

DEFINICIÓN Y MEDICIÓN DE EDIFICACIÓN INDUSTRIALIZADA



Red | CLÚSTERES
CONSTRUCCIÓN



ÍNDICE

- Resumen ejecutivo	3
- Antecedentes	4
- Objetivo del documento	5
- Definición de industrialización de edificios y de componentes industrializados	5
- Medición de la industrialización de edificios	8
- Clasificación de grados de industrialización	9
- Aplicación práctica: licitación pública de Alcalá de Guadaíra	11
- Recomendaciones para los agentes del sector	12
- Conclusiones	13
- Bibliografía	14

1. Resumen ejecutivo

Este documento sintetiza el marco teórico y práctico para **medir y clasificar la industrialización de la edificación**.

La **Edificación Industrializada es el proceso** de construcción que implica la fabricación industrial de **componentes** para su posterior transporte, recepción en obra, montaje y ensamblaje en el edificio.

Se entiende por **componente** a toda aquella pieza o parte del edificio **formada por agregación de elementos** que **resuelve uno o más requisitos funcionales y que ha sido fabricado industrialmente** para transportarlo y que una vez colocado en el lugar del edificio que le corresponde cumpla con la labor funcional que le ha sido asignada.

En esta definición resulta importante comprender que **la escala del sistema es el edificio a construir**, y que dentro de este sistema **los componentes se clasifican según su función en subsistemas** como: Estructura, Cerramientos, Instalaciones, Distribución interior (1, 2,4).

Se mide lo industrializado que es un sistema constructivo en base a dos tipos de parámetros, de una forma cualitativa y que se denomina “grado de industrialización”, o de una forma cuantitativa y que se denomina “índice de industrialización”, entre ambos hay una correlación lógica ya que cuanto mayor sea el grado de industrialización, mayor será el índice. (5,6)

El índice de industrialización supone conocer el **coste de los componentes industrializados dividido por el presupuesto de ejecución material del sistema (componentes industrializados/PEM)**. Por lo tanto, **un edificio será más industrializado cuanto mayor sea esta ratio** (a continuación, se proponen grados de industrialización basados en este parámetro) – El índice de industrialización I_i se calcula así:

$$I_i = \frac{\sum \text{Coste de componentes industrializados} + \text{Costes de logística y montaje}}{\text{Presupuesto de ejecución material (PEM)}} \times 100 \%$$

Donde:

- **Numerador:** suma de costes directos de los componentes industrializados incluidos en el proyecto, más costes asociados a logística, montaje y medios auxiliares.
- **Denominador:** PEM del edificio, es decir, el coste directo de ejecución material sin incluir costes indirectos.

2- Antecedentes

La **vivienda es en la actualidad uno de los problemas más importantes** tanto a nivel europeo como nacional. La cuestión tiene muchas derivadas, entre las cuales una es la falta de oferta suficiente, con sus consecuencias de incrementos de precio y de falta de asequibilidad.

Entre otras medidas complementarias (aumentar la oferta de suelo urbano consolidado, consensuar una Ley de Vivienda adecuada, ...), **es imprescindible aumentar el ritmo de construcción de viviendas de forma urgente**. Para ello, es necesario, entre otras muchas cuestiones (legales, normativas, financieras...) adecuar e innovar los procesos del sector de forma que permitan una mayor complicitad entre los distintos agentes, aumentando la velocidad de producción.

Un edificio cuenta con numerosos elementos que se producen en fábrica (ladrillos, placas de yeso, lana de roca,...). Se trata de elementos que cuentan con un tejido industrial maduro y diseminado geográficamente. Sin embargo, **España carece de una industria de componentes complejos** y de alto valor añadido que suponen la siguiente etapa en la construcción industrializada de edificios. Se trata de componentes que, cuando se comparan con el proceso de construcción tradicional, se constata que precisan de un mínimo trabajo de montaje y de integración en el edificio (fachadas, componentes de baños y cocinas, escaleras, estructuras...).

Se hace **necesaria una legitimación entre agentes que defina industrialización de los edificios y su medición** de acuerdo con la realidad española e internacional. De esa forma, los diferentes agentes del sector pueden potenciar la edificación industrializada y fomentar la industria que se necesita de forma urgente.

