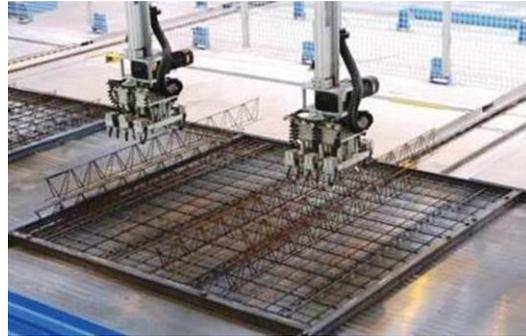


Panorámica sobre el estado del arte de la industrialización en el sector de la construcción



José Flores Mola

RESUMEN: El presente artículo comienza con una reflexión personal del autor sobre la tendencia existente en relación con el manejo del concepto de industrialización de la construcción. En esta reflexión se exponen argumentos que ofrecen claridad en cuanto a la forma adecuada de cómo debe ser enfocado dicho concepto. Posteriormente se señalan las principales razones que originaron la aparición de la técnica de construcción prefabricada empleada de forma masiva básicamente en países del continente europeo, y algunas de las consecuencias del manejo de esta. Por último se abordan las principales tendencias del desarrollo técnico constructivo y la influencia, en diferentes ámbitos, de la inclusión de tecnologías de punta o avanzada, apoyando con ejemplos actualizados en países desarrollados.

PALABRAS CLAVE: prefabricación, tecnología, proceso tecnológico, transferencia tecnológica, industrialización

An overview of industrialization in construction activity

ABSTRACT: The present article begins with the author's personal reflection on the existent tendency in connection with the handling of the concept of industrialization of the construction. In this reflection arguments are exposed that offer clarity as for the appropriate form of how this concept it should be focused. Later on it is approached the main reasons that they originated the appearance of the technique of construction prefabricated employee in a massive way basically in countries of the European continent and some of the consequences of the handling of this. Lastly it is approached the main tendencies of the technical constructive development and the influence, in different environments, of the inclusion of tip technologies or advanced in the same one, supporting with examples upgraded in developed countries.

KEYWORDS: prefabrication, technology, technological process, technological transfer, industrialization

Sección: Del reino de este mundo

Temática: Industrialización de la construcción

RECIBIDO: 1 de junio de 2016 APROBADO: 30 de agosto de 2016

Antecedentes

El tema que se aborda en el presente artículo no está dirigido al caso específico de algún país, sino que responde al análisis y exposición general de los fundamentos, inicio y desarrollo de la industrialización en el sector de la construcción, en particular de edificaciones, a partir de su implementación en el ámbito internacional.

Para hablar del estado del arte de la industrialización en el sector de la construcción es preciso, primero, partir de lo que para ello ha constituido su génesis, y que es lo relativo a la prefabricación de componentes constructivos, en particular de hormigón y hormigón armado, y esclarecer cual ha sido su papel en esa problemática desde su inicio.

El surgimiento de la producción de componentes prefabricados en el sector de la construcción ha contribuido a que normalmente se hable de “Industrialización de la construcción”; incluso en muchos textos aparece expresado en esa forma. Esto implica que prácticamente se está situando ésta al mismo nivel de otras industrias que concluyen su proceso tecnológico con la elaboración de un producto totalmente terminado del que se dispone para la inmediata utilización por los usuarios o clientes, o para ser incorporado a otros procesos industriales para la elaboración de nuevos productos con determinada finalidad ya prevista, pero siempre, listo para su posible utilización tan pronto como egresan de la industria de que se trate. Un ejemplo de esto lo constituye la cadena de montaje en la industria automovilística. (Figura 1)



Figura 1: Industria automovilística, cadena de montaje. Fuente: <https://www.google.com.cu/search?q=imagenes+industria+automotriz>

Generalmente, cuando se menciona el término construcción, casi, por reflejo condicionado o asociativo, se piensa en la ejecución de edificaciones. Sin embargo, este término es mucho más abarcador, en el mismo se incluyen tanto las obras de arquitectura como de ingeniería, en este último caso, con sus especialidades asociadas al sector.

Para sustentar una conclusión definitiva acerca de cuál es la manera más adecuada de expresar la vinculación del concepto general de industrialización y su presencia en el sector de la construcción, es preciso incursionar en algunos aspectos claves del proceso de ejecución de obras. Se tomará como ejemplo el proceso de ejecución de edificaciones en general.

