



Design and development of a new modular bathroom system

Diseño y desarrollo de un novedoso sistema de baños modulares

SANDRA LLORENTE MONLEÓN

Directora ejecutiva de Conspace S.L.U, C/Carlos y Guillermo Fernández Shaw,1. 28007, Madrid (España) e-mail: Sandra.llorente@viacelere.es

- ◊ The subjects identified as keys to energy efficiency, sustainability and competitiveness, match with the achievements of the industrialized modular systems.
- ◊ The savings derived from the modular system include the general and indirect costs of promoters and builders, the surplus interest of promoter loans or guarantees to clients, the after-sales service and the opportunity cost.
- ◊ The use of modular systems is not only economically justified, also in situations of multiple repetitions, tight deadlines, absence of skilled labor, high quality and delicate materials and is needed to reduce security risks and environmental impact.

The techniques of production and in particular of construction tend to be technified, improving its precision, optimizing costs and times of production. This is the strategy to follow for those companies who need to increase its competitiveness. This is the way how modular or prefabrication systems have been introduced in the new construction processes. The modular construction no longer only applies to the structure of a building, but has also specialized in other parts, such as wet rooms; bathrooms and kitchens. Being those stays of the house more reproducible. Modular bathrooms are more common in buildings where houses have the same dimensions and /or distributions, and where therefore their construction is repetitive. The basis of this work is the development of a series production system of modular bathrooms that can be customized, maintaining the specifications and the lines indicated in the project. Also the development of a lifting and assembly tool that allows to minimize the transfer of the modules and facilitate the speed of its installation in its definitive location. The result is an industrialized bath module of high quality, with traceability of the materials and components used, tested and guaranteed, in a assembly line of fast manufacture. The bathroom is delivered completely finished and installed, minimizing the construction deadlines and improving its quality and safety.

Prefabricación, industrialización, sistema constructivo modular, tecnificación, estandarización

- ◊ Las claves para la eficiencia energética, sostenibilidad y competitividad, coinciden con los logros de los sistemas modulares industrializados.
- ◊ Los ahorros derivados del uso modular abarcan los gastos generales e indirectos de promotores y constructores, los intereses sobrevenidos de los préstamos promotores o avales a clientes, el servicio de postventa y el coste de oportunidad.
- ◊ El uso de sistemas modulares no solo se justifica económicamente, también en casos de múltiples repeticiones, plazos ajustados, ausencia de mano de obra cualificada, altas calidades, materiales delicados y cuando se quieren reducir los riesgos de seguridad y de impacto ambiental de la obra.

Las técnicas de producción y en particular de construcción tienden a tecnificarse, mejorando su precisión, optimizando costes y tiempos de producción. La construcción modular ya no solo se aplica a la estructura de una edificación, sino que también se ha especializado en otras estancias de la casa menos personales y con una composición de elementos más reproducible y por tanto industrializable. Los baños modulares cada vez son más comunes en aquellas edificaciones donde las viviendas tienen las mismas dimensiones y/o distribuciones, y donde por tanto su construcción es repetitiva. La base de este trabajo es el desarrollo de un sistema de fabricación en serie de baños modulares que puedan ser personalizables, manteniendo las especificaciones y prestaciones indicadas en el proyecto. La necesidad de poder introducir sistemas de baja temperatura, como suelos radiantes, para completar las estrategias energéticas del conjunto edificatorio, así como el desarrollo para la introducción en los módulos de una red de saneamiento que incluya cierres hidráulicos de conjunto (bote sifónico) se ve desarrollada de manera que el producto final pueda proporcionar los estándares solicitados por el cliente. Igualmente el desarrollo de un útil de elevación y montaje que permita minimizar el trasiego de los módulos y facilitar la rapidez de su instalación en su ubicación definitiva. El resultado es un módulo de baño industrializado de alta calidad, con trazabilidad de los materiales y componentes utilizados, probado y garantizado, en una cadena de montaje de rápida fabricación y que incluye todas las prescripciones técnicas del proyectista. El baño se entrega totalmente terminado e instalado, minimizando los plazos de obra y mejorando su calidad y seguridad.

Prefabrication, industrialization, construction modular system, technification, standardization.

1. INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción en España es uno de los mayores de Europa, por lo que tiene un gran peso en la economía nacional. El importe neto de negocio en España en el sector de la construcción de edificios es muy superior al de la

ingeniería civil. Siendo en 2012 el importe promedio de la edificación de 4.914.624 € frente a 9.649.970 € en 2007 (Fig. 1).

Si bien es cierto que existen unos grandes desajustes en el sector, que se pueden dividir en:

- ◆ Ambientales: grandes emisiones de CO₂ con alto impacto ambiental, alto consumo de energía y recursos.
- ◆ Sociales: sector basado en la subcontratación. Precariedad laboral, baja formación de los trabajadores productivos, sector fragmentado.
- ◆ Económicos: alta fluctuación según ciclos económicos y políticos. Inestabilidad de precios de mercado, dificultad de defensa de presupuestos de ejecución material.
- ◆ Productivos: procesos arcaicos y poco especializados, escasa inversión en I+D+i, problemas en la planificación y gestión de las obras.

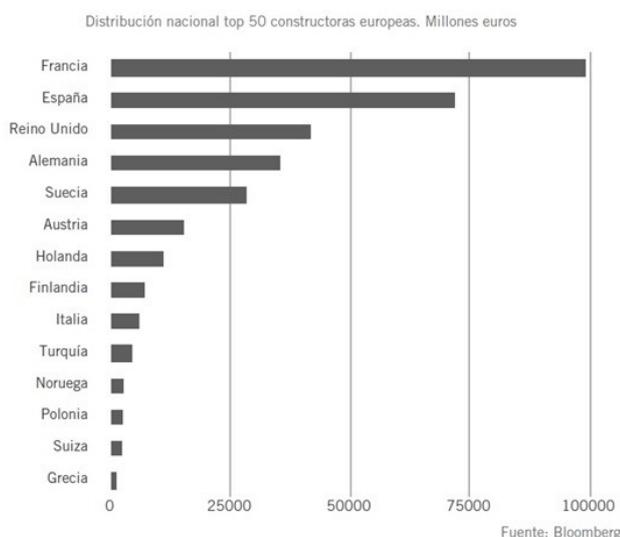


Figura 1: Distribución nacional top 50 constructoras europeas. Millones de euros.

