

La construcción industrializada: *palanca para la sostenibilidad y la asequibilidad de la vivienda*

Estudio realizado para:

fundación



Índice

Resumen ejecutivo	3
1. Introducción: el sector de la construcción español.....	9
2. Perspectivas de demanda: el problema de la accesibilidad a la vivienda en España	11
3. Perspectivas de oferta: el encarecimiento de los costes de construcción	21
El problema del encarecimiento del suelo urbano	21
El problema del encarecimiento de materiales clave de construcción	22
La dificultad de cobertura de vacantes de empleo.....	24
El encarecimiento de la factura energética.....	29
4. La sostenibilidad actual del sector de la construcción en España.....	31
Emisiones a la atmósfera y eficiencia energética	32
La huella hídrica del sector de la construcción	38
Gestión de residuos y circularidad	40
5. Evaluación del impacto de la construcción industrializada en España: escenarios futuros	44
Canales de impacto del potencial desarrollo de la construcción industrializada en España	44
Análisis del impacto socioeconómico, medioambiental y en la reindustrialización del país.....	59
6. Propuestas de política de vivienda para impulsar la construcción industrializada circular y el papel de las AA.PP. en este contexto	69
Barreras potenciales al desarrollo de la construcción industrializada circular en España	69
Respuesta pública y privada ante el desafío de industrializar la construcción	73
El papel diferencial del ICO en esta estrategia	81
Anexo 1. Estimación input-output y derivación del vector de demanda	85
Anexo 2. Entrevistas y encuestas a expertos del sector: agradecimientos.....	89
Anexo 3. Bibliografía	100

Resumen ejecutivo

Este estudio se marca como principal objetivo examinar la evidencia relativa a la contribución de la Construcción Industrializada (en adelante, CI) para abordar con éxito los siguientes retos de país:

- 1) Atajar el déficit de vivienda asequible (con énfasis en las zonas tensionadas, pendientes de definir en el momento de elaboración de este informe según la Ley 12/2023).
- 2) Contribuir a las metas de desarrollo industrial marcadas por la Unión Europea (para que llegue a representar el 20% del PIB) y a la mejora de los principales indicadores de la economía española (en aras de una mejora de la calidad de empleo, de la balanza comercial, del desarrollo del tejido empresarial o de la digitalización de las empresas, entre otros objetivos).
- 3) Contribuir a la lucha contra el cambio climático, reduciendo emisiones de GEI y neutralizando progresivamente el agotamiento de recursos naturales (materiales vírgenes o huella hídrica, entre otros recursos escasos).

El contexto: acceso a la vivienda cada vez más difícil

En **Perspectivas de demanda: el problema de la accesibilidad a la vivienda en España** y **Perspectivas de oferta: el encarecimiento de los costes de construcción** se trata de abordar la situación actual de la demanda y oferta de vivienda en España en los últimos años.

Entre 2015 y 2023 los alquileres han subido 3 veces más rápido que la renta disponible de las familias (en media un 61% desde 2015 frente a un crecimiento del ingreso de las familias de sólo el 21%), lo que plantea un reto social de enorme magnitud para un porcentaje elevado de la población española.

Entre los factores relevantes que han dificultado el acceso a la vivienda en España están los siguientes:

- La escasez de mano de obra del sector, que se ha traducido en un tensionamiento de los costes laborales.
- La escasez de suelo urbano, especialmente, en las zonas tensionadas.
- El alza de los costes de la energía y de materiales críticos para la construcción de viviendas, sobre todo, tras los problemas de "cuellos de botella" derivados de la salida de la pandemia.
- La subida de tipos de interés, como respuesta a las tensiones inflacionistas.
- El bajo desarrollo de la oferta de alquiler tasada (asequible) por parte de la iniciativa pública (Vivienda de Protección Oficial y otras modalidades de viviendas protegidas).

La problemática del acceso a la vivienda se ceba en la población de bajos ingresos

El incremento de los tipos de interés y el encarecimiento del precio de la vivienda han sido uno de los principales factores determinantes del deterioro del acceso a la misma en propiedad.

Incluso en el mercado de alquiler, 3 de 4 hogares tendrían dificultades, ya que su nivel de ingresos no les permitiría afrontar una renta de alquiler de mercado (900 euros mensuales, según el portal de Idealista) afrontando un coste de vivienda no superior al 30% de los ingresos familiares. En España el 45% de las personas en régimen de alquiler están en riesgo de pobreza. A su vez lo están también el 22% de los que están en régimen de propiedad con hipoteca.

Por lo tanto, abordar el reto de la asequibilidad de la vivienda en régimen de alquiler, es una meta de alcance nacional que concierne a todas las fuerzas políticas y sociales.

La construcción industrializada en clave circular: ¿Qué es y porqué es relevante?

En el informe (concretamente, en el capítulo [La sostenibilidad actual del sector de la construcción en España](#)) se presentan diferentes modalidades de construcción prefabricada, así como las ventajas respecto de la construcción tradicional (por ejemplo, el hormigón in situ).

Concretamente existen diferentes modalidades tecnológicas aptas para la construcción en diferentes alturas, tanto para viviendas multifamiliares como unifamiliares, así como para edificios comerciales, industriales y equipamientos públicos. Entre las tecnologías de CI están: la construcción en madera trezada, en madera contralaminada CLT, en estructuras ligeras de acero "steel frame", en estructuras de acero en caliente y en hormigón prefabricado; tanto en versiones 2D (componentes prefabricados) y 3D (módulos habitacionales enteros prefabricados) con sus correspondientes ventajas e inconvenientes respectivos.

Características comunes de la construcción industrializada en clave circular

Todas las modalidades de CI comparten las siguientes características:

- Permiten respetar los mejores estándares de calidad en diseño de arquitectura, facilitando el ecodiseño.
- Las actividades de ecodiseño (arquitectura e ingeniería) consumen más tiempo que con la Construcción Tradicional (en adelante, CT), ya que dicho diseño debe llegar a niveles muy elevados de precisión de forma que el industrial pueda fabricar con especificaciones exactas e inequívocas cada uno de los componentes (ej. estructurales, suelos, forjados, separaciones, cubiertas, fachadas, etc.), optimizando el empleo de materiales, usando materiales reutilizables o reciclables y diseñando para minimizar las huellas energética e hídrica ("neto positivo").
- Son facilitadas por las tecnologías digitales BIM (Building Information Modeling en inglés, o Modelado de Información de la Construcción) que permiten

coordinar de manera eficiente y ágil a los equipos de diseñadores, a promotores, constructores, industriales y administraciones públicas.

- La mayor parte de las actividades productivas relacionadas con dichos componentes se realizan en fábricas (además de las instalaciones que siempre son industriales, 2-3 plantas de producción se encargan de un elevado % del valor final que puede llegar al 75-80%).
- Los plazos de ejecución desde la licencia se reducen a la mitad o más respecto de la CT.
- Las actividades en obra se reducen a montajes, generalmente a cargo de industriales en coordinación con un constructor contratista general.
- Las actividades de obra pueden ser casi 100% "secas".
- Elevado potencial de reutilización, reciclabilidad y recuperación de materiales con la CI respecto de la CT.