Como se conoce, el proceso constructivo de una edificación ejecutada *in situ* a través del empleo de métodos tradicionales tiene la particularidad que obliga a desarrollar de manera secuenciada la mayoría de las acciones que conforman dichos procesos, es decir, no es posible iniciar la construcción de la estructura portante si antes no fue ejecutado su sistema de cimentación. Como tampoco es posible la construcción de entresijos y cubierta hasta tanto sea ejecutado su sistema de estructura portante.

Con el empleo de la prefabricación es posible desarrollar en paralelo diferentes acciones de los procesos de ejecución de una obra que podría hasta incluir en la misma, la producción de parte de los

componentes de su sistema de cimentación. Esto posibilita, entre otras ventajas, un claro incremento de la eficiencia y eficacia de todo el proceso. Eficiencia y eficacia que quedan determinadas por la posibilidad de producir, en un lugar fuera de la obra, todos o algunos de los componentes necesarios que la conformarán posteriormente. Estos lugares en los que serán producidos dichos componentes presentan en mayor o menor medida una organización de su proceso tecnológico de producción afín al que tiene lugar en una industria en general; pero posteriormente en la ejecución final del edificio se mantiene una importante presencia de mano de obra artesanal.

Por lo anterior, no es posible entonces generalizar y hablar de “industrialización de la construcción”, sino que lo correcto es expresar: “industrialización de la producción de componentes para la construcción” o “industrialización en el sector de la construcción”. De esta manera quedaría implícito que dentro de este sector hay determinadas actividades o procesos que se realizan en forma industrial, pero no que se ha industrializado la construcción en su generalidad.

La técnica de prefabricación de componentes de hormigón armado muestra a lo largo de la historia varios precedentes debido al propósito de la sociedad de optimizar la eficiencia de los procesos productivos.

El primer ejemplo significativo de utilización de componentes prefabricados de hormigón para ejecutar edificaciones se remonta al siglo XVI, cuando Leonardo da Vinci recibió el encargo de planificar una serie de nuevas ciudades en la región de Loire [1].

En 1851 Sir Joseph Paxton construye el Palacio de Cristal para la exposición mundial en Londres. En 1854 fue desarmado y montado nuevamente en Sydenham [2]. En 1891 se prefabrican las primeras vigas de hormigón armado para la construcción del Casino de Biarritz. Curiosamente, un par de años antes, en 1889, aparecía en Estados Unidos de Norteamérica la primera patente de edificio prefabricado mediante módulos tridimensionales en forma de “cajón” apilable, ideado por Edward T. Potter [3].

Ya a mediados del siglo XX esta técnica alcanza una amplia utilización en Europa, debido a la gran devastación sufrida en el patrimonio construido en general y en particular en las edificaciones de viviendas (Figura 2), que demandó la necesidad de emplear una técnica constructiva que permitiera la rápida ejecución de estas edificaciones para dar albergue a las cientos de miles de familias que quedaron sin hogar durante la referida contienda.

Esta técnica y forma de construir, con Alemania al frente, se extendió rápidamente hacia el centro y este de Europa, donde se construyeron grandes suburbios. La construcción se realizaba con grandes paneles pesados, con carácter estructural y diferenciador de espacios, buscando un ahorro en los costos y rapidez en la construcción. La producción masiva y seriada de elementos típicos conllevó a pocas diferencias en el diseño, ya que la rigidez de los grandes paneles impedía una adecuada diversificación. (Figura 3)



Figura 2: Berlín, Alemania. Fuente: www.lagazeta.com.ar



Figura 3: Edificios prefabricados en Bucarest, Rumanía. Fuente: https://www.google.com/cu/?gws_rd=cr,ssl&ei=qScZV-WqL8bNeM7ikA#q=edificios+prefabricados+de+la+posguerra

La necesidad de construir rápida y económicamente, dada la escasez de fondos de los países, primó sobre la creatividad de los diseños y particularmente sobre el nivel de confort, que fue devorada por las prisas y por los acabados excesivamente mal ejecutados, dando una imagen que le perjudicaría durante casi todo el resto del siglo XX. La población inicialmente no dio importancia a este aspecto fundamental debido a que básicamente buscaba una vivienda que fuese lo más asequible posible para no tener que vivir en la calle.