La Unión Europea ha acordado que los edificios que se construyan a partir de 2020 tengan un consumo energético casi nulo y que los que se hayan levantado con anterioridad a esa fecha sean capaces de reducir su consumo energético. Esto implicaría un esfuerzo por parte de las promotoras por mejorar las calidades de la construcción y velar por que la vivienda sea realmente eficiente.

El sector inmobiliario necesita resarcirse de la construcción de baja calidad que se llevó a cabo en los años de burbuja inmobiliaria, años en que no se tomaron medidas para mejorar los procesos constructivos porque "todo se vendía". Tras este frenesí por 'el ladrillo', algunas compañías han decidido invertir en desarrollo tecnológico, con el fin de hacer espacios de la casa más eficientes, sostenibles y respetuosos con el medio ambiente.

Los principales puntos identificados como claves para la eficiencia energética, sostenibilidad y competitividad en sistemas modulares industrializados son:

- ◆ Gestión del residuo: generar menos residuo y reducir el consumo de agua y electricidad.
- ◆ Reducción de los transportes: los materiales empleados estarán fabricados en España, con lo que se reduce la huella ecológica. Si bien, al final es el cliente (promotor) el que elige los materiales que quiere emplear en el módulo

y pueden proceder de otros países.

- ◆ Reutilización de materiales: materiales sobrantes y escombros son reutilizados.
- ◆ Eficiencia energética: los módulos contarán con elementos que ayuden a conseguir la calificación deseada, como suelo radiante o iluminación por led. Igualmente se pueden trasladar los criterios de sellos sostenibles (LEED, BREAM).
- ◆ Disminución del ciclo de producto: reduciendo el impacto de las fluctuaciones económicas, políticas y de gastos sociales.

Por lo tanto, se trata de un proceso de construcción más eficiente, controlado y corto ya que consiste en la fabricación de módulos en una fábrica. Las principales diferencias entre un baño o cocina industrializadas frente a los espacios convencionales son una reducción del plazo de construcción, la consiguiente reducción en el coste final y la inexistencia de problemas de postventa.

Desde la industrialización se pretende contribuir en la evolución eficiente y sostenible de la construcción en España trabajando en llegar a tasas del 15% en los próximos años frente al 5% actual. Como desarrolladores de sistemas modulares para la construcción debemos dirigirnos a un sector altamente profesionalizado: arquitectos, promotores, constructores, administraciones públicas, en doble vertiente: obra nueva y rehabilitación. La vocación es la de ofrecer un servicio integral de acuerdo con las necesidades del cliente: asesoramiento técnico, ejecución de los sistemas modulares específicos y colocación de los módulos en su lugar definitivo. Esto permitirá que el cliente mejore notablemente los tiempos de ejecución y la calidad y reduzca los residuos y los trastornos que estas unidades tradicionales suelen ocasionar.

Para el desarrollo y fabricación de estos productos se deben aplicar las técnicas más avanzadas en cuanto a la gestión de los procesos de fábrica: Lean Manufacturing. El pensamiento Lean se está empezando a aplicar en el sector de la construcción "Lean Construction", mediante LPS (Last Planner System) e IPD (Integrated Project Delivery). Esta filosofía está totalmente alineada con la industrialización, ya que persigue el orden y la limpieza así como evitar el despilfarro. Para garantizar que una empresa esté limpia, ordenada y sea segura Toyota inventó el sistema de las "5s", que tal y como se verá más adelante es extrapolable a la construcción. El nombre del sistema viene dado por las iniciales de las siguientes palabras en japonés:

- 1) SIERI (Clasificar): Eliminar todos aquellos artículos que sean innecesarios en el puesto de trabajo.
- 2) SEITON (Ordenar): Ordenar todos los artículos necesarios, marcarlos claramente y asegurarse que todo el mundo puede acceder a ellos fácilmente. ("Un sitio para cada cosa y cada cosa en su sitio"). Para los artículos clave identificar su localización con recuadros "Kanban".
- 3) SEISSE (Fregar): Fregar todas las máquinas y el entorno de trabajo para mantener una limpieza imaculada.
- 4) SEIKETSE (Sistematizar): Hacer de la limpieza y el orden

una práctica de rutina que forme parte del día a día.

5) SHITSUKE (Mantener): Cumplir con los pasos antes mencionado y proporcionar un sistema de mejor continua en el proceso.

Para el sector de la construcción las 5's significan:

1) Separar lo necesario de lo innecesario: Muchos de los componentes que estorban las actividades y movimientos han de ser separados y en muchos casos eliminados.

2) Los elementos o materiales necesarios deberán ordenarse metódicamente, para evitar accidentes, controlar la cantidad de material existente y poder ubicarlos de forma sencilla, por si se necesitará por ejemplo desplazarlos.

3) Limpiar el espacio físico donde se está construyendo, las herramientas y la maquinaria: Gracias a esto mejoraremos la seguridad, la duración y el mantenimiento de la maquinaria y de las herramientas.

4) Higiene y disciplina de los obreros: contribuyendo de esta forma a su propia seguridad y a evitar enfermedades. Usar los EPIS necesarios, tales como cascos, protectores visuales, botas de obra, etc.

5) Conseguir que los pasos anteriores sean una cosa sistematizada para todos [12].

Otra forma de industrialización del proceso constructivo que se está introduciendo en el sector y que también está imbricada con los productos modulares en la disciplina BIM (Building Information Modeling), tecnificando el proyecto y no dejando nada sujeto a la improvisación.

La tecnología BIM, unida al CAD/CAM para los equipos robotizados de producción, así como mantenerse en mejora continua mediante ingeniería de procesos e implantación de nuevos sistemas y métodos, formalizan una nueva metodología holística de los sistemas constructivos y productivos modificando el paradigma del sector tradicional.