Las Ventajas de la Construcción Industrializada

Las ventajas pueden ser clasificadas en dos grupos.

1. Desde el punto de vista económico y social:

- Adaptación más flexible de la oferta a la demanda, lo que evita la acumulación de stock sin vender.
- Posibilidad de edificación más veloz en zonas tensionadas con problemas de mano de obra directa, al necesitarse mucha menos personal en la obra.
- Facilita proyectos seriados (grandes promociones con diseños optimizados), lo que permite bajar costes unitarios.
- Mejora el grado de industrialización del país (sustitución de MO en obra por MO industrial cualificada).
- Costes Totales de Propiedad inferiores a la CT (presupuesto de ejecución + coste de ciclo de vida hasta la desconstrucción y reciclaje), lo que facilita la promoción en alquiler con CI ofreciendo precios inferiores a los de la CT, pese a presentar presupuestos de obra aún superiores.
- Contribución al desarrollo de la "España vacía" (fomento de industrias forestales, plantas de fabricación de estructuras de madera e incluso de hormigón prefabricado, en zonas rurales).
- Mejora de balanza comercial: puesta en valor de los residuos y materiales importados (minerales de metalurgia), ahorro energético y potenciación de exportaciones de CI.

2. En relación con el impacto ambiental:

- Ecodiseño orientado a economía de recursos, "energía positiva" y "agua positiva" (dicha facilidad se ve magnificada cuando se trata de diseños "seriados") con menor consumo de materias primas por m² construido ("peso propio").
- Posibilidad de diseños para alargar la vida útil y reducir consumo energético (energía y agua "positivas").

- Mayor potencial de reciclabilidad de materiales (ej. aceros, componentes de madera procesada, placas de hormigón prefabricado, revestimientos, instalaciones...).
- Posibilidad de edificación en zonas de sequía (construcción "seca").

Las ventajas de la Construcción Industrializada (CI) son ya manifiestas en las promociones de alquiler

Pese al bajo nivel de introducción de la CI en España (y que en consecuencia los presupuestos de obra de la CI son todavía algo más elevados que en la CT), la construcción industrializada ya es una solución de coste total de propiedad inferior, lo cual es muy relevante en las promociones de alquiler (BTR). **Los costes totales de propiedad son inferiores en la CI** respecto de la CT debido a los menores costes de consumo de energía y mantenimiento y el superior valor terminal de los edificios debido a la mayor incidencia de los materiales y al superior potencial de reutilización y reciclaje de los materiales.

En el capítulo 6 de recomendaciones se presentan ejemplos de precios de alquiler alternativos para promociones idénticas con tecnologías de CI y de CT respectivamente con y sin avales públicos (con condiciones de financiación similares).

¿Cuál es la situación de la CI en España hoy y qué ejemplos existen?

En España, el sector de la construcción industrializada está en auge, aunque sólo representa entre el 1 y 2% de las viviendas terminadas vs. 7-10% en Reino Unido y Alemania, 50% en Países Bajos y casi el 100% en Suecia.

Afortunadamente, varias CC.AA. y promotores privados ya están impulsando la CI para aumentar la oferta de vivienda asequible en alquiler (Comunidad de Madrid, Cataluña, País Vasco y Andalucía son sólo algunos ejemplos destacables).

¿Cuál sería el impacto en el empleo y VAB industrial si los planes de vivienda asequible se realizaran con apoyo en la CI?

Si la mayor parte de los objetivos de promoción de VPO en España se hicieran en CI el impacto en el VAB Industrial sería positivo y equivalente al 1,2%. Mientras que, en términos de empleo, los ocupados en el sector industrial podrían crecer en un 1,9% gracias al empuje de la CI en España. Sin embargo, varios sectores proveedores de la construcción tradicional experimentarían una disminución en su actividad económica y, consecuentemente, en su oferta laboral debido a la reestructuración de costes de materiales en favor de la industria. En términos netos, aunque se generarían menos empleos en el sector, estos tendrían un mayor valor añadido por trabajador a lo que también hay que sumar el impacto neto positivo en el VAB y empleo en el sector de tratamiento y valorización de residuos. Estas estimaciones se recogen en [Evaluación del impacto de la construcción industrializada en España: escenarios futuros](#).

Por lo tanto, el desarrollo de la CI contribuiría a mejorar la calidad del empleo y el peso del sector industrial, además de contribuir a la mejora de la balanza comercial por dos vías: reducción de importaciones de energía y mejora del saldo exportador.

¿Cuáles son las principales barreras al desarrollo de la CI en España, en clave de resolución del déficit de vivienda asequible?

- Costes unitarios aún reducibles mediante aumentos de escala.
- Bajo énfasis actual en promociones grandes de alquiler que permitan la "serialización" (macro-promociones de alquiler protegido que permiten agilizar licencias y fabricación eficiente a escala).
- Barreras financieras. La CI exige un nivel de prefinanciación aumentado por m², ya que el 70-80% del valor final de la obra está representado por los costes de materiales y componentes (vs. 30% en la CT). Es necesario facilitar la financiación "de despegue" adicionalmente, debido al reducido músculo financiero de los industriales (escala reducida).
- Cambios en la regulación y acceso a tecnologías digitales que permitan que los materiales en fábrica puedan ser usados como garantía bancaria (algo que no se entiende bien aún por el sector financiero).
- Cambios en la regulación para facilitar la compra de la vivienda. Dado que la CI es ejecutada en plazos más cortos (ej. opciones de compra), las familias de bajos ingresos disponen de menos tiempo para hacer su aportación (es decir, reunir, en media, alrededor del 20% del valor de la vivienda en ahorros).
- El sector financiero aún no posee una metodología compartida de valoración del coste total de propiedad teniendo en cuenta el menor consumo de energía y costes de mantenimiento, así como el valor terminal como "banco de materiales" además de los costes de ejecución.
- Se está lejos de que el sector comprenda bien las diferencias de "coste total de propiedad" entre edificios tradicionales y edificios en base a CI circular).
- Los módulos VPO actuales no están cubriendo los costes de materiales, lo que desincentiva la inversión privada mediante la tecnología de la CI.
- La fiscalidad de la construcción representa un valor muy elevado respecto del precio final.

¿Qué medidas se recomiendan para aumentar la oferta de vivienda asequible en CI en clave circular?

- Concentrar recursos públicos escasos en promociones público-privadas de alquiler con CI y en producción de suelo público (ej. derechos de superficie).
- Promover proyectos mixtos "seriados" (grandes promociones con varios promotores, constructores e industriales) usando diseños estandarizados (2-3 tipos de vivienda en toda la promoción) con el doble fin de bajar costes unitarios y agilizar plazos de licencias.
- Reducir la fiscalidad a las promociones de vivienda asequible de alquiler.
- Revisar los módulos VPO (no ofrecen rentabilidades atractivas al promotor en estos momentos).
- Apoyos a los industriales para aumentos de escala (avales y préstamos blandos).