Por tanto, la construcción prefabricada quedó asociada a una imagen de gran precariedad en los acabados, viviendas sin posibilidad de diversificación, nulo diseño combinado con toneladas de hormigón, y una apreciable acumulación de personas por metro cuadrado. En los países del norte de Europa las



Figura 4: Edificios de grandes paneles prefabricados en Barcelona. Fuente: <https://www.google.com/cu/search?q=im%C3%A1genes+de+edificios+prefabricados+de+grandes+paneles+en+Barcelona>

regulaciones sobre la vivienda y los mecanismos de control del Estado producen urbanizaciones donde se aprecian mejores criterios de calidad y diseño en los edificios.

Ya a partir de los años 70 la producción industrial de componentes prefabricados en Europa comienza a incorporarse paulatinamente a las nuevas corrientes, presentando producciones más abiertas, integrando elementos constructivos diversos e intentando combinar diferentes materiales y técnicas para flexibilizar su imagen de construcción rígida (Figura 4). Esto condujo a la adaptación y especialización del mercado para integrarse a los nuevos tiempos.

El sector de la construcción no ha estado ajeno a las influencias del desarrollo de la ciencia y, con esta, al de diferentes tecnologías encaminadas no solamente

al incremento de la productividad del trabajo, sino también de la calidad integral del producto final de que se trate. En este contexto, y en función de las posibilidades económicas de los diferentes países, se manifiestan las distintas tendencias de desarrollo en el sector de la construcción, muy en particular en los procesos y procedimientos de la producción de componentes constructivos. Estas tendencias en general son expuestas según tres direcciones:

1. Tecnologías altas (de punta o de avanzada). Tienen lugar en países con alto nivel de desarrollo y exigen gran inversión de capital; están presentes excepcionalmente en algunos países en desarrollo.
2. Tecnologías medias (progresivas). Tienen lugar también en países con alto nivel de desarrollo, exigen mediana inversión de capital; están presentes parcialmente en países en desarrollo.
3. Tecnologías bajas (blandas, populares o para la autoconstrucción). Tienen lugar en países en desarrollo, exigen un mínimo de inversión de capital y están basadas en el perfeccionamiento de la tecnología tradicional y el empleo de materiales locales.

De las tres tendencias relacionadas, el presente artículo abordará específicamente las llamadas tecnologías altas (de punta o de avanzada), con la intención de mostrar el nivel más alto de desarrollo que se ha alcanzado en el sector de la construcción en general, y en particular en lo relacionado con la producción industrializada de componentes constructivos para la ejecución de edificaciones.

Esta tendencia se caracteriza por emplear los últimos avances de la ciencia, aplicada ya sea en el proceso tecnológico de producción, en los productos o en la ejecución de la obra; aunque también han sido

aplicados esos avances en las tres fases. La referida tendencia generalmente transforma la tecnología productiva con la presencia de grandes inversiones de capital y pudiera resumirse como: utilización de las industrias más avanzadas (química, metalúrgica, vidrios, electrónica, entre otras) así como de la ciencia informática, en función de generar nuevos productos y materiales de superiores prestaciones para la construcción, incorporación del concepto de ergonomía en el proceso tecnológico de producción de componentes, etc., con lo que se propicia una mejor organización, calidad, racionalidad, mejores condiciones de trabajo y con todo esto, más elevada productividad en general.

Esta reflexión final queda refrendada en el hecho que, desde el punto de vista de diseño, la edificación en la que tienen lugar los diferentes procesos industriales de producción de componentes prefabricados (Figura 5) se acerca mucho al de cualquiera de las edificaciones en las que se desarrollan procesos para la producción industrial de otros tipos de productos. Lo anterior, indudablemente tiene una importante influencia en los trabajadores de ese tipo de industria productora, en el sentido de que, conceptualmente, son trabajadores de la construcción pero, por el nivel de desarrollo de la instalación, se sienten trabajadores industriales. Cuando ellos llegan al edificio entran, no a una planta de prefabricado, sino a una industria.