Los baños industrializados cuentan con todos los acabados e instalaciones de un baño tradicional, totalmente probado y certificado. La variedad de acabados, marcas y modelos no tiene limitaciones y serán las que el cliente establezca. Se transportan y se instalan como un bloque compacto y cerrado.

El grado de prefabricación de un edificio se puede valorar según la cantidad de elementos rechazables generados en la obra; cuanto mayor cantidad de residuos, menos índice de prefabricación presenta la construcción [1].

2. GENERAL REGULATIONS

2.1. LA PREFABRICACIÓN

Desde los tiempos primitivos, viene la sociedad sufriendo modificaciones sucesivas y periódicas, en una permanente adaptación de las reglas de su juego a las nuevas circunstancias y condiciones de vida. Esa serie de reajustes, tuvieron sin embargo la marca de un trazo común: el esfuerzo muscular y trabajo manual [6].

Se conoce como prefabricación al diseño y producción de componentes y subsistemas elaborados en una fábrica para su posterior montaje en obra, conformando el todo o una parte de un edificio o construcción.

Tal es así que, cuando un edificio es prefabricado, las operaciones en el terreno son esencialmente de montaje, y no de elaboración. Una buena referencia para conocer el grado de prefabricación de un edificio es la de valorar la cantidad de residuos generados en la obra; cuanto mayor cantidad de escombros y suciedad, menos índice de prefabricación presenta el inmueble [10].

Sin embargo, a pesar de que este tipo de sistemas a lo largo de la historia se han utilizado en tiempos de crisis, y por lo tanto tienen connotaciones negativas, al plantearse en edificios temporales, provisionales y de bajo coste y calidad, lo cierto es que el uso de estos sistemas lleva implícito un aumento de la calidad de ejecución, debido, entre otros factores, al estudio previo del proyecto, llegando a su ejecución sin necesidad de improvisación.

“La prefabricación cerrada fue casi siempre el modus operandi del que se hizo uso cuando concurrían condicionantes excepcionales: plazos de ejecución muy estrechos; uso de tecnologías no siempre asimiladas; proyectos de arquitectura que de la noche a la mañana pasaban de estar gestados “en tradicional” a ejecutarse “en prefabricado” [13].

En este sentido, se han constatado ejemplos históricos muy interesantes. Tras la revolución industrial las construcciones industrializadas singulares pusieron de manifiesto la versatilidad, durabilidad, seguridad y rapidez de ejecución de los sistemas prefabricados, como el Palacio de Cristal, ejecutado por Joseph Paxton en Londres en 1851 con motivo de la exposición universal celebrada ese mismo año, ubicado en Hyde Park, y que posteriormente fue trasladado a la zona sur de Londres (Upper Norwood) en 1954 y que sirvió para multitud de eventos culturales hasta que un devastador incendio terminó con él en 1936.

Este edificio de magnitudes colosales (600 metros de largo, 120 metros de ancho y 34 metros de altura) se construyó en tan solo 9 meses.

Otro claro ejemplo de este tipo de construcción prefabricada singular es la Torre Eiffel, construida en 1889 en París en tan solo un año, con 18.000 piezas y más de 2,5 millones de remaches, que hoy en día es el monumento más visitado de Francia y símbolo de la ciudad de París.

Respecto a la edificación prefabricada residencial fue en América donde se dieron los primeros pasos en edificación residencial unifamiliar. Agustine Taylor creó en 1833 el sistema Balloon frame, con listones de baja escuadría continuos entre planta, que necesitaba una mano de obra muy poco especializada por su ensamblaje mediante clavos de hierro.

Debido a la abundancia de la madera, este sistema se mejoró en 1930 dando lugar al sistema platform framing, que difería del Balloon Framing en que el forjado es pasante, interrumpiéndose los listones de madera en la fachada. Con

nuevos materiales (acero galvanizado conformado en frío), pero el mismo principio, ha llegado hasta nuestros días este sistema denominado en la actualidad como Steel framing.

No obstante, cabe destacar otros ejemplos como la trasposición del ballon frame a vertido de hormigón mediante la patente de Thomas Alva Edison de 1904 mediante su encofrado prefabricado "Single Pour Concrete System", constuyendo de este modo más de 100 edificios solo en Nueva Jersey de los cuales algunos a día de hoy se conservan.

2.2. LA CONSTRUCCIÓN MODULAR

La construcción modular tiene su inicio tras la segunda revolución industrial, con la aparición de nuevos materiales, tales como el zinc (1830), aluminio (1845), níquel (1860), manganeso y cromo (1900), cobre, diferentes productos químicos, cemento Portland (1840) y diferentes energías como el gas, la electricidad o el petróleo.

Principalmente en Europa y Estados Unidos, con el sistema Tilt-Up; que es una técnica de construcción de paneles prefabricados de hormigón, este sistema fue una solución para la reconstrucción rápida en Europa tras la destrucción generalizada de viviendas como consecuencia de la segunda guerra mundial.

Un claro exponente de estos sistemas es la casa Lustron, en 1949, cuyos 3.300 componentes se ensamblaban para construir una vivienda en tan solo dos semanas.

La presión social es cada vez mayor y a mitad del siglo XX se comienza a conceder atención a la persona. La persona exige que la máquina sea quien le sirva a ella, y no ella a la máquina, exige un proceso correcto y racionalmente organizado y condiciones laborales adecuadas. En ese momento, por tanto, las construcciones industriales tratan de conseguir fábricas adecuadas para una producción eficaz, con un buen ambiente de trabajo, con servicios sociales y, a veces, culturales y deportivos [7].

Hacia 1975 podríamos hablar del fin de la prefabricación cerrada, de modo que se introducen componentes fabricados por varias compañías para una misma construcción.