La **administración podrá usar estos criterios** a la hora de realizar **censos**, de **lanzar pliegos públicos** o ayudas para la creación de industrias inexistentes/incipientes (PERTE, instrumentos de financiación ICO, ...); el **sector financiero/asegurador** podrá utilizar los criterios consensuados a la hora de **ofrecer productos orientados específicamente a este tipo de industrialización**; el inversor/**promotor**/constructor tendrá **certidumbre a la hora de crear nuevos vehículos industriales** (7,8).

3. Objetivo del documento

- **Definir, medir y clasificar** los diferentes sistemas constructivos industrializados en función de los procesos empleados y de la participación de componentes industrializados.
- Permitir que administraciones públicas y agentes del mercado dispongan de un **parámetro objetivo** para prescribir el sistema constructivo óptimo, mejorar la planificación financiera y fomentar la competencia y colaboración público-privada. **Este parámetro debe ser transparente, replicable, contrastable y sencillo.**

4. Definición de industrialización de edificios y de componentes industrializados

4.1 Evolución del concepto

La industrialización en edificación no es nueva; desde la prefabricación de mediados del siglo XIX se han utilizado componentes fabricados en taller que luego se montan in situ. Hoy se entiende la industrialización de forma más **holística**:

- **Fabricación off-site y montaje in situ**: los componentes o módulos se fabrican en instalaciones industriales y se ensamblan en la obra.
- **Orientación al cliente y al producto**: el enfoque se dirige a satisfacer necesidades del usuario final mediante configuradores y plataformas de producto. Al cliente suele serle indiferente la forma en que se construye el edificio (tradicional o industrializada) siempre que las prestaciones del mismo se ajusten al Código Técnico de la Edificación y a sus necesidades y expectativas.
- **Digitalización y uso de BIM/IT**: la planificación y coordinación digital (BIM) y las plataformas de producto permiten optimizar diseño y ejecución.
- **Estandarización y automatización**: se fomenta la estandarización de componentes y la automatización de procesos, incluyendo el uso de Lean Manufacturing y Lean Construction para coordinar la fabricación y el montaje, sin que ello suponga renunciar a la calidad arquitectónica de los proyectos.
- **Relaciones estratégicas en la cadena de valor**: se trata de una innovación de Proceso que promueve la colaboración a largo plazo entre promotores, fabricantes e instaladores. (3)

4.2 Beneficios de la industrialización

La industrialización busca **reducir tiempos** de ejecución, **mejorar la calidad y la sostenibilidad** y **optimizar los flujos financieros**. En proyectos con mayor grado de industrialización, los plazos se reducen, las obras se planifican con precisión y los riesgos laborales disminuyen. Asimismo, la estandarización permite **controlar mejor la energía y los recursos** y facilita el mantenimiento durante la vida útil del edificio.

4.3 Definición de industrialización y de componentes

La **Edificación Industrializada** es el **proceso** de construcción que implica la fabricación industrial de **componentes** para su posterior transporte, recepción en obra, montaje y ensamblaje en el edificio.

Suele exigir una coordinación entre agentes basado en procesos preferiblemente digitalizados y automatizados, que tienden a convertir la obra en un centro de ensamblaje y de montaje, prioritariamente por montaje de componentes en seco “in situ”.

Se entiende por **componente** a toda aquella pieza o parte del edificio **formada por agregación de elementos** que **resuelve uno o más requisitos funcionales y que ha sido fabricado industrialmente** para transportarlo y que una vez colocado en el lugar del edificio que le corresponde cumpla con la labor funcional que le ha sido asignada.

En esta definición resulta importante comprender que **la escala del sistema es el edificio a construir**, y que dentro de este sistema **los componentes se clasifican según su función en subsistemas** como: Estructura, Cerramientos, Instalaciones, Distribución interior (1).

Analizadas las circunstancias materiales del ecosistema español, la capacidad productiva y la taxonomía de los sistemas constructivos industrializados empleados en España a lo largo de los últimos años, se establece el siguiente **listado de componentes industrializados susceptibles de ser considerados como tales**, e integrados dentro de un sistema constructivo industrializado.

AGRUPACION SISTEMAS- SUBSISTEMAS.

BAJO RASANTE

CIMENTACIONES

MUROS DE CONTENCIÓN

ARQUETAS

ESTRUCTURA BAJO RASANTE

NUCLEOS

AUTOPORTANTE ACERO.