Figura 5: En primer plano, edificio industrial de producción de componentes prefabricados de hormigón. Fuente: <https://www.cpi-worldwide.com>

En las tecnologías altas, de punta o de avanzada, están presentes, entre otros, los siguientes aspectos principales:

- Producción y empleo de hormigones de altas prestaciones
- Utilización de la prefabricación perfeccionada contra demanda
- Producción y empleo de cerámica de altas prestaciones
- Producción y empleo de aceros especiales como estructuras y refuerzos
- Empleo progresivo del poliestireno expandido
- Empleo de la madera laminada y pegada
- Utilización de materiales compuestos (*composites*)
- Empleo de la tecnología “sismo indiferente”
- Empleo de medios informáticos y de la robótica en el proceso tecnológico de producción de componentes prefabricados

Para mostrar los avances del estado de desarrollo de la industrialización en el sector de la construcción se tomarán, de los aspectos más arriba mencionados, aquellos que presentan los aportes más significativos:

Utilización de materiales compuestos (*composites*)

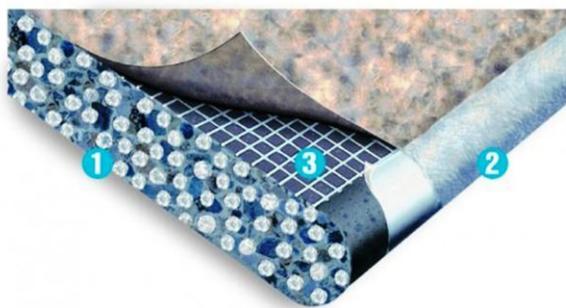
Como materiales para la construcción, aparecen durante la Segunda Guerra Mundial. Son materiales heterogéneos constituidos por una matriz plástica orgánica (polímero), asociada con un refuerzo fibroso: partículas, vidrio o carbono; fibras cortas o fibras continuas (largas).

Según Wikipedia [4], los *composites* o resinas compuestas son materiales sintéticos mezclados heterogéneamente formando un compuesto, como su nombre indica, de moléculas de elementos variados. Estos componentes pueden ser de dos tipos: los de cohesión y los de refuerzo. Los componentes de cohesión envuelven y unen los componentes de refuerzo (o simplemente refuerzos), manteniendo la rigidez y la posición de éstos. Los refuerzos dotan al conjunto de propiedades físicas que mejoran la cohesión y la rigidez. Así pues, esta combinación de materiales confiere al compuesto unas propiedades mecánicas notablemente superiores a las de las materias primas de las que procede. Tales moléculas suelen formar estructuras muy resistentes y livianas; por este motivo se utilizan desde mediados del siglo XX en los más variados campos: aeronáutica, fabricación de prótesis, astro y cosmonáutica, ingenierías naval y civil, etc.”.

Los materiales compuestos no son algo nuevo. La fibra de vidrio y la baquelita reforzada con resina epóxica han sido utilizadas durante decenas de años en una enorme variedad de productos. Lo que es nuevo actualmente es una gama de materiales compuestos avanzados, que utilizan fibras de gran rendimiento como el carbono, la aramida, o el vidrio “S” en matrices epóxicas (lo más generalizado) y, cada vez más, poliamidas. Superan las aleaciones metálicas en resistencia y rigidez, son mucho más livianos, tienen características superiores de fatiga y, lo que es muy importante, son prácticamente inmunes a la corrosión.

Las fibras de aramida son fibras de origen sintético y se obtienen por hilado de poliamidas aromáticas del tipo politereftalato de polifenilendiamina. Poseen alta resistencia específica a la tracción, debido a su alto grado de cristalinidad, y son cinco veces más resistente que el acero [5].

Los *composites* diseñados para su empleo en el sector de la construcción poseen un conjunto de ventajas que los hacen muy útiles a corto, mediano y largo plazo. Estas ventajas pueden quedar resumidas en las siguientes: [5] (Figura 6)



1. Núcleo de cemento aligerado con perlita de Poliestireno
2. Reborde de doble recubrimiento con tecnología EDGETECH
3. Malla de fibra de vidrio

Figura 6: Panel aligerado con perlitas EPS

- Baja densidad, entre 0,03 y 2,0 kg/dm³.
- Excelente comportamiento frente a la corrosión y ataque de agentes ambientales.

- Mejor comportamiento mecánico a esfuerzos simples: tracción, compresión, flexión, corte e impacto.
- Libertad de diseño, teniendo la posibilidad de moldear.
- Color en la masa; posibilidad de incorporar pigmentación durante el proceso de fabricación.
- Mantenimiento mínimo, pues se consideran auto-lavables con la lluvia.

Como inconvenientes se le plantean fundamentalmente dos:

- El escaso conocimiento que se tiene de estos materiales.
- La alta inversión inicial que implican.