- Apoyos a las empresas de valorización de residuos de la construcción (ej. créditos blandos, avales).
- Introducción de exigencias crecientes (%) de contenidos circulares industriales en licitaciones públicas (contemplando todas las tecnologías de CI actualmente existentes; ej. CLT, madera trezada, acero estructural, steel frame, hormigón prefabricado...).
- Exigencia del uso de BIM para aprobar las licencias municipales (con el fin de reducir plazos).
- Revisión del Código Técnico de Edificación (CTE) para estandarizar componentes de manera que permita agilizar y bajar costes unitarios.
- Promocionar la marca España en exportación de CI (aprovechando costes inferiores de MOD en España), mediante misiones al exterior.
- Crear estándares de "valoración circular" de edificios en base al criterio de "coste total de propiedad" con énfasis en durabilidad, eficiencia energética, coste de deconstrucción y de valorización de residuos.
- Adaptar la regulación de la compra a las características de la CI (ej. contratos de opción de compra).

Se pueden consultar todas ellas en [Propuestas de política de vivienda para impulsar la construcción industrializada circular y el papel de las AA.PP. en este contexto.](#)

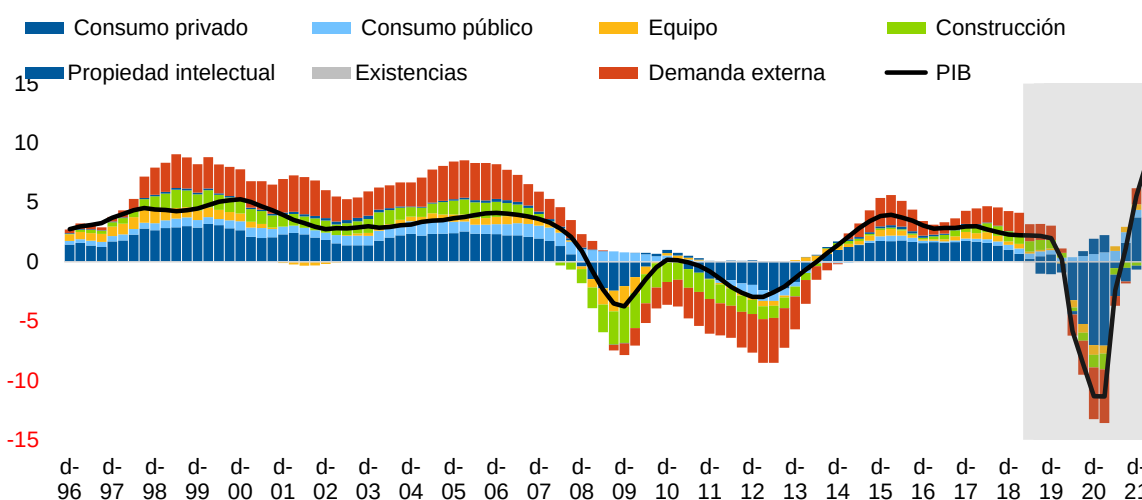
¿Cuál es el rol del ICO?

- Avales a constructores e industriales para proyectos CI en clave circular
- Líneas específicas de financiación para promociones seriadas (grandes promociones con modalidades de diseño parecidas con el fin de agilizar plazos y bajar costes) con el fin de favorecer las promociones de alquiler asequible.
- Avales a industriales para inversión en capacidad, utillaje e I+D de nuevos materiales y técnicas de construcción en CI circular
- Participación en desarrollo de metodologías de "valoración circular" de edificios en consenso con expertos y sector financiero.
- Financiación de programas de capacitación de la mano de obra, en colaboración con la Fundae, para impulsar que los profesionales en CI cuenten con formación en clave circular.

1. Introducción: el sector de la construcción español

El sector de la construcción en España ha sido uno de los vectores de crecimiento económico. Con datos de 2021 (últimos disponibles en el momento de la edición de este estudio), la producción del sector de la construcción supera los 157.000 millones de euros, genera un valor añadido bruto de casi 61.000 millones de euros, lo que representa el 5,6% del total, empleando a más de 1,3 millones de personas, lo que supone el 7,2% del empleo. Este peso, equivalente al que presenta en estos momentos la media de la zona euro, y su menor dinamismo explican que el sector de la construcción no sea el motor de la economía española, al menos, no como lo fue en el periodo de 1998-2007, cuando el sector, de forma directa, explicaba casi 1pp de crecimiento del PIB. En estos momentos, su contribución al crecimiento es más modesta, pero también relevante y nada despreciable. No hay que olvidar también todos los efectos indirectos e inducidos que genera, ya que el sector de la construcción es uno de los identificados como “alto efecto de arrastre”.

Gráfico 1. Contribución a la variación interanual del PIB de España por componentes del lado de la demanda (%)



Fuente: Afi, INE

Los retos a los que se enfrenta el sector de la construcción son diversos y afectan tanto a la demanda como a la oferta. Desde el punto de vista de la demanda, quizás el más relevante tiene que ver con el deterioro de la accesibilidad a la vivienda, especialmente, de aquellos grupos de personas que desean emanciparse. Por el lado de la oferta, existen varios factores que suponen un verdadero reto para el sector de la construcción en el corto y medio plazo, entre los que destacan los siguientes: (i) el encarecimiento de los materiales de construcción, (ii) la dificultad de cobertura de vacantes de empleo en el sector (y, sobre todo, de empleo cualificado), (iii) la sostenibilidad ambiental y (iv) la escasez de suelo en las zonas de gran tensión de demanda. A continuación, se analizan todos ellos con mayor detalle para entender sus dinámicas y en qué medida la construcción industrializada puede contribuir a

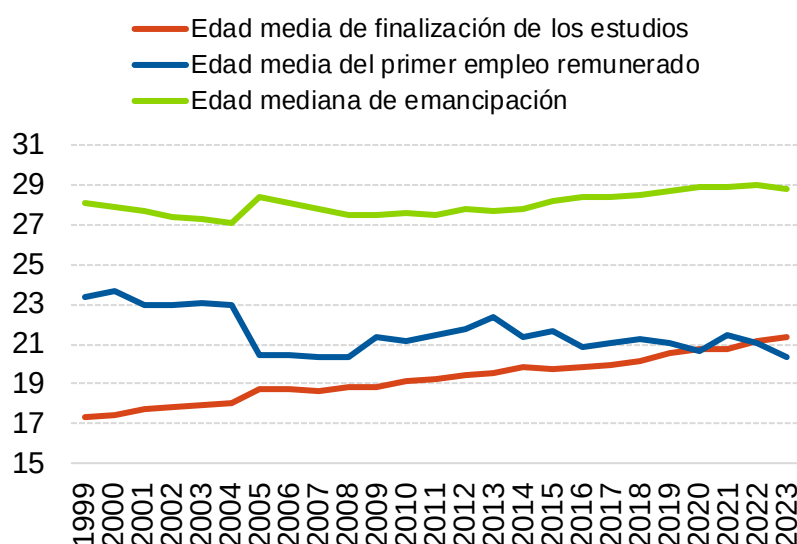
solventar de alguna medida todos estos problemas o encarar dichos retos desde una mejor posición competitiva, que redunde en beneficio de todos.