Esta nueva generación tecnológica está basada en unos procedimientos más flexibles, abierto a la compatibilidad de productos y componentes prefabricados de diferentes naturalezas, para obras industrializadas o tradicionales, con un desarrollo de juntas universales y gamas modulares que conforman unas reglas más precisas para los proyectistas, constructores y fabricantes.

Las tecnologías de producción de componentes resistían bien la crisis y se adaptaban mejor que los sistemas cerrados a las nuevas tendencias [15].

En algunos países nórdicos como Suecia se llega a utilizar en un 90 % de sus construcciones el sistema modular, pero en países como España tiene una escasa acogida (apenas un 5%).

Finalmente cabe destacar una nueva tendencia constructiva denominada construcción mixta que se basa en el aprovechamiento del trabajo conjunto del acero y hormigón.

Hoy en día se ha superado netamente los periodos de supervalorar la técnica en detrimento de la sensibilidad. Casi todas las tendencias extremistas en el arte de la construcción se han refundido en una síntesis cabal y bien proporcionada [3].

Si bien es cierto que el diseñador también puede descubrir que las mejoras en una parte del sistema pueden requerir cambios en otra parte y posibles problemas en otras partes [4].

2.3. TIPOS DE CONSTRUCCIONES MODULARES

Los sistemas de construcción modular utilizan diferentes tipos de materiales, como lo son el hormigón, acero, y mixtos (acero con hormigón), aunque también es posible encontrar construcción modular de madera o tabiques y contenedores marítimos.

Antes de la fabricación de los módulos y previo a la construcción de la edificación, se debe analizar toda la ingeniería de diseño, para así tener claro el nivel de detalle de éstos y también la inversión a realizar.

La innovación en algunos aspectos técnicos de un producto, como la prefabricación, a menudo requiere cambios en la forma en que se proyecta el proyecto y en el propio proceso de producción [5].

El ámbito central de la industrialización abierta incluye las siguientes áreas:

- ◆ Lado de la demanda, tratando con las necesidades del usuario en los diseños
- ◆ Oferta, que se ocupa de las necesidades de producción y de la vinculación de la demanda
- ◆ Proceso de construcción, incluyendo organización y comunicación en proyectos de construcción [14].

2.3.1. CONSTRUCCIÓN MODULAR EN HORMIGÓN

A lo largo de la historia de la construcción modular, gran porcentaje del material que se ocupa para la realización de ésta es hormigón y de hecho es el primero que se conoce con este método constructivo, la fabricación de los paneles se realiza en una planta externa a la obra, así se disminuye el riesgo de accidentes, el número de trabajadores, plazos, etc.

El proceso constructivo de este método consiste en primer lugar saber que dimensión tendrán los paneles para luego armar la estructura en sí con los encofrados, que son llenados con un hormigón de alta resistencia, para soportar las cargas de elevación, transporte etc.

Después del hormigonado se procede a un secado rápido con vapor, se desmolda, y mediante cintas transportadoras es enviado a otra sala para el ensamblaje de las piezas.

Una vez construidos los módulos, mediante cintas transportadoras van recorriendo de estación en estación para que los diferentes especialistas procedan con la instalación de los accesorios (terminaciones), hasta este punto llega la labor del fabricante, ya que, finalmente serán instalados en un lugar definitivo, tarea que corresponde al constructor.

Es muy importante estudiar las posibilidades de transporte de los tipos seleccionados de elementos prefabricados de la fábrica al sitio [2].

Para la instalación definitiva, se debe realizar la cimentación acorde con la construcción y luego de esto se deja una base horizontal para ubicar el módulo, la cual puede ser una losa de hormigón en masa. Los módulos son transportados para luego ser montados con una grúa y así consecutivamente hasta montar los módulos correspondientes.

En cuanto a las ventajas en general de este sistema constructivo se puede decir que, el plazo de la ejecución se reducirá considerablemente en comparación a la construcción in situ, otra ventaja a mencionar son sus propiedades de aislamiento termo-acústico.

Para su cálculo y prescripción, se deben tener en cuenta las acciones en la edificación, tales como acciones permanentes, variables y accidentales [8].

Si los paneles de fachada no son portantes, se utilizará hormigón no estructural. La resistencia característica mínima de los hormigones no estructurales será de 15 N/mm². Debido a la baja resistencia que requieren estos hormigones y, consecuentemente bajos contenidos de cemento, entre sus requisitos no parece necesario que deba consignarse en su designación ningún tipo de referencia al ambiente, según el apartado 39.2, resultando por tanto para los Hormigones No Estructurales (HNE) la siguiente Tipificación: HNE-15/C/TM. Se recomienda que el tamaño máximo del árido sea inferior a 40 mm, al objeto de facilitar la puesta en obra de estos hormigones [9].

Si los paneles de fachada resultan portantes para la estructura y estabilidad del conjunto, Los edificios construidos con este sistema se conciben como estructuras formadas por grandes elementos verticales que se constituyen al agruparse los paneles prefabricados, trabajando como ménsulas flechadas en su plano [15].

La principal desventaja es el transporte de los módulos, el precio de dicho transporte depende de la distancia en que se encuentre la planta de la obra, mencionando que, a medida que aumentan los kilómetros, aumenta el precio de transporte.

Por último conocer que, para apoyar un módulo sobre otro, se utilizan unas placas amortiguadoras de acero inoxidable.

2.3.2. CONSTRUCCIÓN MODULAR EN TABIQUES

Su estructura está formada por perfiles de acero galvanizado unidos por tornillos, después se instala el aislamiento termo-acústico que puede ser de lana mineral, de vidrio o poliestireno expandido, para su revestimiento interior se utilizan planchas de cartón yeso RH (resistente a la humedad),

o planchas de fibrocemento (en caso de terminación con cerámica), y para el revestimiento exterior se utilizan planchas de cartón yeso. Los revestimientos y tipos de aislamiento varían de acuerdo al proveedor.

En cuanto a las ventajas de este sistema cabe destacar que es más rápido y económico en comparación al sistema modular de hormigón y por esto, también es más utilizado.

En este tipo de proceso de fabricación de módulos no es necesario el transporte a otras áreas de fabricación, ya que, su confección se realiza en un solo lugar por su ligero y sencillo proceso constructivo.