Empleo de la tecnología “sismo indiferente”

En el sector de la construcción se ha introducido esta nueva tecnología a través de la cual es posible minimizar e incluso eliminar los riesgos y consecuencias que emanan de la ocurrencia de sismos, independientemente del grado de intensidad de los mismos. Según se expresa en una fuente consultada [6]:

“Es un sistema especial conformado por unos dispositivos de reciente creación, conocidos como ‘aislantes sísmicos’, una especie de cauchos especiales (instalados sobre las columnas del edificio) diseñados en San Francisco, California, para aislar de la fuerza telúrica, a los 7 pisos de la torre”, señaló el ingeniero Carlos Olano de la firma interventora.



Figura 7: Complejo médico en Colombia. Edificación construida con la tecnología “sismo indiferente”. Fuente: <https://222.imbanaco.com/content/una-construccion-futurista-con-tecnología-sismo-indiferente-0>

A diferencia del sistema sismo-resistente, la tecnología “sismo-indiferente” en este caso desplazará y amortiguará la onda telúrica desde el sótano 4 hasta el sótano número 1 y aislará de la fuerza de la naturaleza a los siete pisos de la torre.

Un ejemplo de edificación construida con la referida tecnología lo constituye el Centro Médico Imbanaco, en Colombia, en donde se levanta uno de los más modernos complejos médicos de Latinoamérica. Posee 81 mil m² de área construida; 11 niveles (4 debajo del nivel $\pm 0,00$ y 7 hacia arriba). Un grupo de expertos de la firma Siemens, de Alemania, durante 18 meses se encargó del proyecto de factibilidad y el pre-diseño de las áreas [7]. (Figura 7)

Empleo de medios informáticos y de la robótica en el proceso tecnológico de producción de componentes prefabricados

Todos los sectores económicos poseen un determinado nivel de complejidad. De éstos, el de la construcción, por sus características específicas, se encuentra entre los de mayor complejidad ya que engloba, por ejemplo, un amplio conjunto de procesos muy diferentes y generalmente de grandes volúmenes (movimientos de tierra, producción de materiales, ejecución de obras de ingeniería y arquitectura, etc.); diversos agentes económicos (promotores, constructoras, servicios técnicos profesionales, proveedores de materiales, concesionarias, usuario final, etc.); y complejas interrelaciones para dar soluciones concretas, adaptadas a necesidades y efectos sociales tangibles (efecto económico, impacto ambiental, confort, etc.).

Además de lo anterior hay que considerar otras características muy específicas presentes en sector de la construcción que incrementan las dificultades para un desarrollo más acelerado del mismo. Algunas de esas características no serían permisibles en otros sectores:

- Gran variedad de materias primas y productos
- Gran volumen y peso del producto final
- Baja relación precio/peso y/o volumen del producto final
- Baja productividad del sector en comparación con otros sectores
- Asimila gran volumen de obreros no calificados, ocasionales y sin disciplina constructiva
- Gran sensibilidad ante las crisis económicas nacionales y mundiales
- Poca dinámica y gran retraso en la asimilación de las novedades de la ciencia y la tecnología en comparación con otros sectores de la economía

Todo lo referido anteriormente propicia la comprensión de que en el sector de la construcción, y particularmente en la industria productora de componentes prefabricados para la ejecución de obras, no se ha podido avanzar con la misma velocidad como en otras ramas industriales. No obstante, comparando el desarrollo actual a nivel internacional con el de hace unos pocos años atrás, la industrialización en este sector muestra un adelanto sustancial.

La introducción de las ciencias informáticas en la producción industrializada de componentes prefabricados implicó variaciones en la concepción de la misma pasando del proceso de producción estático al móvil, es decir, el obrero se mantiene fijo en su puesto de trabajo y son los moldes los que van trasladándose de uno a otro puesto para recibir la acción tecnológica que corresponda, lo cual es controlado automáticamente. Esto propicia el diseño de mejores condiciones laborales para el obrero y, aunque de hecho es un trabajador de la construcción, se crea al mismo tiempo una mentalidad de trabajador industrial. Un ejemplo lo constituye la empresa productora alemana Avermann Maschinenfabrik GmbH & Co. KG [7] (Figuras 8, 9 y 10). En la figura 8 se muestra la oficina en la cual se ejecuta el diseño y control de la producción, actividad asistida por un ordenador. En los esquemas que muestran las figuras 9 y 10 se aprecia cómo tiene lugar el flujo tecnológico de producción del componente prefabricado, diseño en este caso concebido en forma circular o de “instalaciones de carrusel integradas” según la nombran algunos especialistas [8].