ESTRUCTURAL ACERO (ARRIOSTRA LA ESTRUCTURA)

ESTRUCTURAL HORMIGÓN PREFABRICADO (ARRIOSTRA LA ESTRUCTURA)

ESTRUCTURAL MADERA (ARRIOSTRA LA ESTRUCTURA)

ESCALERAS ACERO

ESCALERAS HORMIGÓN PREFABRICADO

ESCALERAS MADERA

ESTRUCTURA

ESTRUCTURA DE HORMIGON 2D+2D- LOSAS Y PANELES- INCL CERRAMIENTOS
ESTRUCTURA DE HORMIGON 1D+2D- LOSAS, VIGAS Y PILARES
ESTRUCTURA DE MADERA 2D+2D- LOSAS Y PANELES- INCL CERRAMIENTOS.
ESTRUCTURA DE MADERA 1D+2D- LOSAS, VIGAS Y PILARES
ESTRUCTURA DE ACERO- STEELFRAME 2D+2D- LOSAS Y PANELES- INCL CERRAMIENTOS.
ESTRUCTURA DE ACERO- STEELFRAME 1D+2D- LOSAS, VIGAS Y PILARES
SISTEMAS HIBRIDOS
ESTRUCTURA DE CUBIERTA DE HORMIGON PREFABRICADO.
ESTRUCTURA DE CUBIERTA DE METAL.
ESTRUCTURA DE CUBIERTA DE MADERA.

CERRAMIENTOS

SE CONSIDERAN CERRAMIENTOS NO PORTANTES NI ARRIOSTRANTES
CERRAMIENTOS DE MADERA, ENTRAMADO O CLT ALTO GRADO DE FINALIZACION (1)
CERRAMIENTOS DE MADERA, ENTRAMADO O CLT BAJO GRADO DE FINALIZACION
CERRAMIENTOS DE HORMIGÓN, PREFABRICADO ALTO GRADO DE FINALIZACION (1)
CERRAMIENTOS DE HORMIGÓN, PREFABRICADO BAJO GRADO DE FINALIZACION
CERRAMIENTOS DE GRC
CERRAMIENTOS DE ACERO, ALTO GRADO DE FINALIZACION (1)
CERRAMIENTOS DE ACERO, BAJO GRADO DE FINALIZACION

BALCONES INDUSTRIALIZADOS

BALCONES CON ALTO GRADO DE FINALIZACIÓN (2)
BALCONES CON BAJO GRADO DE FINALIZACIÓN
VOLADIZOS INDUSTRIALIZADOS CON ALTO GRADO DE FINALIZACIÓN
VOLADIZOS INDUSTRIALIZADOS CON BAJO GRADO DE FINALIZACION

INSTALACIONES

CUARTOS DE ACOMETIDA Y CONTADORES
BAÑOS INDUSTRIALIZADOS 2D
BAÑOS INDUSTRIALIZADOS 3D
COCINAS 2D
COCINAS 3D
NUCLEOS VERTICALES DE INSTALACIONES (PATINILLOS)
RACKS EN PASILLOS
TABIQUERIA TECNICA COCINAS
TABIQUERIA TECNICA CABECEROS HOSPITALARIOS Y SIMILARES
CHIMENEAS - REMATE CUBIERTA

DISTRIBUCIONES

SISTEMAS DE TABIQUERIA MONTABLE
SISTEMAS DE TABIQUERIA MONTABLE Y DESMONTABLE

SISTEMAS POR COMPONENTES 3D

SISTEMAS COMPONENTES 3D BAJO GRADO DE FINALIZACIÓN
SISTEMAS COMPONENTES 3D MEDIO GRADO DE FINALIZACIÓN
SISTEMAS COMPONENTES 3D ALTO GRADO DE FINALIZACIÓN

(1) SE CONSIDERA UN ALTO GRADO DE FINALIZACIÓN EN LOS CERRAMIENTOS CUANDO EL COMPONENTE VIENE CON EL ACABADO FINAL EXTERIOR DE LA FACHADA, Y AUNQUE NO DISPONE DE VENTANA PERO SI EL HUECO ESTA RESUELTO INCLUYENDO ALBARDILLAS, JAMBAS Y DINTELES, SIN INCLUIR TRASDOSADO.