Como se ha visto, el mercado de la construcción modular existe desde hace décadas y es una alternativa constructiva, principalmente la de casas modulares, a la edificación tradicional in-situ.

Sin embargo pese al avance de la tecnología aplicada al mundo de la construcción en los últimos años, los métodos utilizados en este sector siguen siendo los mismos; esta situación nos lleva a plantear la necesidad de cambiar la forma de construir para adaptarla a estos nuevos productos surgidos y así aprovechar todas sus ventajas: abaratar costes, acortar plazos y mejorar acabados.

Igual que en otros campos de la tecnología, los cambios son lentos, y la solución óptima no aparece destacada de forma notable frente al resto de alternativas futuribles.

Con ese objetivo surge la idea de plantear un sistema constructivo alternativo al tradicional y que suponga un salto importante respecto de los sistemas modulares existentes de tal manera que sea un sistema competitivo que pueda llegar ser una alternativa "convencional" para constructores, arquitectos o promotores.

En este aspecto se ha pasado del oficio aprendido durante años al entrenamiento corto para poner en obra sistemas industrializados sencillos y cómodos de ejecutar ("del mono azul al mono blanco"). La posible evolución a futuro puede incluir aspectos (entre otros) como una mayor formación en general, pero, sobre todo, en aspectos de seguridad y salud en el trabajo, como medio de combatir el actual problema de exceso de accidentes laborales en este sector [7].

El proyecto tiene como objetivo el desarrollo tanto de un producto como de su sistema de fabricación y puesta en obra, dentro del sector de construcción modular de baños prefabricados.

Es un producto optimizado en costes y tiempos de fabricación que mejora la sostenibilidad del proceso, lo hace más flexible y permite una eficiencia energética de clase A. En este campo existe una doble vertiente: el respeto al medio ambiente en la explotación de la fábrica o planta industrial y el respeto al medio ambiente a la hora de diseñar y construir las infraestructuras de la fábrica [7].

El desarrollo de este novedoso sistema de baños modulares representa una mejora de la competitividad, ya que supone desarrollar un producto que por su optimización en los costes de fabricación y puesta en obra facilita la penetración de la

empresa en un mercado de gran crecimiento como es el mercado de la construcción modular.

Gracias a la implementación de estos nuevos sistemas constructivos, basados en módulos prefabricados de forma industrial, se lograran disminuir los actuales plazos de construcción, una variable vital en la coyuntura actual de bajos precios donde la competencia en precio y ventajas es tan estrecha, y hacerlo garantizando unos niveles de calidad y seguridad, sin por ello perjudicar el coste actual de estas viviendas, siempre muy ajustado.

Para llevar a cabo el proyecto serán necesarias una serie de actividades de investigación, diseño y desarrollo con elevado contenido tecnológico, algunas de las cuales, las más representativas, se enumeran a continuación:

Estudios teóricos de dimensiones, estructuras, conexiones, materiales, etc., con objeto de dotar a los nuevos módulos de un nivel elevado de prestaciones, calidad junto con economía de costes y tiempos de producción, desarrollo de modelos prácticos del sistema, bien completo a escala, o bien, en caso de que resulte inmanejable, de distintas partes del sistema, etc.

Así, el objetivo global del proyecto, consistente en desarrollar innovadores componentes constructivos, apoyándose para ello en procesos de cálculo, simulación, desarrollo de prototipos y ensayos de validación, enlaza directamente con lo expuesto en el texto refundido de la ley del impuesto de sociedades, artículo 35, en el que se definen las actividades de Desarrollo Experimental como la aplicación de los resultados de la investigación o de cualquier otro tipo de conocimiento científico para la fabricación de nuevos materiales o productos o para el diseño de nuevos procesos o sistemas de producción, así como para la mejora tecnológica sustancial de materiales, productos, procesos o sistemas preexistentes.

Con todo lo expuesto se puede afirmar que la naturaleza del proyecto es de Investigación y Desarrollo, debido a que cada una de sus actividades está dentro del concepto de actividades de Investigación y Desarrollo marcado por el artículo 35 del Texto Refundido de la Ley del Impuesto de Sociedades.

Además, dentro del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016, este proyecto encaja perfectamente con varios de sus objetivos:

- ♦ Programa Estatal de Fomento de la Investigación Científica y Técnica de Excelencia, cuyo objetivo es incentivar la generación de conocimientos científicos y tecnológicos, sin orientación temática previamente definida, que contribuyan a avanzar la frontera del conocimiento así como al desarrollo de tecnologías emergentes.
- ♦ Programa Estatal de Impulso al Liderazgo Empresarial en I+D+I, cuyo principal objetivo es lograr que las empresas españolas incrementen su competitividad a través de la generación e incorporación de conocimientos, tecnologías e innovaciones destinadas a la mejora de procesos y la creación de productos y servicios tecnológicamente avanzados y de mayor valor añadido.

El objetivo es desarrollar un sistema industrializado de fabricación de baños modulares tanto para grandes comunidades de vivienda nueva como para rehabilitación de edificios principalmente del sector terciario (hospitales, hoteles, residencias, etc.), para obtener la mejor relación tiempo de ejecución y eficiencia energética respecto del coste de fabricación.

Podemos exponer que este camino ya se ha recorrido en localizaciones como Hong Kong, donde el prefabricado se introdujo en el sector privado a partir de 1998. En el 2006 aumentaron notablemente los proyectos privados de prefabricación debido a promoción de uso de tecnologías de construcción verde [11].

Para lograrlo, las fases serán investigar, diseñar y desarrollar nuevas soluciones de baños modulares de tal manera que el resultado de los esfuerzos en el desarrollo de un sistema propio industrializado de fabricación de baños modulares suponga un salto importante tanto en el proceso como en el producto respecto de lo ya existente, para obtener un producto más competitivo y avanzar en la generalización del uso de estos sistemas en la construcción, siendo este un beneficio a compartir con el resto del sector y competencia.