Figura 8: Ordenador piloto Unitechnik en el principal espacio de control. Fuente: <https://www.filzmoser.com>

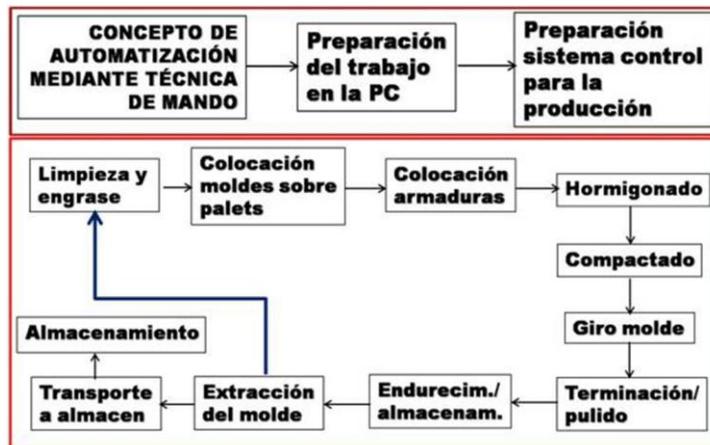


Figura 9: Esquema de proceso automatizado de trabajo de producción móvil en el área de hormigonado. Fuente: <https://www.avermann.com>



Figura 10: Esquema funcional de todo el proceso de producción móvil. Fuente: <https://www.avermann.com>

En algunos países desarrollados, en particular europeos, la industria productora de componentes prefabricados juega un papel económico muy importante en la actualidad. Esto ha originado que cada vez más la automatización, los procesos optimizados, la ergonomía de los puestos de trabajo y la constante modernización de las instalaciones representen tendencias muy significativas, lo cual ha dado como resultado valores de producción más elevados y procesos de trabajo considerablemente más eficientes.

De los países industrializados de Europa, Alemania en particular, se ha convertido en el motor impulsor en cuanto a la transferencia hacia otros países de tecnologías productoras de componentes con un alto grado de desarrollo. Por ejemplo, la empresa alemana Vollert Anlagenbau GmbH [8] desarrolló para Francia una tecnología productora basada en una instalación de carrusel de bandejas de A2C en Sivry Courtry (Figura 11), en la que se fabrican pre-losas armadas, muros dobles, y elementos prefabricados de hormigón con aislamiento en el núcleo. Además, dispone de los mejores estándares tecnológicos a nivel mundial, lo que se refleja, ante todo, en el elevado grado de automatización, que permite lograr una

capacidad de producción anual superior a los 700 mil m² de superficie de elementos prefabricados de hormigón.



Figura 11: Tecnología moderna de circulación. Fuente: <https://www.youtube.com/VollertAnlagenbau>

Para poder realizar la producción mixta deseada con grandes volúmenes de salida, el especialista en instalaciones Vollert Anlagenbau de la ciudad de Weinsberg, al sur de Alemania, apostó por ciclos de producción completamente automáticos, la tecnología de máquinas más moderna, y una estructura de la instalación flexible, que convence por soluciones innovadoras, especialmente de los detalles [8].

Durante el proceso tecnológico de producción el transporte de los moldes en dirección longitudinal se realiza a través de soportes de rodillos de alta resistencia, lo cual se realiza a través de las ruedas de fricción independientes encargadas del movimiento de avance (Figura 11). Todos los procesos son regulados centralmente a través de un ordenador maestro (*Master Computer*) operado por el especialista en control. (Figura 8)

Entre los adelantos significativos incorporados al proceso de industrialización de la producción de componentes prefabricados se encuentran, además de los ya referidos:

- El proceso de hormigonado en los moldes y de terminación del componente prefabricado, que constituyen ejemplos de aplicación de los conceptos de ergonomía y automatización en el sector de la construcción (Figuras 12 y 13).