(2) LOS BALCONES CON ALTO GRADO DE FINALIZACION INCLUYEN PAVIMENTOS Y CERRAJERIA

5. Medición de la industrialización de edificios

Asignar un valor a la proporción de componentes industrializados incluidos en un sistema constructivo, considerando el edificio como la escala del sistema, es una tarea que ha sido objeto de investigación a lo largo de las últimas cinco décadas, siendo el consenso que la medición de ese valor sea **el coste de los componentes industrializados dividido por el presupuesto de ejecución material del sistema (componentes industrializados/PEM)**, ya que se trata del parámetro más objetivo, transparente y replicable en cuestiones trascendentales como la financiación, la prescripción de proyectos, medición del parque existente, etc. Por ello, para **medir la industrialización**, se propone un índice basado en la **proporción del coste de los componentes industrializados – incluidos los costes de logística, montaje y medios auxiliares– frente al presupuesto de ejecución material (PEM)** del edificio.

El índice de industrialización I_i se calcula así:

$$I_i = \frac{\sum \text{Coste de componentes industrializados} + \text{Costes de logística y montaje}}{\text{Presupuesto de ejecución material (PEM)}} \times 100 \%$$

Donde:

- **Numerador:** suma de costes directos de los componentes industrializados incluidos en el proyecto, más costes asociados a logística, montaje y medios auxiliares.
- **Denominador:** PEM del edificio, es decir, el coste directo de ejecución material sin incluir costes indirectos.

Interpretación del índice

- Un **mayor índice implica mayor grado de industrialización** y, generalmente, mejores prestaciones y menor plazo de ejecución.
- Al aumentar el índice de industrialización, aumenta la cuantía de los anticipos a proveedores y se tensionan los flujos de caja de promotores y constructores, porque los fabricantes requieren anticipos para financiar la fabricación.
- Se debe equilibrar el índice de industrialización con la **viabilidad financiera y las necesidades del proyecto** (plazo, calidad, sostenibilidad).
- La singularidad de cada edificio obliga a calcular individualmente esta proporción en cada licitación o proyecto.

6. Clasificación de la industrialización en edificios

Se ha aplicado este índice en la medición de varias promociones residenciales de diferentes características, tipologías y ubicaciones, midiendo el peso que tienen los componentes industrializados en el PEM. De este análisis ha sido posible crear una escala según las características cualitativas de los sistemas constructivos en la que se establecen siete grados (0-6), donde **El Grado 0 representa los sistemas constructivos tradicionales o convencionales y el Grado 6 los sistemas constructivos que utilizan componentes volumétricos (3D).**

Esta clasificación en grados es susceptible de modificación a otros usos edificatorios, o de ajustes en el uso residencial, pero en cualquier supuesto el índice se calcula mediante la formula (coste componentes industrializados/PEM).

Además del índice que permite medir de forma cuantitativa la proporción de componentes dentro del sistema, se añade **la ventaja de disponer de una escala de grados en la que se describe de forma cualitativa como es ese sistema constructivo y** así proporcionar un lenguaje común entre agentes (promotores, administraciones, bancos, aseguradoras, fabricantes) y facilitar la prescripción del sistema constructivo óptimo en fases tempranas de proyecto, la financiación adecuada y la comparación objetiva de ofertas.

La siguiente tabla resume los grados de industrialización de los sistemas constructivos empleados de forma generalizada en el ecosistema español. Para cada grado se muestra el rango orientativo del porcentaje de coste de componentes industrializados (componentes industrializados sobre el PEM) y una breve descripción de la solución constructiva y sus implicaciones.

Grado	% componente industrializado en el PEM	Ejemplos donde el peso de los componentes en el PEM se suele situar en los intervalos marcados
0	Mínimo necesario para cumplir el CTE (< 5%)	Construcción tradicional o convencional. Elevada carga de trabajo in situ; los materiales y procesos mejoran, pero la industrialización es mínima.
1	< 5%	Sistema convencional con optimización de procesos y digitalización. Se incorporan herramientas BIM y Lean Construction para mejorar plazos y costes, pero sin una participación relevante de los componentes industrializados.
2	5 – 15%	Estructura convencional con componentes industrializados como

