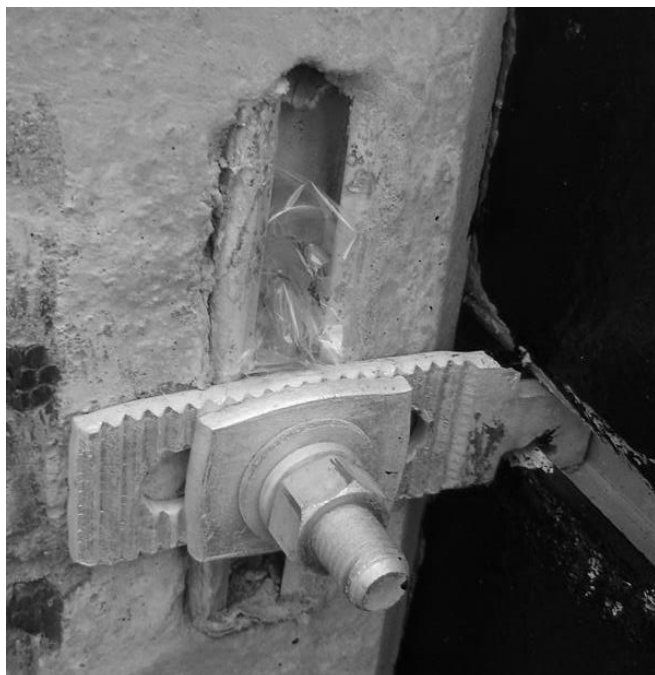
Independientemente de cómo se materialicen estos apoyos deben permitir que la placa se apoye en el elemento que la soporta, puede ser materializado con ménsulas de hormigón o metálicas, e inclusive el apoyo en la viga portapanel para placas verticales sirve para este fin.



Apoyos para evitar el vuelco:

En este punto se destacan las uniones abulonadas, es la unión que reconocemos como unión tipo Hälfen, la misma sostiene la placa para evitar que el viento la vuelque. Este apoyo no es capaz de resistir cargas verticales y por lo tanto requiere del apoyo anterior para completar el sistema.

La unión abulonada es la más utilizada por las productoras locales ya que le otorga más rapidez a la construcción. Esta cuenta con tres ejes de ajuste que permiten controlar la posición y el plomo de la pieza en la dirección x, y, z.



PANELES DE CERRAMIENTO HORIZONTALES:

Son los paneles que permiten definir los planos resistentes horizontales de la estructura o losas.

Se diferencian los mismos en función del tipo de carga que reciben o bien la función como: planos de cubierta y planos de entrepiso.

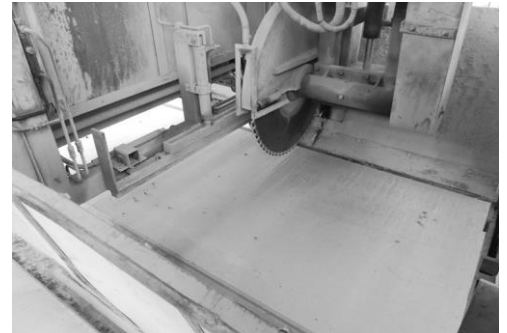
Dentro de los planos de entrepiso tenemos las siguientes tipologías:

Placas alveolares: son placas pretensadas que se materializan extruidas en camas de pretensado que muchas veces dependen del largo disponible en la planta.

Se tensan los cordones y la extrusora se desliza a lo largo de la cama de tensado definiendo la sección mediante el vibrado de un hormigón de muy bajo coeficiente de humedad, esto permite ir materializando no solo la cara superficial sino también los alveolos, estos son perforaciones internas que ocupan el largo de la pieza y que no solo permiten aliviar la misma sino también sirven de soporte para el paso de instalaciones eléctricas.