Figura 12: Automatización del proceso de hormigonado en los moldes. Fuente: <https://www.youtube.com/VollertAnlagenbau>

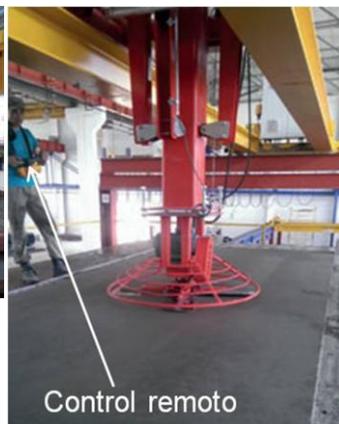


Figura 13: Estación para el alisado y terminación del componente prefabricado. Fuente: <https://www.youtube.com/VollertAnlagenbau>

- La aplicación del procedimiento de compactación de baja frecuencia a los componentes de hormigón (Figura 14), con el cual se logra una actividad muy silenciosa en comparación con los medios que tradicionalmente se emplean en dicho procedimiento. Esta medida forma parte de la incorporación de criterios ergonómicos en el proceso y la disminución del impacto ambiental que provoca el procedimiento tradicional.
- El proceso de curado tiene lugar en cámaras de curado a vapor. Lo novedoso en este caso en comparación con la forma tradicional en que se lleva a cabo este mismo procedimiento, es la presencia del transelevador (Figura 15) y las baterías de cámaras que se encuentran ubicadas a uno y otro lado del pasillo de circulación a través del cual transita. Este equipo es el encargado de tomar del área o estación de hormigonado el molde con el elemento prefabricado ya terminado y transportarlo hacia las cámaras de curado (Figura 15). En función de la ubicación que tenga la cámara de curado en la que corresponda introducir el molde, el transelevador automáticamente mueve el molde, en sentido vertical y horizontal, hasta introducirlo en la misma.
- El empleo de la robotización en diversas etapas del proceso tecnológico de producción, que en este caso se ejemplifica con:
 - a) El procedimiento de posicionamiento de los sistemas de guialderas de los moldes para la conformación geométrica de la pieza a partir del diseño y control CAD/CAM. (Figura 16a).
 - b) El procedimiento de colocación en los moldes de las armaduras de refuerzo del componente prefabricado. (Figura 16b).



Figura 14: Estación de compactación de baja frecuencia. Proceso prácticamente silencioso que garantiza la total eliminación de la segregación del hormigón. Fuente: <https://www.youtube.com/VollertAnlagenbau>



Figura 15: Transelevador recibiendo el molde en el área de hormigonado para su traslado hacia la zona de curado e introducción en la cámara que corresponda. Fuente: <https://www.youtube.com/VollertAnlagenbau>

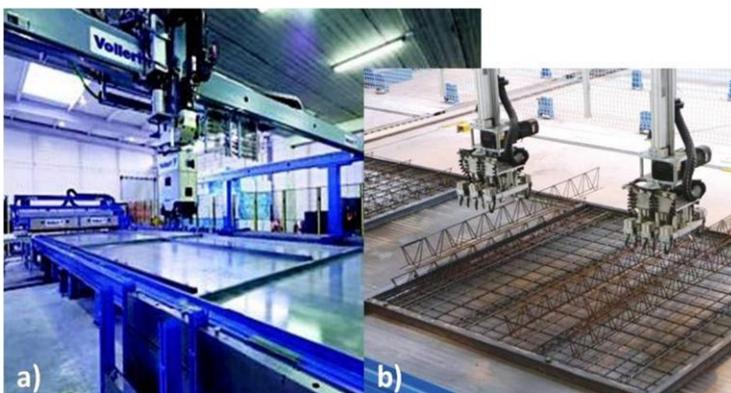


Figura 16: a) Trazado del contorno y posicionamiento de las guialderas para la conformación geométrica de los futuros componentes prefabricados. b) Procedimiento de colocación de las armaduras en los moldes. Fuente: <https://www.youtube.com/VollertAnlagenbau>

Conclusiones

El surgimiento de la prefabricación como técnica de construcción data de la primera mitad del siglo XIX, y alcanzó amplia utilización a mediados del siglo XX, básicamente en Europa, después de terminada la Segunda Guerra Mundial, debido a la gran devastación del patrimonio construido, en particular edificaciones de viviendas.

Normalmente, cuando se habla de la producción de componentes prefabricados, en particular aquella que tiene lugar en plantas fijas en las que está presente un determinado grado de mecanización y muy poco o ningún grado de automatización, se acude a la expresión: “industrialización de la construcción”. Es un error tal generalización; lo correcto es expresar: producción de componentes prefabricados en plantas fijas (o también fábricas), de esta manera queda implícito que no se está hablando de la construcción tradicional sino que se está refiriendo a procesos y procedimientos constructivos que son ejecutados fuera del lugar en que serán utilizados definitivamente los componentes, y en función del adelanto tecnológico que presente la planta (o fábrica) podría expresarse entonces: industrialización en el sector de la construcción.