En definitiva es necesario hacer del sistema de baños modulares Conspace un sistema más avanzado y competitivo, que pueda ser una alternativa a tener en cuenta desde un primer momento por promotores, proyectistas y administraciones, punto fundamental para ser un referente tanto el mercado nacional y ya existente como para abordar con éxito los nuevos mercados (vivienda social – países emergentes).

OBJETIVOS técnicos parciales:

- ♦ Hacer un análisis de la técnica pormenorizando tanto de los sistemas convencionales (sistema in-situ) así como los sistemas de fabricación y montaje de baños modulares de la competencia, así como de la normativa y de los últimos avances respecto de la técnica constructiva de módulos prefabricados. Hacer un estudio detallado de materiales de construcción para encontrar los más idóneos para conformar el nuevo baño modular.
- ♦ Fijar un sistema de indicadores de tal manera que la bondad del sistema de fabricación sea contrastable durante la evolución del proyecto, considerando como variables más importantes: tiempos de fabricación y montaje, eficiencia energética, peso, resistencia y coste final entre otros.
- ♦ Desarrollar un sistema de fabricación industrializado, flexible en cuanto a las exigencias del cliente (dimensiones y calidades), pero robusto en cuanto a la constancia en los valores de sus indicadores principales: tiempo fabricación/precio o tiempo fabricación/prestaciones.
- ♦ Mejora de la fase de fabricación: Análisis del proceso productivo y propuesta de mejoras. Evaluación de cada operación en tiempos de ejecución, coste de operación y prestaciones finales del producto, buscando la mejor relación entre factores.

- ♦ Mejora de la logística: confrontación de dimensiones, pesos y geometrías de los baños para optimizar las operaciones de traslado de fábrica a obra. De nuevo los esfuerzos técnicos en este sentido permiten reducir los costes de transporte por unidad de baño y apoyar el objetivo final que es tener un producto lo más competitivo posible.
- ♦ Mejora de las operaciones de colocación del baño en su ubicación definitiva, optimización de coste, tiempos y medios necesarios.
- ♦ Minimización de las actuaciones de post-venta, reducción de incidencias.
- ♦ Análisis de las características y prestaciones de los baños modulares. Propuesta de mejoras de cara a la mejora de la percepción del usuario final.

Se busca desarrollar un sistema de fabricación de baños modulares que permita una disminución en los tiempos de entrega de más de un 10%, al reducirse los tiempos de fabricación, pero asegurando que el inmueble donde va destinado el baño conserve la certificación energética clase A, con las estrategias necesarias prescritas en proyecto, caso de que se encuentre dentro de ella, todo lo anterior conjugado con un coste final similar al del sistema de instalación de un baño convencional.

La adopción de nuevas ideas y, por lo tanto, la innovación en la construcción dependerá de la adecuación de las soluciones físicas y organizativas particulares entre sí, así como de la aceptación por parte de diversos actores [6].

La principal ventaja técnica, económica y social que se espera obtener, a través del diseño y desarrollo del innovador sistema de baños prefabricados, es incrementar la productividad de las obras y la calidad de las soluciones de las viviendas, que en el medio plazo, es decir cuando se evalúan los costes definitivos de construcción de un edificio, redundan en un ahorro para la promoción, que es mayor cuanto mayor sea el número de baños instalados.

En lo relativo a la experiencia del usuario final se han mejorado las prestaciones de los baños gracias a las mejoras en los sistemas de ventilación, la respuesta de los espejos frente al vaho y se ha tendido a minimizar los sonidos generados por tuberías de saneamiento y agua.

Este sistema permite la cómoda incorporación de suelo radiante, que en otros sistemas conocidos es una operación complicada o inviable. Todo ello teniendo especial cuidado en que la incorporación del baño modular como solución mantenga la clase A de eficiencia energética del edificio.

En lo relativo al proceso o sistema de ejecución los principales avances se basan en la mejora de los procesos de fabricación en seco, así como en el desarrollo de soluciones constructivas que optimicen los tiempos y medios productivos como el bote sifónico (cuando la única posibilidad hasta el momento eran los sifones individuales), la salida del inodoro en vertical, cuando la solución de otros sistemas modulares únicamente es en horizontal, o el desarrollo de un sistema que hace viable y óptimo el alicatado directamente sobre chapa.

En cuanto a las operaciones de logística, transporte a obra, colocación y montaje-conexión los avances técnicos se han referido al sistema y medios de elevación, mediante el desarrollo de un "útil" específico que permite la ubicación directa del baño sobre forjado, prescindiendo de andamios previos, siendo por tanto la operación más rápida y económica.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que con los baños industrializados es posible la construcción o montaje con un mínimo de materiales para la realización de juntas, conexiones y remates, por lo cual se disminuyen los acarrees, las facilidades temporales para el almacenaje y las pérdidas, sobre todo desperdicios y emanaciones, ya que en la planta los residuos son mejor controlados y disminuidos lo máximo posible.

Además, al llegar los componentes prefabricados a obra, se reduce la cantidad de residuos generados en el terreno donde se realiza la construcción (embalajes, rotura de piezas, etc.), así como la presencia en obra de productos tóxicos.

El mejor momento para introducir estos sistemas modulares se constituye en el plazo del proyecto básico, ya que es cuando integraremos los módulos con mayores ventajas y menores costes, de forma que podremos conseguir que sean repetitivos y proyectaremos las dimensiones óptimas para los transportes.