2. Perspectivas de demanda: el problema de la accesibilidad a la vivienda en España

Para entender el problema de accesibilidad a la vivienda, la primera reflexión parte del análisis de la demanda potencial de vivienda, que es aquella que, por razón de edad, se encuentra en torno a la edad de emancipación.

La edad de emancipación sigue retrasándose, y desde el acceso al primer empleo se tardan 8 años en abandonar el hogar familiar (5 años en 2013). A partir del análisis de los microdatos de la Encuesta de Población Activa (en adelante, EPA) que elabora el Instituto Nacional de Estadística (en adelante, INE), se puede calcular la edad media a la que se encuentra un empleo remunerado y la edad mediana de emancipación de la población joven. Pues bien, mientras que en 2013 se conseguía un empleo remunerado a los 22,4 años y los jóvenes se emancipaban a los 27,7 años, en 2022 (último dato disponible), aun cuando el primer empleo remunerado se logra antes (21 años), el momento de emancipación se ha retrasado (29 años). Por todo ello, se concluye que mientras que en 2013 se necesitaban 5 años para conseguir la estabilidad laboral y reunir el ahorro necesario para emanciparse, en 2022 se requieren 3 años más, es decir, 8 años para conseguir el mismo propósito.

Gráfico 2. Edad de finalización estudios, primer empleo remunerado y emancipación (años, 1999-2022). Estimación Afi

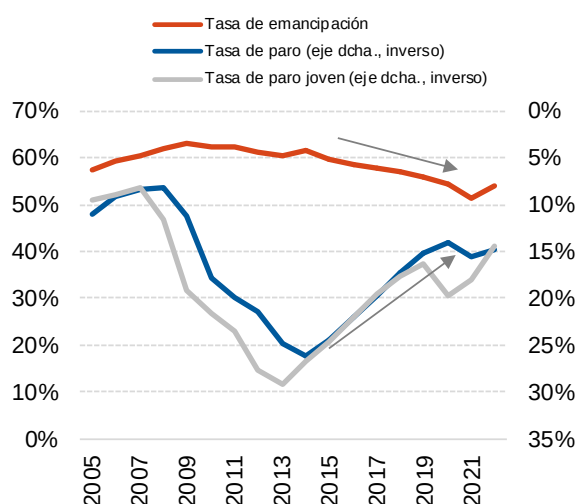


Fuente: Afi, INE (microdatos EPA)

La mejora del empleo o la reducción de la tasa de paro no es condición suficiente para la emancipación. Aun cuando este periodo ha estado marcado por el impacto de la Covid-19 sobre el mercado de trabajo y el desempeño laboral de los jóvenes, el grueso de este periodo se ha caracterizado por un entorno económico favorable y por un mercado de trabajo en el que la tasa de paro no ha dejado de crecer, en general, y también en el caso del colectivo joven. Desde 2013 hasta 2022 la tasa de

paro de aquellos que tienen entre 25-35 años se ha reducido a la mitad: desde el 30% hasta el 15%. Aunque la disminución de la tasa de paro ha estado correlacionada históricamente con el aumento de la tasa de emancipación, esta relación se ha roto en los últimos años, evidenciando que hay otros factores relevantes en la accesibilidad a la vivienda que van más allá de la probabilidad de tener empleo.

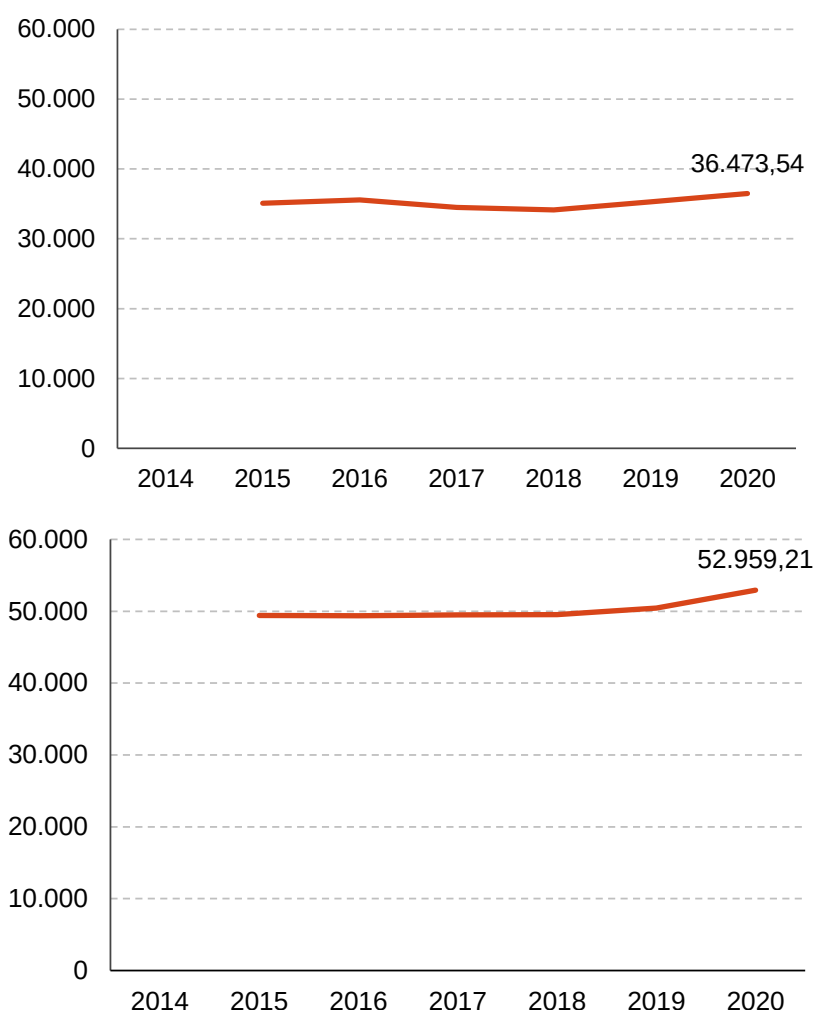
Gráfico 3. Evolución tasa de emancipación joven (25-34 años) y la tasa de paro (población joven y total nacional), 2005-2022



Fuente: Afi, INE (EPA), Consejo de la juventud de España

Es necesario que se acompañe de ahorro suficiente. Para poder acceder a una vivienda en propiedad, es necesario desembolsar unos 180.000 euros. Tomando como referencia un Loan To Value (en adelante, LTV) del 65%, que es el nivel en el que oscila en la actualidad, sería necesario tener acumulado en ahorro de unos 62.000 euros. Según la Encuesta de Condiciones de Vida y la de Presupuestos Familiares, en 2020 (último dato disponible), los hogares encabezados por una persona de entre 16-29 años, habrían acumulado ahorro en los últimos 8 años por valor de 36.000 euros, insuficientes para poder acometer la decisión de emancipación en compra. Si se analiza lo que sucede con una cohorte superior, es decir, con hogares encabezados por una persona entre 30-45 años, habrían acumulado ahorro en los último 8 años por valor de 53.000 euros. En este caso, teniendo en cuenta su capacidad de ahorro previa a los 30 años, sí podrían plantearse el acceso a una vivienda en propiedad. Por lo tanto, este ahorro necesario para acceder a una vivienda en propiedad solo se reúne a partir de los 30 años, lo que justificaría dicho retraso de la edad mediana de emancipación y de satisfacción de sus preferencias de vivienda, que siguen estando escoradas a la propiedad y no tanto al alquiler.