Múltiples factores, tales como la necesidad urgente de viviendas y la escasez de financiamiento en esos países para dar respuesta a la misma, influyeron negativamente en la creatividad de los diseños y en las terminaciones de las obras. Esta situación sentó las bases para la creación de una imagen que perjudicaría la técnica de prefabricación durante casi todo el resto del siglo XX.

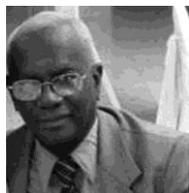
Entre los países europeos, Alemania constituyó el motor impulsor para el empleo y desarrollo de la técnica de prefabricación. Allí se realizaron múltiples investigaciones al respecto, creando procesos tecnológicos de producción que posteriormente se transfirieron a países tanto europeos como de otros continentes.

La técnica de prefabricación no ha estado ajena a los avances de la ciencia y la técnica. De hecho, las tendencias de desarrollo en la construcción se han comportado según el nivel de aplicación de la ciencia en el sector de la construcción, cuyas complejidades y características han constituido, en cierta medida, un freno para alcanzar niveles de desarrollo comparables a los que alcanza la industria en otros sectores económicos. No obstante, hoy puede hablarse de la aplicación de tecnología de avanzada o de punta en los procesos tecnológicos de producción de componentes prefabricados, los que a su vez han implicado una amplia aplicación de los adelantos de la ciencia para el logro de componentes con mayor calidad, rapidez de ejecución, prestaciones y en particular, condiciones de trabajo para el obrero. Pero un desarrollo de este nivel es potestativo, al menos en la actualidad, para países industrializados a partir de la gran inversión de capitales que ese desarrollo demanda.

Referencias bibliográficas

- [1] SALAS, J. *De los sistemas de prefabricación cerrada a la industrialización sutil de la edificación: algunas claves del cambio tecnológico*. Informes de la construcción: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC), Madrid. 2008, vol. 60, núm. 512 (octubre-noviembre), pp. 19-34.
- [2] REISERGASSER, Juan. “La racionalización y prefabricación de la construcción. Una experiencia personal”. Tesis de maestría. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2005.
- [3] PROUVÉ, Jean. “Definición de Prefabricación”. [consultado: 30 de marzo 2016]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/prefabricación>

- [4] RODRÍGUEZ G., DOUGLAS R., PEREIRA S., NATALIE A. “Evolución y tendencias actuales en resinas compuestas”. *Acta odontológica venezolana*. [en línea] 2008, vol. 46, núm. 3 [consultado: 05 de abril 2016]. Disponible en: <https://es.wiki/composite>
- [5] Olivares, Santiago y M. Galán Marín, C. *Los composites: características y aplicaciones en la edificación* [en línea] Informes de la construcción: Departamento de Construcciones Arquitectónicas I, Escuela T. Superior de Arquitectura de la Universidad de Sevilla, España. 2003, vol. 54, núm.484 (marzo-abril) [consultado: 25 abril 2016]. Disponible en: https://www.google.com.cu/?gws_rd=cr
- [6] SAA G. “Una construcción futurista con tecnología sismo-indiferente”. SAINC Ingenieros. Publicada el 27 de enero 2011, Colombia. [Consultado: 27 de abril 2016]. Disponible en: <https://www.imbanaco.com/content/una-construccion-futurista-con-tecnología-sismo-indiferente-0>
- [7] VOLLERT A. ”Moderna producción de elementos prefabricados de hormigón”. Alemania. [Consultado: 04 mayo de 2016]. Disponible en: https://www.vollert.de/fileadmin/inhalte/de/02-unternehmen/01_case-studies/01_betonfertigteile/SCG/1602_vollert_e
- [8] MARKUS O. ”Planta modelo para la industria de elementos prefabricados de hormigón en el Reinado de Arabia Saudita” [Consultado: 4 mayo de 2016]. Disponible en: <https://www.google.com/search?q=Planta+modelo+para+la+industria+de+elementos+prefabricados+d+e+hormig%C3%B3n+en+el+Reinado+de+Arabia+Saudita&ie=utf-8&oe=utf-8>



José Flores Mola
Arquitecto. Doctor en Ciencias Técnicas.
Profesor Titular, Consultante y Emérito
Facultad de Arquitectura. Instituto Superior
Politécnico “José Antonio Echeverría
E-mail: flores@arquitectura.cujae.edu.cu



[Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Unported License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/). (CC BY-NC-ND 3.0).