

ENVOLVENTES DE HORMIGÓN ARQUITECTÓNICO PREFABRICADO

Pablo Gustavo A. Stumpf¹, María Gabriela Durán², Jorge M. Pagliero³

¹ Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, UNC, Córdoba, Argentina,
pablostumpf@unc.edu.ar.

² Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, UNC, Córdoba, Argentina,
gduran@unc.edu.ar.

³ Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, UNC, Córdoba, Argentina,
jpagliero@unc.edu.ar.

RESUMEN

La resolución de envoltentes con elementos de hormigón arquitectónico prefabricado, dan la posibilidad a la hora del diseño de una nueva herramienta para definir soluciones frente a los requerimientos climatológicos tendiendo a la eficiencia energética. El hormigón arquitectónico, usado en elementos prefabricados, puede brindar la posibilidad de nuevas formas que faciliten la resolución e implementación de la idea-proyecto del profesional interviniente. La práctica demuestra que el hormigón arquitectónico prefabricado tiene, como material una identidad propia, permitiendo generar productos innovadores, industrializando su proceso de ejecución y además brinda la posibilidad de instrumentar un control de calidad del producto riguroso. Por otro lado, la constructibilidad realza la importancia de la planificación y organización del proyecto para poder llevar adelante estos emprendimientos y la necesaria relación entre profesionales, organizando y mostrando la versatilidad técnica y del diseño del sistema. Este trabajo muestra la organización del proyecto de envoltentes de hormigón arquitectónico prefabricado, el desarrollo técnico, la producción, y el beneficio de la constructibilidad en obras de mediana envergadura, realizadas por profesionales del medio, cuyas ideas-proyectos fueron valoradas y resueltas.

Palabras claves: envoltentes, hormigón arquitectónico prefabricado, constructibilidad.

INTRODUCCIÓN

El hormigón arquitectónico prefabricado es un material con una naturaleza bien diferenciada del hormigón convencional in situ. Su primer rasgo característico es ser un material producido en la industria en forma de elementos acabados, en el cual el aspecto estético es relevante. La consecuencia de su forma de producción, es elevar considerablemente las magnitudes de todas sus características físicas (resistencia mecánica, acabado de la superficie, adherencia, resistencia a la corrosión, etc.) y acabar con el “nivel de incertidumbre” asociado al hormigón in situ, al introducir el control de calidad y la precisión propios de la fabricación industrial. [1]

La prefabricación debe entenderse hoy en día como “la industrialización de la construcción en hormigón”, es decir, la aplicación de técnicas de producción en instalaciones fijas de alto rendimiento, con elevados niveles de control que aseguran una mayor calidad a través de la eliminación de la incertidumbre en el resultado final de los elementos constructivos,

que conducen no sólo a mejores acabados sino también a mejores precios de la solución final de los que puedan alcanzarse en realizaciones a pie de obra. Otros hablan del refinamiento o perfeccionamiento del uso tradicional del hormigón, ya que el diseño y fabricación en un entorno más técnico y controlado, se traduce en elementos y soluciones más precisas dimensionalmente. [2]

En la actualidad hay muchos motivos para decidirse por una construcción que utiliza un alto porcentaje de procesos industrializados, esto aporta múltiples ventajas tales como: un control más ajustado de los gastos y de los tiempos de ejecución; la posibilidad de poder acceder a elementos producidos en fábricas lejanas abordando múltiples perspectivas, la del empresario que busca costes más baratos en la producción, la del proyectista con una industria local poco desarrollada; el asegurar una calidad final superior y también el cumplimiento de normas cada vez más exigentes en todos los apartados de la construcción. [2]

Los sistemas constructivos actuales hacen necesaria una mayor diversidad de materiales innovadores, más económicos que los materiales tradicionales. La posibilidad de poder usar el hormigón arquitectónico prefabricado, cumpliendo con las normas de calidad, hacen que este sea un desafío para la construcción, por lo tanto, es necesario generar productos innovadores que satisfagan las ideas y los requerimientos de los profesionales. Por otro lado, poder generar un proceso de conocimiento (acervo de experiencia) de las posibilidades que brinda el hormigón arquitectónico prefabricado, al profesional proyectista para que este tome la decisión de usar el material, es todo un desafío.

La producción de hormigón arquitectónico en un taller, tiene como ventaja la posibilidad de instrumentar un control preciso en sus materiales, el desarrollo y ajuste de moldes; su proceso de fabricación, desmolde, curado, estibaje, embalaje y organización de cargas se puede realizar bajo un estricto control. El hormigón prefabricado se está aplicando para resolver formas y sistemas tales como: vigas y columnas, muros de cerramiento prefabricados, vigas para puentes. Pero el hormigón arquitectónico prefabricado, tiene características propias que permite encontrar nuevas soluciones de las que resulten nuevos tipos arquitectónicos.