Gráfico 4. Ahorro medio acumulado en 8 años para los jóvenes de 16 a 29 años (panel superior) y de 30 a 44 años (panel inferior), 2015-2020 (euros)



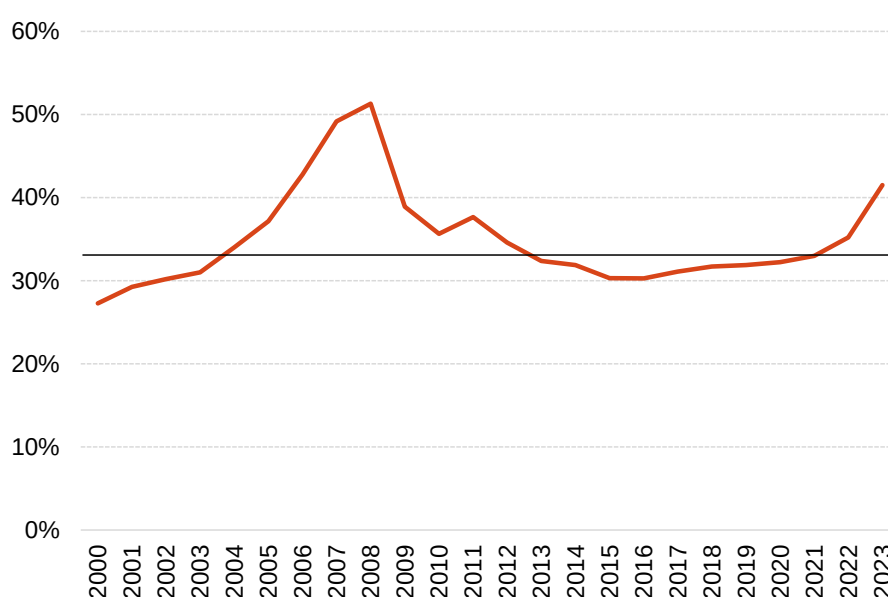
Fuente: Afi, INE

Una vez que los hogares se decantan por la adquisición de vivienda, es necesario analizar la evolución y el nivel en el que se encuentra la ratio de accesibilidad a la vivienda, que no es más que el cociente que relaciona lo que representa la cuota hipotecaria en el inicio de la operación con la Renta Bruta Disponible (en adelante, RBD) del hogar. Es, por tanto, una ratio que relaciona variables económicas y financieras. Cuanto más alta sea, peor será la accesibilidad, ya que la cuota hipotecaria comprometerá un mayor porcentaje de la renta del hogar.

El incremento de los tipos de interés y el encarecimiento del precio de la vivienda deterioran el acceso a la misma. Como consecuencia del periodo inflacionista iniciado a finales de 2021, los diferentes Bancos Centrales y, en particular, el Banco Central Europeo (en adelante, BCE) han adoptado una política monetaria restrictiva, que ha consistido en la elevación de los tipos de interés y, con ellos, de los que afectan al mercado hipotecario. De situarse en el entorno del 1,5% a finales de 2021

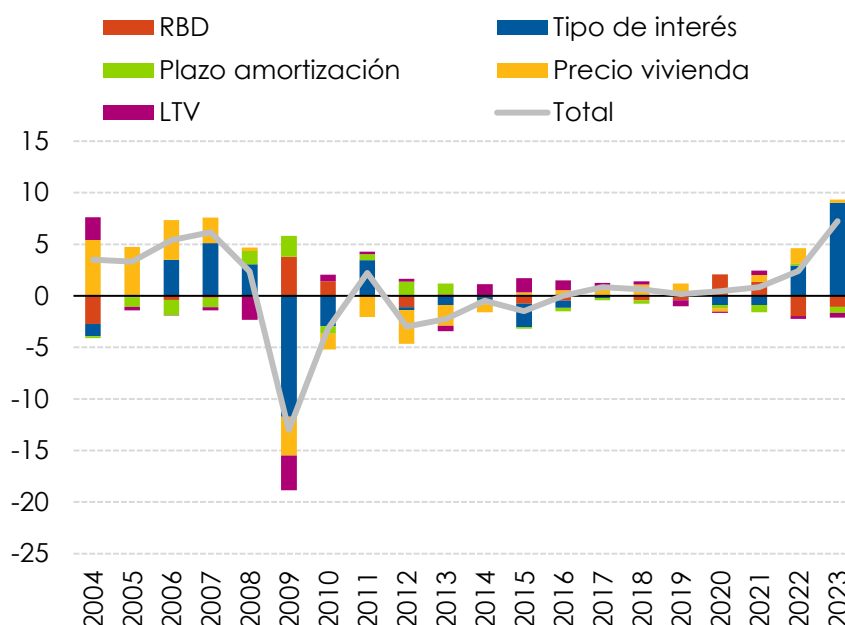
a ubicarse a mediados de 2023 cerca del 4%. Este ha sido uno de los principales factores explicativos del tensionamiento de la ratio de accesibilidad a la vivienda, que en tan solo dos años ha pasado de ubicarse en un nivel razonable (se considera como tal cuando la cuota hipotecaria compromete 1/3 parte de la renta, nivel en el que se ubicaba en 2021) a situarse muy probablemente por encima del 40% en 2023, según nuestras previsiones. El encarecimiento de la vivienda, al ser un precio nominal, también ha contribuido a dicho deterioro de la accesibilidad (en los dos últimos años ha crecido un 5% de media).