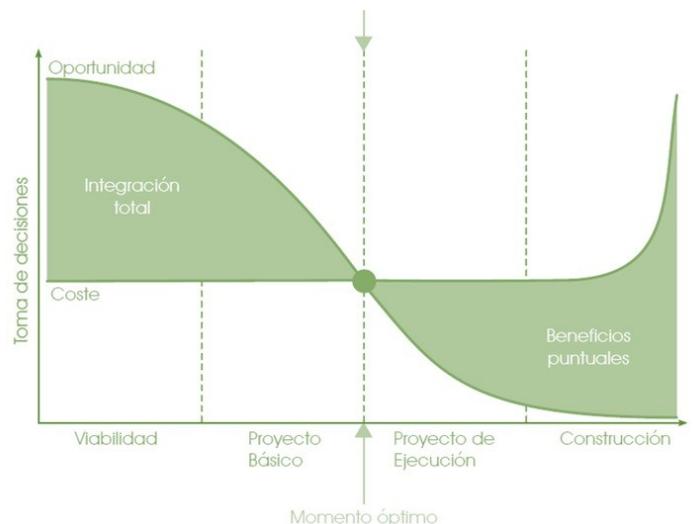


Figura 2: Gráfico de toma de decisiones del momento óptimo Coste-oportunidad. Conspace

Si bien estamos hablando que los sistemas modulares de cuartos de baños suponen una ventaja económica respecto de la ejecución por metodología tradicional, cabe explicar que ese ahorro de costes no se explica teniendo en cuenta únicamente el presupuesto de ejecución material.

El precio de ejecución del cuarto de baño es similar en los sistemas industrializados y artesanales, pues para su levantamiento se utilizan los mismos materiales, si bien la industrialización optimiza las cantidades utilizadas.

En el baño fabricado en industria, debemos añadir gastos de transporte y elevación, por lo que su precio directo puede suponer una desventaja.

Para considerar los ahorros derivados del uso modular, debemos contabilizar los gastos inherentes al tiempo: los gastos generales e indirectos de promotores y constructores, los intereses sobrevenidos de los prestamos promotores o

avales a clientes, la postventa por una mala calidad de ejecución así como el coste de oportunidad deben ser factores tenidos en cuenta a la hora de valorar la viabilidad económica de estos productos.

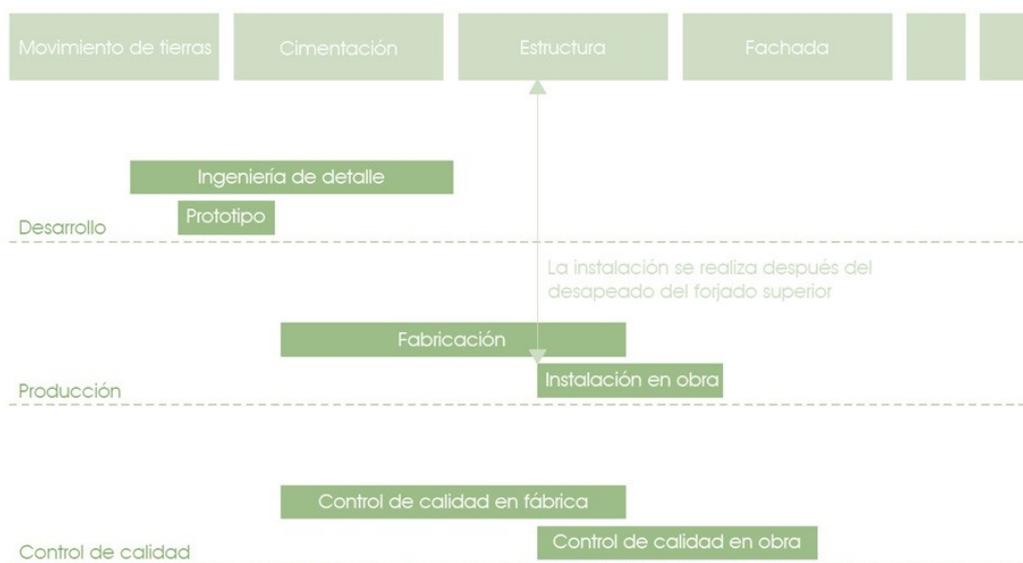


Figura 3: Gráfico comparativo de análisis de ahorros entre la ejecución material de un baño tradicional y la ejecución de un baño industrializa-

3. PLANIFICACIÓN

3.1. ACTIVIDAD 1 – ESTUDIO DE NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS TÉCNICOS. ESTADO DE LA TÉCNICA

Durante la primera actividad se tomara contacto con la problemática planteada, se debe alcanzar el conocimiento suficiente del problema, recopilando la información sobre los sistemas convencionales y de la competencia e identificando las necesidades que orienten los requisitos que debe cumplir el nuevo producto (baño modular) y su proceso de fabricación y colocación en el punto de demanda. El objetivo final de esta actividad es identificar los objetivos y los puntos clave de diseño, mejora y optimización y así generar una propuesta técnica o variedad de alternativas a considerar en la actividad siguiente de diseño.

Resultados esperados: Propuesta técnica y tecnológica más idónea para desarrollar un nuevo par producto-proceso de baños modulares de alta eficiencia.

3.2. ACTIVIDAD 2 - DISEÑO DEL NUEVO SISTEMA DE BAÑOS MODULARES PARA VIVIENDA NUEVA

A partir de los requisitos técnicos y funcionales, determinados en la actividad 1, se deberá realizar un estudio de los diferentes componentes que conforman los baños, así como los medios involucrados en las fases subsiguientes a la fabricación del baño como son el transporte, la elevación o colocación en el punto del destino así como la conexión y montaje del baño.

Para los puntos claves de diseño identificados previamente se

realizarán las propuestas de diseño para finalmente desembocar en un diseño final de prototipo mediante la consecución de plantillas de ingeniería de detalle.

Resultados esperados: Planos / Selección de componentes de los prototipos / Diseños de componentes y de prototipos completos.

3.3. ACTIVIDAD 3 – DESARROLLO DE PROTOTIPOS DE BAÑOS MODULARES PARA VIVIENDA NUEVA

A partir de los diseños anteriores se desarrollaran los diferentes tipos de prototipo definidos en la actividad anterior. Gracias al desarrollo de los prototipos se adquirirá el conocimiento práctico necesario para la optimización de las diferentes fases de fabricación, la identificación de medios necesarios y la organización del trabajo, es decir, el conocimiento de los tiempos mínimos de ejecución.

Resultados esperados: Prototipos físicos ejecutados/ Definición del proceso de fabricación / Definición del proceso de carga-descarga / Definición del proceso de elevación y puesta en obra.