Es importante entender cual es la forma de materialización de estos elementos, y básicamente diferenciar a los que se extruyen de los que se fabrican mediante moldes, ya que estos primeros no pueden albergar insertos ni ningún

elemento rehundido o sobresaliente sobre la placa, todo lo que sea necesario incorporarle a las piezas extruidas requiere de mecanizaciones posteriores al endurecimiento de la pieza, como ser corte perforaciones o la materialización de anclajes químicos si fuera necesario incluir insertos.



Los paneles de entrepiso habitualmente se completan con una capa de compresión que termina de unificar el encuentro con las vigas de apoyo. La capa de compresión logra que todas las placas trabajen en conjunto.

Placas nervuradas: también llamadas placas TT o paneles de entrepiso, se materializan en moldes a medida, pudiendo incorporar insertos pases o hacer recortes simplemente agregando accesorios al mismo molde de apoyo.



Las medidas inamovibles del molde son las que permiten materializar la separación de los nervios.

La altura de los nervios es variable según la luz que se deba cubrir y es una medida adaptable en el mismo molde. En caso de tener que materializar una pieza de ajuste que deba ser menor que los 2.5 que plantea el módulo, la variación de ancho debe hacerse desde el nervio hacia afuera.

Dentro de los planos exclusivamente de cubierta tenemos las siguientes tipologías:

Las placas casetonadas o también llamadas placas pi:

Son paneles que se asemejan a los paneles nervurados de entrepiso, pero se caracterizan por el espesor de su capa de compresión, con solamente 3 cm de espesor requieren nervios adicionales en ambas direcciones, los cuales condicionan la adaptación de los moldes en la fábrica.

Son piezas que se materializan con una contraflecha que no solo sirve para controlar las deformaciones sino también para permitir el escurrimiento del agua a los apoyos de la placa.

Las uniones de los paneles con las vigas se materializan por medio de completamientos con hormigón y armaduras en espera, en este punto es que se resuelve con el hormigón la canaleta que llevará el agua hasta los extremos en los encuentros con las columnas.



Los paneles omega o Ypsilon:

Son paneles con forma de canal que también se materializan contra-flechados y con armadura activa, los mismos tienen en sus extremos una boquilla de desagüe que se conecta con las vigas canaletas.



Las uniones a las vigas U se materializan por medio de soldadura, con lo cual es necesario dejar en la parte inferior de la placa anclajes metálicos en coincidencia con los anclajes de las vigas.

En cualquiera de estos planos de cubierta es necesario tener en cuenta que no están preparados para resistir cargas mas que la de peso propio y de mantenimiento, lo único que se agrega por encima de las mismas, es una impermeabilización por medio de una membrana.

Las placas de los extremos de la estructura requieren de rigidizadores que evitan las deformaciones del plano. Estas se ven desde arriba de la cubierta y requieren anclajes especiales entre placas.

7- RELACION DE LOS ELEMENTOS DE HORMIGON PREFABRICADO CON LOS SISTEMAS DE INSTALACIONES

Como se fue comentado a lo largo del desarrollo de los elementos estructurales:

- Hay elementos que sirven para resolver escurrimientos solamente por la forma que tienen, desde los paneles omega con forma de canal o vigas canaleta hasta los contra-flechados en paneles pi.
- Hay otros elementos que pueden llegar a incluir dentro de la pieza de hormigón instalaciones, como es el caso de las columnas o las piezas de molde en las cuales también se pueden materializar pases.
- Y hay otros en los cuales se pueden aprovechar la geometría para incorporar instalaciones como es el caso de las placas alveolares.

Cada una de estas posibilidades exige que se evalúe de manera criteriosa cual es su función dentro del conjunto para evitar desarrollos de instalaciones truncados que no cumplan de manera concreta con el fin para el que fueron dispuestas.

8- VINCULOS ENTRE ELEMENTOS

Condicionantes del tipo de unión:

- De esfuerzos a los que va a estar solicitada a lo largo de la vida útil (corte, momento, esfuerzos axiales).
- Relacionados a cargas cíclicas como el sismo en relación a la definición estructural.
- Tecnologías locales. Posibilidades técnicas.
- Flexibilidad. Grado de adaptación de la estructura a lo largo del tiempo. Reversibilidad.