**Gráfico 5. Ratio de accesibilidad a la vivienda en España: cuota hipotecaria / RBD (%).
Previsiones Afi 2023**



Fuente: Afi, Banco de España

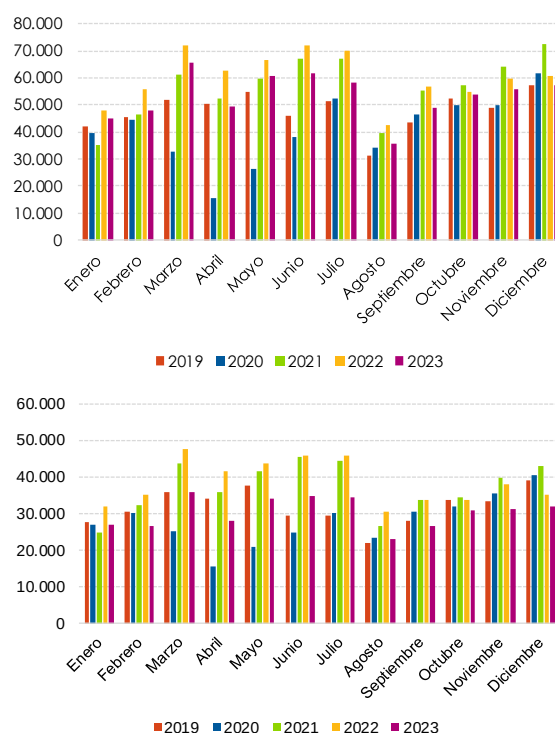
Gráfico 6. Aportación a la variación en la accesibilidad de los hogares a la compra de vivienda (puntos porcentuales). Previsiones Afi 2023



Fuente: Afi, Banco de España, INE, MITMA, Colegio de Registradores

El mencionado deterioro de la accesibilidad a la vivienda ha expulsado a parte de la demanda potencial de vivienda del segmento de propiedad. Según los datos de compraventas de viviendas y de hipotecas para adquisición de viviendas que elabora el Consejo General del Notariado (en adelante, CIEN-Notariado), ambas estadísticas registran caídas interanuales de doble dígito en lo que llevamos de año. Con datos hasta julio, mientras que las transacciones inmobiliarias se han reducido un 18% interanual, las hipotecas para adquisición de vivienda lo han hecho un poco más intensamente (25% interanual). Un comportamiento previsible, a juzgar por la importancia de la financiación hipotecaria en la decisión de compra de los hogares españoles.

Gráfico 7. Transacciones de viviendas (panel superior) e hipotecas para adquisición de viviendas (panel inferior) (unidades por mes)

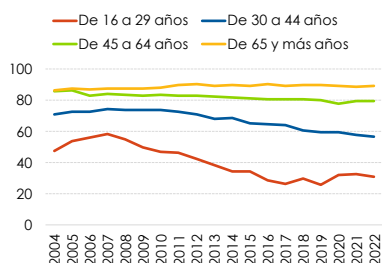


Fuente: Afi, CIEN-Notariado

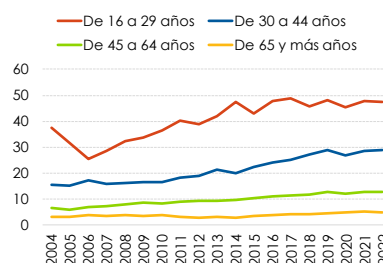
El alquiler de vivienda se ha convertido en prácticamente la única opción de habitabilidad de muchos de los que se han querido emancipar en estos dos últimos años. Según la Encuesta de Condiciones de Vida del INE, la proporción de hogares jóvenes que vive en régimen de alquiler sigue creciendo. En 2022 (último dato disponible), el porcentaje que más crece es el de los hogares que viven en régimen de alquiler a precio inferior al mercado y en régimen de cesión de la vivienda, probablemente, porque como consecuencia del límite a la actualización de rentas que aplicó el Gobierno en el momento de máximo esplendor inflacionista, pero también de que muchos de estos hogares hayan conseguido rentas de alquiler más bajas, bien porque han logrado que un familiar se la alquile a un precio más bajo que el que marca el mercado o bien porque les ha cedido temporalmente su uso (sin contraprestación económica).

Gráfico 8. Hogares por régimen de tenencia de vivienda habitual y rango de edad (% total, 2004-2022)

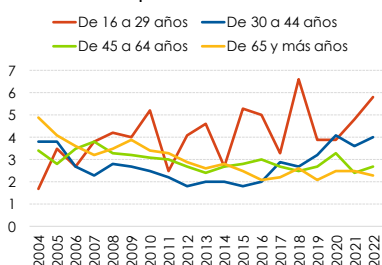
Propiedad



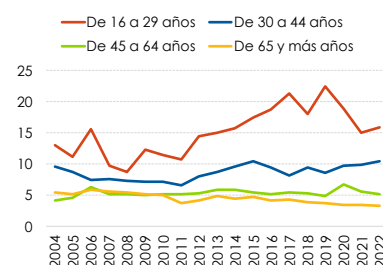
Alquiler a precio de mercado



Alquiler inferior al precio de mercado



Cesión



Fuente: Afi, INE

La Comunidad de Madrid y las Islas Baleares son dos de los ámbitos geográficos con mayor parque de vivienda en alquiler, aunque en la gran mayoría de las CC.AA. el alquiler ya representa más del 50%. Los ámbitos geográficos con mayor presión de demanda y, probablemente, con mayor escasez de vivienda, como la Comunidad de Madrid y las Islas Baleares, son donde existe mayor porcentaje de hogares jóvenes que viven en régimen de alquiler de vivienda. Esta es una información que se extrae del análisis de los microdatos de la Encuesta de Condiciones de Vida del INE. Si bien es cierto que cuando se analiza el porcentaje de hogares jóvenes que viven bajo este régimen de tenencia de su vivienda habitual, casi todas las CC.AA. presentan porcentajes superiores al 50% de los hogares. Llama especialmente la atención País Vasco, Navarra o Asturias, por ser CC.AA. que partían de un porcentaje muy bajo (inferior al 20%, en el primer caso) y que se ha más que duplicado en los últimos años, consecuencia del tensionamiento de las condiciones de acceso a la vivienda en propiedad mencionadas con anterioridad.

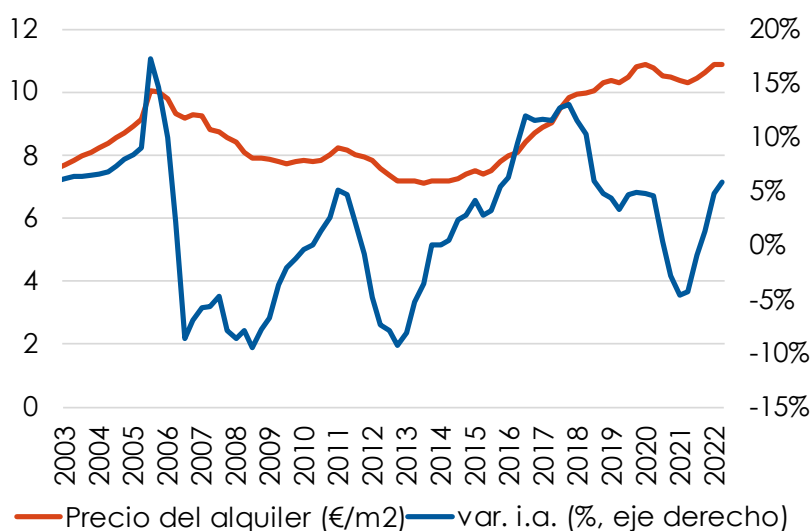
Tabla 1. Hogares jóvenes (24-35 años) en régimen de alquiler por CC.AA. (% total hogares)