En estos tiempos, es necesario innovar.

En su libro *La arquitectura de nuestros tiempos*, el arquitecto Otto Wagner [3] protagonizó hace un siglo un capítulo memorable de la arquitectura vienesa al desarrollar nuevas técnicas constructivas que, nacidas de la necesidad de reducir gastos y técnicas de ejecución, anuncia los actuales sistemas de fachadas de montaje en seco al haber intuido la distinción conceptual entre estructura y envolvente.

Wagner asegura “que el arquitecto siempre tiene que desarrollar la forma artística a partir de la construcción”. Según el prestigioso arquitecto nacido en la ciudad de Viena, para el revestimiento exterior de un edificio sería posible utilizar placas, que “pueden tener un espesor menor y ser de un material más noble. La fijación de estas placas se podría realizar con anclajes de bronce (rosetas). Para aguantar la cornisa, dividida en delgadas capas, se podrían utilizar soportes de hierro fijados a la obra y revestidos con una funda de bronce en forma de ménsula”. De esta manera, las medidas de las piezas se pueden reducir, disminuir su peso y generar un sistema de fabricación en planta, con las condiciones necesarias para satisfacer la idea del profesional proyectista.[3]

Al hablar de estructuras y sistemas prefabricados, es necesario valorar el trabajo del arquitecto Miguel Fisac. El arquitecto Fermín Blanco en su presentación “*Los huesos de Fisac. En busca de la pieza ideal*”, [4] plantea el estudio y desarrollo técnico de una pieza prefabricada en forma seriada, buscando la forma para ser una pieza ideal, con un conformado que resuelva los problemas técnicos y de solución a los requerimientos

estructurales. Son numerosas las obras del arquitecto Fisac, cabe destacar el Centro de Estudios Hidrográficos en Madrid, en donde a través de la pieza resultante logra salvar luces de 22.00 m. (Figuras 1 y 2) [5].



Figura 1 y 2: Proceso de fabricación y montaje de las vigas
(imágenes archivo Barredo – Los huesos de Fisac. La búsqueda de la pieza ideal)

En el presente trabajo se muestra la producción de piezas seriadas, diseñadas con un propósito específico, factibles de ser realizadas en el taller, controlando pesos, terminaciones y calidad, las cuales, en su conjunto, harán a la idea acabada del diseñador.

La constructibilidad como herramienta para la organización de proyectos

La planificación de un proyecto de construcción es una actividad de mucha trascendencia ya que permite generar la organización necesaria para que esta sea llevada a cabo. Las nuevas tecnologías de diseño, de sistemas constructivos y los materiales innovadores, hacen necesario un estudio continuo, por parte de los profesionales, de los procesos de gestión y de los procesos administrativos para afrontar anticipadamente estos cambios [6], [7].

El Construction Industry Institute (CII), con sede en la Universidad de Texas en Austin, EEUU, ha definido a la constructibilidad como “el uso óptimo del conocimiento y experiencia de construcción en la planificación, diseño, adquisiciones y manejos de operaciones de construcción” [8].

El propósito de la constructibilidad es organizar la planificación de la obra, así como la adquisición de los materiales pertinentes para la construcción e identificar los posibles errores que pudiese haber en el diseño, en base a la experiencia adquirida. Además, evalúa la factibilidad de construir lo diseñado a través de un equipo de profesionales con mayor experiencia que valoren su posibilidad de realización.

El principal desafío de esta herramienta es la integración de una forma sencilla, automática y permanente de la cultura de diseño y construcción tradicionalmente separada.

La constructibilidad plantea una serie de premisas, una de ellas es considerar, en el método constructivo, el uso del material prefabricado como material de diseño básico. Es posible lograr sistemas constructivos eficientes si los mismos son considerados como conductores del diseño, es decir, si son parte importante en el desarrollo de un diseño orientado a facilitar la construcción, haciéndola más eficiente y económica.

Las principales aplicaciones del análisis, como datos importantes a considerar son:

- La utilización del concepto de modularización/prefabricación para la construcción.
- Uso de pre-ensamblaje o pre-armado como solución constructiva.
- Beneficios de la curva de aprendizaje debido a operaciones repetitivas, incrementando productividad y calidad.
- Reducción en tiempos de diseño.

DESARROLLO

Se describen a continuación tres obras proyectadas y construidas en la ciudad de Córdoba donde se emplearon elementos de hormigón arquitectónico prefabricados para desarrollar sus envolventes como complemento al hormigón in situ.