TIPOS DE UNIONES

- Uniones simplemente apoyadas:

Como el nombre lo dice consiste en uniones que lo único que garantizan es que se transmitan cargas verticales por medio del apoyo de los elementos. Estas uniones desde el terremoto de Causete de 1977 ya no se utilizan porque no son capaces de restringir los desplazamientos horizontales de las placas.

- Uniones empotradas:

Es el caso de los empotramientos de una columna en la fundación, están condicionados por la longitud del empotramiento en función de la altura de la pieza. En columnas varía entre $h/8$ y $h/13$, siendo h la altura total de la columna desde la parte superior del cabezal.

- **Uniones simplemente apoyadas con barras de vinculación:**

El caso clásico de este tipo de unión es el encuentro entre vigas y columnas. Luego del sismo de Causete se dispuso la necesidad de evitar los desplazamientos relativos entre movimientos que pudieran generar el descalce de la pieza de hormigón es por eso que se dejan barras de vinculación en relación a unos espacios que se completan con morteros estructurales. En la columna la barra queda sobresaliente respecto de una ménsula o superficie de apoyo y en correspondencia con la posición del mismo en la viga se deja un caño que permite el paso del mismo. La unión se completa con morteros estructurales ya que de dejar la armadura expuesta podría iniciar un proceso de oxidación de la misma.

- **Uniones abulonadas:**

Son uniones en las cuales la vinculación involucra la presencia de un bulón y tuerca. Una de las aplicaciones más comunes de las mismas es la de la unión de los paneles de cerramiento (Uniones abulonadas tipo Hälften) pero son uniones que podrían materializar encuentros entre cualquiera de los elementos de la estructura de hormigón prefabricada.

- **Uniones soldadas:**

Para su materialización es necesario dejar anclajes en los elementos estructurales, estos consisten en placas de vinculación con insertos que las relacionan a las mismas con la pieza de hormigón. La correcta ubicación de las mismas es fundamental para garantizar el largo de soldadura necesaria.

- **Uniones híbridas o emuladoras de uniones de piezas de hormigón in situ:**

Como su nombre lo dice son uniones que buscan imitar las soluciones de empotramiento entre los elementos de una estructura in situ; son uniones que consisten en dejar armaduras en espera en los elementos estructurales, a estas armaduras se les agrega armadura complementaria y se hormigonan los nudos con hormigones de alta resistencia. Al igual que las uniones de un pórtico de hormigón in situ estas son capaces de tomar momentos.

- **Uniones postensadas:**

Un caso clásico de este tipo de unión es el de las vigas materializadas con dovelas de la Iglesia Madre Misericordia de los arquitectos Bruno Morassutti y Angelo Mangiarotti.



Las dovelas son elementos de dimensiones relativamente chicas que al unirse entre si generan vigas capaces de cubrir grandes luces, para unir las no se usaron

soldaduras ni hormigón, sino que se les aplicó una carga de pre compresión, esta mantiene unidos los elementos entre si gracias a la tensión a la que se encuentran las barras de postensado.

9- BIBLIOGRAFÍA:

[http://uncavim10.unc.edu.ar/Construcciones IIIB](http://uncavim10.unc.edu.ar/Construcciones%20IIIB)

www.pretensa.com.ar/

www.astoriestructuras.com/

<https://www.peikko.es/productos/productos-para-prefabricados/>

<http://www.prear.com.ar/>

<https://tensar.online/>

Reglamento CIRSOC 201

<https://www.andece.org/publicaciones-andece/>

Tectónica 5 – Hormigón 2

Precast Concrete connection Details- Structural Design Manual, Stupre. Zweite Auflage (Second Edition)

<https://anippac.org.mx/manuales/>