	Puntos de cambio				
	2008-2011	2014-2017	2018-2021	Respecto a 2011	Respecto a 2017
Galicia	18,0%	47,6%	51,6%	33,6%	4,0%
Asturias	25,9%	50,0%	63,2%	37,3%	13,2%
Cantabria	27,8%	43,6%	52,9%	25,1%	9,3%
País Vasco	13,7%	50,0%	49,2%	35,5%	-0,8%
Navarra	26,1%	43,8%	62,6%	36,5%	18,8%
La Rioja	28,4%	43,8%	57,7%	29,3%	13,9%
Aragón	42,7%	36,7%	53,6%	10,9%	16,9%
Madrid	32,1%	64,7%	67,3%	35,2%	2,6%
Castilla León	22,3%	32,1%	52,1%	29,8%	20,0%
Castilla Mancha	29,7%	35,8%	42,3%	12,6%	6,5%
Extremadura	17,5%	23,9%	35,1%	17,6%	11,2%
Cataluña	27,8%	54,0%	51,1%	23,3%	-2,9%
Com. Valenciana	16,5%	27,3%	43,9%	27,4%	16,6%
Baleares	40,4%	33,3%	64,8%	24,4%	31,5%
Andalucía	13,9%	21,6%	39,3%	25,4%	17,7%
Murcia	18,7%	37,9%	25,8%	7,1%	-12,1%
Canarias	26,4%	24,2%	36,7%	10,3%	12,5%

Fuente: Afi, INE (microdatos de la Encuesta de Condiciones de Vida)

El precio del alquiler también ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, especialmente, en las grandes ciudades españolas. De hecho, Madrid y Palma son dos de las grandes ciudades españolas donde más se ha encarecido el precio de la vivienda en alquiler, lo que da cuenta también de la dificultad que entraña la mera emancipación de la población joven, con independencia de cuál sea el régimen de tenencia de la vivienda habitual. El precio del alquiler ha crecido a un ritmo medio superior al 5% en 2022, ubicando el precio del metro cuadrado próximo a los 12 euros.

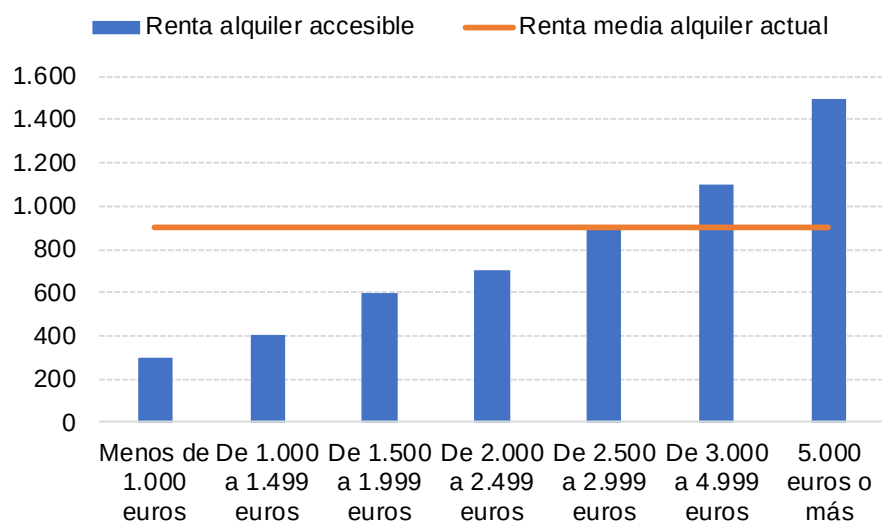
Gráfico 9. Precio del alquiler de vivienda (euros / metro cuadrado y variación interanual)



Fuente: Afi, Idealista, MITMA

Incluso en el mercado de alquiler, $\frac{3}{4}$ partes de los hogares presentarían dificultades, ya que su nivel de ingresos no les permitiría afrontar una renta de alquiler de mercado (900 euros mensuales). Analizando la distribución de los hogares según su nivel de renta declarado a la AEAT en 2022, el 76% de los mismos no podría pagar la renta de alquiler de mercado de forma holgada (financieramente hablando), al estar por encima del 30% de sus ingresos mensuales netos regulares. Una realidad que vuelve a poner de manifiesto la dificultad de muchos jóvenes, ya que su nivel de renta suele ser inferior a la media, de plantearse su emancipación.

Gráfico 10. Renta de alquiler accesible según ingresos mensuales netos regulares en España, 2022



Fuente: Afi, Idealista, MITMA, INE, AEAT

3. Perspectivas de oferta: el encarecimiento de los costes de construcción

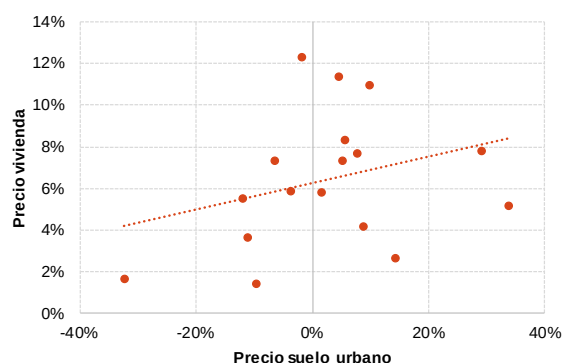
Como se comentaba con anterioridad, el sector de la construcción se enfrenta también a una serie de retos que se han traducido en el encarecimiento de la vivienda y, por lo tanto, en un deterioro de la accesibilidad a la vivienda de buena parte de la población española. Identificarlos, cuantificarlos, a la vez que atenderlos y atajarlos, forma parte de la política de vivienda.

Comenzando por su identificación, podríamos enumerarlos como sigue: (i) encarecimiento del precio del suelo urbano, (ii) el encarecimiento de materiales clave de construcción; (iii) la dificultad de cobertura de vacantes de empleo y (iv) el encarecimiento de algunos de los insumos necesarios para desarrollar viviendas, como es la factura energética.

El problema del encarecimiento del suelo urbano

Aunque el comportamiento es muy dispar a nivel territorial, las CCAA con mayor incremento en los precios del suelo son precisamente aquellas en las que más se ha encarecido la vivienda. Uno de los costes más relevantes de la vivienda tiene que ver con el precio del suelo sobre el que se desarrolla el vuelo. Algunas estimaciones apuntan a que el precio del suelo urbano representa alrededor del 20% del precio final de la vivienda, luego se trata de un coste relevante en la determinación del precio que termina pagando el demandante de vivienda. Su evolución reciente no guarda una relación tan estrecha a nivel nacional con el precio de la vivienda, sin embargo, sí se observa que, a nivel territorial, las CC.AA. donde más ha aumentado el precio del suelo urbano son aquellas donde se ha producido un mayor tensionamiento del precio final de la vivienda. La elevada volatilidad y heterogeneidad, en cambio, invitan a ser prudentes en cuanto a su interpretación, pero desde luego que es otro de los insumos que afecta al precio final y un encarecimiento dificulta tanto su desarrollo urbanístico, como la accesibilidad a la vivienda.