Grado	% componente industrializado en el PEM	Ejemplos donde el peso de los componentes en el PEM se suele situar en los intervalos marcados
		baños industrializados o paneles de cerramiento.
3	15 – 25%	Estructura convencional + industrialización de baños y cerramientos. Incremento de beneficios (plazo, prevención de riesgos) y mayor impacto en el flujo de caja.
4	25 – 35%	Industrialización de estructura y cerramientos. Alta reducción de plazos; aconsejable cuando la temprana puesta en servicio genera valor. Más común en edificios residenciales de alquiler o en zonas con escasa mano de obra.
5	35 – 50%	Industrialización de estructura, cerramiento e instalaciones (incluidos baños). Adecuado para edificios de alta densidad de valor (oficinas, hoteles, hospitales) donde la reducción de plazo justifica costes adicionales o en emplazamientos donde hay una notable escasez de mano de obra cualificada.
6	> 50 %	Componentes volumétricos o modulares (3D). El mayor grado de industrialización; el uso de los componentes 3D permite deslocalizar a una fábrica la mayor parte de las unidades de obra. Recomendado para usos que requieren máxima rapidez (centros de datos, hospitales, residencias de estudiantes, edificios educativos) o en emplazamientos donde hay una notable escasez de mano de obra cualificada. Se mantienen los movimientos de tierra y bajo rasante de forma tradicional (que supone aprox. 15% del PEM de la obra).

7. Aplicación práctica

Licitación pública de Alcalá de Guadaíra

El **Pliego de Prescripciones Técnicas** para la contratación de proyectos y obras de viviendas protegidas en la parcela SIPS (SUR) del Plan Parcial del sector SUO-10 de Alcalá de Guadaíra (Sevilla) utiliza este marco como **criterio de evaluación** (9).

El pliego establece lo siguiente:

- **Grado mínimo exigido:** las propuestas deben cumplir al menos el **Grado 2** de industrialización.
- **Definición de Grado 2:** proyectos con estructura convencional e incorporación de componentes industrializados (paneles de cerramiento con acabados integrados, baños industrializados, etc.) cuyo coste representa entre el 5 % y el 15 % del PEM.
- **Reconocimiento de grados:** el pliego reconoce los grados de 0 a 6, describiendo su rango porcentual de componentes (por ejemplo, Grado 3 para 15 % – 25 %, Grado 4 para 25 % – 35 %, Grado 5 para 35 % – 50 % y Grado 6 para soluciones modulares 3D con más del 50 % del PEM).
- **Obligación de justificar la clase:** los licitadores deben presentar una memoria técnica con el desglose de unidades industrializadas y su peso sobre el PEM.
- **Objetivo:** la reducción de tiempos y la búsqueda de alta calidad, eficiencia y sostenibilidad son metas esenciales; el pliego valora la relación calidad-precio y la optimización del sistema para la parcela.

Este ejemplo demuestra cómo la clasificación de industrialización se está trasladando a **licitaciones públicas**, facilitando la competencia transparente entre diferentes soluciones y fomentando la innovación en procesos constructivos.

Plan Vive Dana

Anuncio de la licitación de las obras de viviendas de protección pública industrializadas en Albal y Torrent (10)

El Pleno del Consell de la Generalitat Valenciana ha aprobado iniciar la licitación del contrato para la redacción del proyecto y la ejecución de las obras, así como su dirección facultativa, para la **edificación de viviendas industrializadas** en los municipios de Torrent y Albal.

Se menciona que el **grado de industrialización** de las propuestas tendrá un alcance mínimo de estructura y hoja principal de la fachada y serán admisibles cualesquiera categorías como madera, madera contralaminada, acero, *stelleframe*, hormigón 2D, hormigón 3D y otros.

8. Recomendaciones para los agentes del sector

Administraciones públicas

- Incorporar en las licitaciones criterios de **grado de industrialización, mínimo** y pedir la justificación documental del índice (desglose de PEM).
- Fomentar la **concurrencia de distintos sistemas constructivos y materiales** para permitir al mercado innovar y competir en igualdad de condiciones.
- Establecer programas de colaboración público-privada que creen una **demanda estable de componentes**, impulsando la creación de una industria nacional de componentes para la edificación.