Las tres obras generalizan el uso de hormigón arquitectónico prefabricado como parte del sistema de parasoles para optimizar los cambios de energía natural. La relación entre el ambiente interno y externo se regula a través de las ventanas, superficies transparentes que se pueden abrir y permiten el paso de la luz, el calor y las personas. Los sistemas de sombreado y oscurecimiento se combinan con las ventanas y en base al tipo de movimiento, posición y forma, se encargan de regular la luminosidad y el calor que entra en un ambiente. La elección del diseñador para un adecuado sombreado es fundamental para garantizar el confort interno de cualquier ambiente y promover el ahorro de energía.

VIVIENDA FAMILIAR

Obra: Arquitecto Alejandro Berzero – Estudio Berzero Jaros Casa del Portón Rojo

En esta obra se desarrolló en taller el elemento de hormigón arquitectónico prefabricado necesario, para realizar la fachada principal, Figura 3, dejando un espacio de luz entre esta fachada y la que contiene la carpintería, generando un juego de sombras y una portada verde, la que brinda a la vivienda una luz indirecta y difusa, gastada, hecha de luz exterior y de apariencia incierta. La obra se ubica en el barrio de Alta Córdoba [9]. Este barrio se caracteriza por tener viviendas de poca altura.



Figura 3: Fachada de la vivienda. Sistemas de módulos prefabricados.

La propuesta del arquitecto Alejandro Berzero fue realizar una pieza módulo, que luego en obra serían colocadas para armar el muro. La pieza - módulo tiene una medida de 0,35 m

por 0,70 m y el espesor no debía ser de más de 35 mm. Los condicionantes eran el ancho del lote y una viga superior contención de la fachada. En fábrica, se organizaron para la producción, dos moldes metálicos de piezas independientes vinculadas mediante bulones para poder organizar, de forma fácil el armado y desarmado del molde, Figura 4. El plazo de obra era de dos meses ya que el avance de obra así lo requería.



Figuras 4 y 5: Molde metálico y colocación del material en obra

Una vez confeccionadas las piezas, se organizó el traslado a la obra y fueron colocadas siguiendo un orden establecido, se tomó como premisa no mezclar las piezas fabricadas con uno y otro molde, Figura 5.

El material fue fabricado, según lo establecido, durante los meses de enero y febrero, previo fue necesario la planificación y elaboración de los moldes metálicos. Durante la producción hubo que rectificar la estructura interna de los moldes para obtener una pieza de mejor acabado. La obra ya tenía un avance, cuando se estableció comenzar con la producción del material lo que permitió ajustar las medidas definitivas de la pieza prefabricada.

El material usado para la elaboración del hormigón fue cemento portland normal CP40, y agregado fino y grueso de la zona y un aditivo fluidificante. La pieza se hacía sobre una mesa vibratoria para lograr el perfecto llenado y acabado de la misma.

VIVIENDA FAMILIAR

Obra: Arquitecto Juan Barrionuevo

La obra se encuentra en un country de la ciudad de Córdoba. Se buscaba una pieza prefabricada que resolviera la situación de la fachada, teniendo como premisa el espesor y las líneas que se deseaban ver, el arquitecto presentó su idea y necesidad. La solución fue una pieza única, que armada en conjunto permitiera el paso de luz y sombra, y cerrara la fachada. Junto al profesional se diseñó una pieza de hormigón arquitectónico prefabricada, que cumplió las premisas de diseño, además de solucionar la sujeción del conjunto. En la fachada, el diseño contemplaba un vano, para luego colocar las piezas prefabricadas y cerrar la idea de fachada, como se observa en las Figuras 6 y 7.



Figuras 6 y 7: Fachada con sistema prefabricado.

En esta obra se diseñó y trabajó con un solo molde, con el cual, una vez producidas las piezas con el mismo conformado se generaron las modificaciones necesarias para poder realizar, las piezas especiales de los extremos. La pieza es de 1,19 m de largo por 0,20 m de ancho y el espesor tiene 50 mm, Figura 8. El módulo tiene dos patas verticales, una de ellas recta y la otra inclinada para favorecer la sombra arrojada, Figura 9.

Hubo una primera fijación a una pieza base, que hizo de pieza de nivelación. Luego se iban colocando las demás piezas. Se habían dejado en las patas bulones-cuplas para atornillar los extremos roscados, que servirían para la fijación de la pieza posterior. Se usó como mortero de fijación un mortero a base de epoxi, Figura 10.



Figuras 8, 9 y 10: Molde metálico. Módulo de pieza prefabricada. Colocación y armado de fachada.