3.4. ACTIVIDAD 4 – DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE BAÑOS MODULARES PARA VIVIENDA REHABILITADA

En la última actividad se replican las actividades 2 y 3, es decir diseño e implantación de prototipos, aplicado al caso de baños modulares requeridos en rehabilitación de hoteles, residencias, hospitales, etc., es decir, edificios del sector terciario.

La problemática es bien diferente ya que el edificio no está

en construcción y hay otros muchos condicionantes que obligan a que las operaciones de diseño del baño sean muy precisas. Durante esta actividad se deberá definir un diseño base que persiga los mismos objetivos ya marcados (reducción de tiempos de ejecución, minimización de costes, respeto de las calidades, etc.), y se realizará un prototipo que ayude a configurar el sistema óptimo de fabricación.

3.5. VENTAJAS DEL BAÑO MODULAR (INDUSTRIALIZADO) FRENTE AL BAÑO TRADICIONAL (IN-SITU)

- ♦ CALIDAD:
Calidad uniforme industrializada; Estandarización; Control de planificación; Menor probabilidad de fallos: los baños se prueban en fábrica.
- ♦ COSTO:
Ahorro en supervisión en inspección; Coste fijo; Menor gasto en faenas de apoyo (trazado, aseo, transporte Interno, retiro de escombros, protección, etc.); Reducción del coste unitario, generales y de gestión; Reducción en costes seguridad y prevención.
- ♦ FABRICACIÓN - MONTAJE
Mejor coordinación de proveedores y gremios; Rápida conexión en obra a las redes generales de electricidad y fontanería, saneamiento y ventilación; Mayor control del proceso de fabricación.
- ♦ SEGURIDAD
Instalación de faenas más pequeñas; Menor exposición a accidentes; Menos personal en obra.
- ♦ TIEMPOS DE FABRICACIÓN - PLAZO
Instalación en obra en el menor tiempo posible; Mejor control en plazo de obra; Mejor plazo de certificaciones; Retorno anticipado de la inversión; Sin tiempos muertos o de espera; Simplificación de gestión en obra.

4. CONCLUSIONES

Por todo ello los baños modulares no solo deben justificarse por una cuestión económica, que como ya hemos comentado pueden ser más económicos en promociones de más de 50-100 viviendas que tengas un gran número de viviendas vendidas, a veces deberían ser la solución idónea cuando los condicionantes son más ajustados, es decir, el baño modular es una excelente solución en las siguientes situaciones constructivas:

- ♦ Cuando hay módulos repetitivos: promociones con número considerable de viviendas tipo.
- ♦ Cuando se necesita acortar la duración de la obra.
- ♦ Cuando falta mano de obra local cualificada.
- ♦ Cuando las altas calidades y su homogeneidad son fundamentales.
- ♦ Cuando se utilizan materiales delicados, caros y complicados de colocar (materiales naturales, grandes formatos, etc.) que necesitan un cuidado especial muy

difícil de conseguir en obra.

- ♦ Cuando se necesita información segura y fija sobre el coste de los baños sin gastos inesperados.
- ♦ Cuando se quiere reducir los riesgos de seguridad y de impacto ambiental de la obra

5. REFERENCIAS

- [1] Aguiló Alonso, M. Et al. (1974) Prefabricación: Teoría y práctica. Editores Técnicos asociados, Barcelona
- [2] A.S.G. Bruggeling, C.F.Huyghe. (1991) Prefabrication with Concrete.
- [3] Balladur, J (1996) Industrialización: La industrialización del edificio. Hogar y arquitectura: revista bimestral de la obra sindical del hogar, ISSN 18-3237, N°62, PP 68
- [4] Berndt, K. (1970) La prefabricacion de viviendas en hormigón.
- [5] Boresi, A. P., Schmidt, R. J. Y Sidebottom, O. M. (1993). Advanced Mechanics of Materials, 5 Th Edition, John Wiley & Sons Inc, New York.
- [6] Bygballe, Lena E. Ingemansson, Malena, (2014) The logic of innovation in construction, Industrial Marketing Management, Volume 43
- [7] Costa, L. (1949) Razones de la Nueva Arquitectura. Informes de la construcción, nº12 julio 1949. Instituto Técnico de la Construcción y el Cemento. Consejo superior de Investigaciones Científicas CSIC
- [8] Cruz Lopez. M.P. (2001) Construcción y arquitectura industrial para el siglo Xxi. Un análisis preliminar. Informes de la construcción, Vol. 53, 473, 39-53
- [9] CEB: Recomendaciones para el Proyecto, Ejecucion y Montaje de Elementos Prefabricados.
- [10] CTE: Código Técnico de la Edificación.
- [11] EHE: 08 Instrucción de Hormigón estructural.
- [12] Gomez Jauregui, Valentin (2008). Industrializacion Vs Prefabricacion. Gremios, Periodico de la Construccion. (77). BI-2610-01.
- [13] Jaillon, Lara; Poon, C.S. (2009) The evolution of prefabricated residential building systems in Hong Kong: A review of the public and the private sector, Automation in Construction, Volume 18
- [14] Lewicki, Bohdan. (1968) Edificios de viviendas prefabricadas con elementos de grandes Dimensiones.
- [15] Rohm, Walter. (1977) La prefabricación.
- [16] Salas J., Oteiza, I. (2009) Estrategias divergentes de industrialización abierta para una edificación pretenciosamente sostenible. Informes de la construcción, Vol.61, 513, 11-31, enero-marzo 2009. ISSN: 0020-0883. eISSN: 1988-3234. Doi:10.3989/ic.08.050
- [17] Von Halasz, R.G. Tantow, G. (1972) La construccion de grandes elementos prefabricados.

WHAT DO YOU THINK?

To discuss this paper, please submit up to 500 words to the editor at bm.edificacion@upm.es. Your contribution will be forwarded to the author(s) for a reply and, if considered appropriate by the editorial panel, will be published as a discussion in a future issue of the journal.