Entidades financieras y aseguradoras

- Valorar el índice de industrialización al analizar la **viabilidad económica** y los riesgos de la operación: un índice más elevado implica flujos de caja distintos y garantías de calidad y plazo.
Diseñar productos financieros específicos (préstamos puente, garantías) para **anticipar pagos a fabricantes**, necesarios en los índices más altos de industrialización.

Promotores y constructores

- Evaluar en fase de diseño **el grado óptimo** de industrialización en función de plazos, costes, localización y disponibilidad de mano de obra.
- Utilizar herramientas de **BIM y Lean Construction** para planificar, coordinar y medir los resultados, incluso en grados bajos de industrialización.
- Asegurar contratos sólidos con fabricantes que definan la calidad de **componentes**, plazos de entrega y logística.

Fabricantes y proveedores de componentes

- Trabajar en el **diseño estandarizado y a la vez flexible** de componentes, compatible con distintas tipologías de proyectos y adaptados a las regulaciones.
- Integrarse en plataformas digitales que permitan la **personalización en masa** y la coordinación temprana con proyectistas.
- Garantizar la trazabilidad y la sostenibilidad de los materiales para cumplir con los objetivos ambientales de licitaciones y financiaciones verdes.

9. Conclusiones

El presente documento ofrece un **marco armonizado** para comprender y medir la industrialización de la edificación. El índice y la clasificación en grados propuesta basada en la proporción de componentes industrializados en el PEM permite:

- **Comparar objetivamente** diferentes sistemas constructivos y seleccionar el óptimo según el proyecto.
- **Facilitar la financiación y la contratación pública** al disponer de un parámetro cuantitativo y unos grados cualitativos.
- Impulsar la **digitalización y la innovación** en el sector, integrando procesos como BIM y Lean Construction incluso en obras convencionales.
- **Fomentar un tejido industrial incipiente en España de componentes de alto valor añadido** contribuyendo así a mejorar el volumen de oferta de vivienda en España.

La licitación de Alcalá de Guadaíra muestra cómo este marco se está aplicando a proyectos reales, lo que confirma su relevancia y utilidad para todas las partes interesadas. La **industrialización de la edificación** es un camino imprescindible para modernizar el sector de la construcción español, mejorar su competitividad internacional y responder a los retos de sostenibilidad y eficiencia.

Bibliografía

- 1.- ScS Sistemas de Construcción Estándar José Miguel Reyes (publicado por UNED-FEE, 2012)
- 2.- “Manufacturing the Open House” José Miguel Reyes, libro bilingüe editado por EMVs (2009) para apoyar y dirigir todas las acciones previstas desde MANUBUILD (cooperación internacional para la promoción de la vivienda industrializada dentro de toda la UE, y que dio lugar a que este libro se repartiese en varios organismos oficiales de la misma)
- 3.- Lessing, Jerker & Stehn, Lars & Ekholm, Anders. (2005). Industrialised housing: Definition and categorization of the concept. 13th International Group for Lean Construction Conference: Proceedings.
4. - REYES, Jose Miguel “Tendencias Actuales de los Proyectos de Arquitectura Doméstica Fabricados con Sistemas de Construcción por Componentes Compatibles.” Director: José Miguel de Prada Poole. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. 1998.
- 5.- PREFABRICACION TEORIA Y PRACTICA - JA Fernández Ordoñez Editores Técnicos Asociados 1973.
- 6.- Construcción Industrializada, Prefabricación- Julián Salas Serrano, UNED- Escuela de la Edificación, 1987
- 7.- Financiación para impulsar la construcción industrializada – Analistas Financieros internacionales - <https://clusteredificacion.com/financiacion-para-impulsar-la-construccion-industrializada/>
8. Estudio sobre el impacto de la industrialización en la sostenibilidad y asequibilidad – Analistas Financieros internacionales - <https://clusteredificacion.com/estudio-sobre-el-impacto-de-la-industrializacion-en-la-sostenibilidad-y-asequibilidad/>
9. Pliego de prescripciones técnicas para la contratación de proyectos y obra del plan parcial del sector suo-10 “sup-r4 cornisa del zacatín” del p.g.o.u. de Alcalá de Guadaira - <https://n9.cl/v395do>
10. Anuncio de la licitación de las obras de viviendas de protección pública industrializadas en Albal y Torrent - <https://sl1nk.com/ZgzL3>