OFICINAS COMERCIALES

Obra: Arquitectos José Santillán – Laura Aguilar

Tanto la fachada sur, como la fachada norte del edificio de oficinas ubicado en la calle Heriberto Martínez de la ciudad de Córdoba, fueron armadas con un sistema de piezas de hormigón arquitectónico prefabricado con una estructura metálica que ofició de soporte.

Las dos fachadas conforman un sistema distinto de envolvente. Mientras que en la fachada norte son piezas horizontales, en la fachada sur son piezas verticales.

La fachada norte, está diseñada con piezas horizontales de 0,40 m por 1,00 m y 40 mm de espesor, dispuestas sobre una estructura metálica de ángulos. Estas piezas tienen en su conformado una serie de perforaciones circulares distribuidas en toda la superficie de la placa, lo que origina una particular permeabilidad de la luz a través del hormigón prefabricado, Figuras 11, 12 y 13.

Para la producción del material se contempló la realización de dos moldes metálicos, usando como contra moldes para obtener el detalle de las perforaciones, polipropileno troncocónico para permitir el desmolde, colocados en forma equidistantes, sujetos mediante bulón al molde.



Figuras 11, 12 y 13: Fachada norte, detalles constructivos.

La fachada sur, sobre medianera, fue armada con una estructura metálica. Esta estructura es colgada desde cuatro vigas de hormigón armado, propias del edificio. De esa estructura principal se desprende la estructura metálica secundaria, que alberga las piezas prefabricadas de 0,35 m por 1,00 m y 40 mm de espesor, colocadas en dos líneas de chapa plegada en forma de U.



Figuras 14, 15 y 16: Fachada sur, detalles constructivos.

Para organizar esta fachada, se dispusieron tres moldes metálicos, dejando insertos en la parte inferior de la pieza, para su fijación a la estructura. Se usó también para su fijación un mortero epoxi, Figuras 14,15 y 16.

CONSIDERACIONES FINALES

Se exponen las siguientes consideraciones a modo de resumen:

- Los sistemas de envolventes realizados fabricados con hormigón arquitectónico premoldeado tiene la ventaja de poder desarrollar expresiones que a veces son poco probables organizarlas con hormigón in situ.
- La producción de piezas en taller permite generar la sistematización del trabajo y contar con un mejor control de calidad de los elementos producidos.
- El trabajo en forma conjunta entre el diseñador y el productor de hormigón arquitectónico prefabricado permite abordar soluciones creativas, no solo desde el punto de vista arquitectónico sino también en relación a la flexibilidad o la polifuncionalidad de las piezas de hormigón.
- Es necesario desarrollar programas de constructibilidad que consideren la utilización de hormigón arquitectónico prefabricado para favorecer la sistematización de la obra.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento a los profesionales arquitectos Agustín Bercero, Juan Barrionuevo y José Santillán por haber confiado en la materialización de las piezas prefabricadas para llevar adelante su idea y sobre todo haber sabido generar el trabajo en equipo, necesario para estos desarrollos, premisa de la constructibilidad.

A la empresa Stumpf Premoldeados S.R.L., por permitir hacer posible el desarrollo de estos desafíos.

REFERENCIAS

- [1] Araujo R, "Hormigón prefabricado y construcciones en altura", Tectónica, Hormigón (II) Prefabricado, Vol. N°5, (1997), 4 – 13.
- [2] López Vidal A, "Prefabricación de hormigón: Retos técnicos e innovación" (E-libro), 1ra edición, Instituto de ciencias de la construcción Eduardo Torroja, CSIC, (2015), 7 - 16.
- [3] Patón V, "El nacimiento de una técnica", Tectónica, Envolventes (II) Cerramientos pesados: aplacados y paneles, Vol. N°2, año (1996), 4 – 11.
- [4] González Blanco F, "Prefabricación de hormigón: Retos técnicos e innovación" (E-libro), Instituto de ciencias de la construcción Eduardo Torroja, CSIC, (2015), 57 – 73.
- [5] Fundación Miguel Fisac. <http://fundacionfisac.com>. Julio 2020.
- [6] Serpell A, "Administración de operaciones de construcción", 2da edición, AlfaOmega, (2002), 59 – 65.
- [7] Stumpf P, Duran MG, Pagliero J, "La constructibilidad utilizando hormigón prefabricado". VI Congreso Internacional y 20° Reunión Técnica de la Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón Ing. Alberto C.S. Fava. (2014), 493 - 500
- [8] O'Connor, "Constructability Implementation Guide" (E-libro), 2da edición, Construction Industry Institute, (2006).
- [9] Archdaily – Sitio web de arquitectura Casa FL / Berzero Jaros <https://www.archdaily.mx/mx/929144/casa-fl-berzero-jaros>. Julio 2020