Gráfico 11. Precio del suelo urbano y vivienda por CCAA (variación acumulada desde 4T19-2T23)

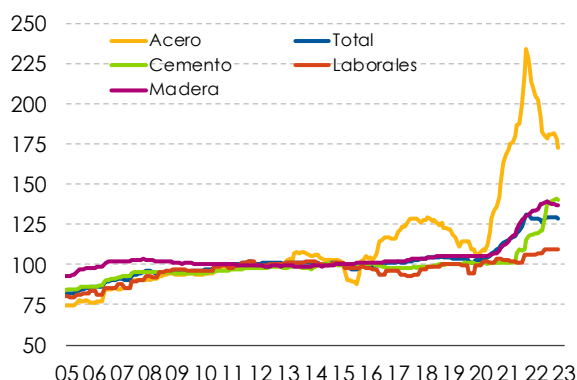


Fuente: Afi, MITMA

El problema del encarecimiento de materiales clave de construcción

Los costes de la construcción han experimentado un aumento muy significativo desde 2019. Diferentes choques no anticipados, como la crisis de la Covid-19 o la guerra de Ucrania, han sido factores determinantes en explicar este incremento, muy por encima del aumento de los precios al consumidor. En el caso de España, el índice agregado de costes de la construcción acumula un aumento del 25% desde finales de 2019 hasta mediados de 2023, liderado por el subíndice de materiales (32%). Los costes laborales, por su parte, se han mantenido bastante más contenidos, acumulado un aumento del 9% en dicho período. Esto refleja que los efectos de "segunda ronda" (es decir, el traslado de incrementos de precios a revisiones salariales) han estado muy limitados en España. En todo caso, la dificultad para cubrir vacantes sigue siendo uno de los principales retos del sector, como veremos a continuación.

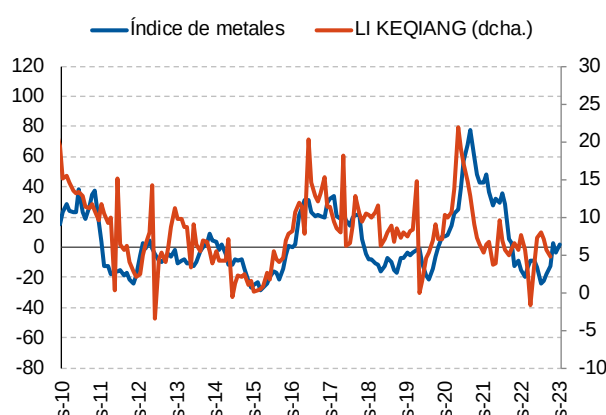
Gráfico 12. Índice de costes de la construcción en España (enero 2015=100)



Fuente: Afi, MITMA

Los choques citados han tenido un importante impacto sobre los precios de las materias primas y, por lo tanto, sobre los costes de materiales. Los metales básicos, en particular el precio del acero está entre los más afectados (el precio del acero acumula un aumento de más del 50% desde finales de 2019). Si bien las cadenas de suministro se han normalizado y el crecimiento de la economía global se ha moderado, permitiendo una relajación de los precios de las materias primas, los metales básicos continúan estando en niveles elevados en relación con la situación previa a la Covid-19. La debilidad de la recuperación china (y el daño cíclico global en general) evitará un aumento significativo de los metales básicos a corto plazo. Sin embargo, a medio plazo, la escasez de oferta en varios segmentos y la utilización de estas materias primas en la transición energética suponen una presión al alza. De hecho, el mercado anticipa un crecimiento moderado del precio de los metales básicos en los próximos trimestres. En todo caso, los precios estarán un 30%/40% por encima de los niveles de 2019.

Gráfico 13. Precios de metales industriales básicos (USD/TM)



Fuente: Afi, Eikon

Tabla 2. Previsiones Afi para el precio de cobre, aluminio y acero (fuentes externas)

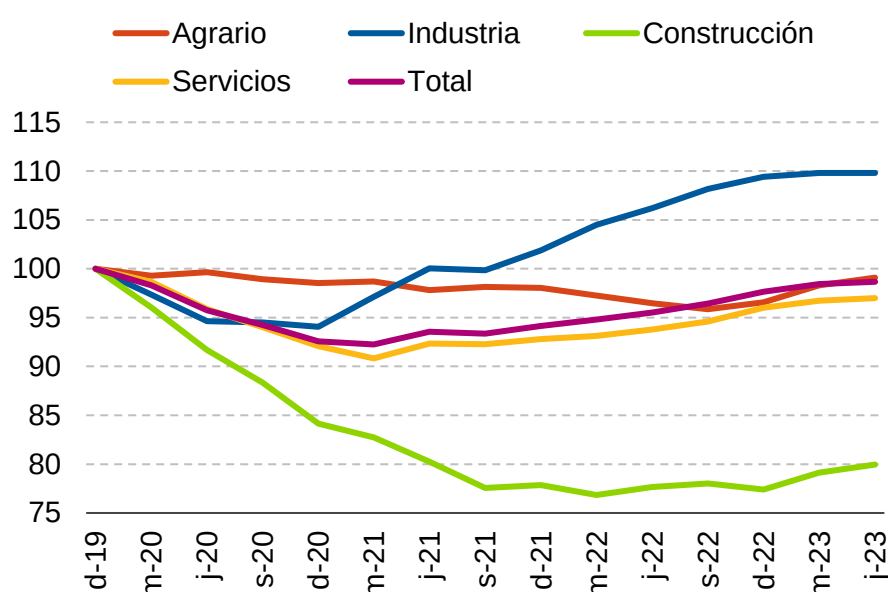
		Spot	2023	2024					Var.	Var.	Var.	Var.
			4T	1T	2T	3T	4T	4Q22/4 Q19	Spot/4 Q22	4Q23/ 4Q19	4Q24/ 4Q23	
Cobre (\$/MT)	BBG cons.	7949	8396	8500	8500	8767	8800	37,3%	-4,6%	30,9%	4,8%	
	Fwd		7962	8026	8086	8146	8116					
Aluminio (\$/MT)	BBG cons.	2200	2250	2350	2350	2430	2469	35,4%	-8,3%	24,1%	9,7%	
	Fwd		2187	2213	2247	2285	2266					
Acero (\$/ST)**	BBG cons.	690	799	840	815	790	770	17,8%	2,4%	20,7%	-3,6%	
	Fwd		761	820	828	837	831					

** North America Hot Rolled Coil Steel .Para aluminio y cobre se toma la referencia genérica del LME.

Fuente: Afi, Bloomberg

Los márgenes empresariales en el sector de la construcción se han visto especialmente afectados, mucho más que en otros sectores, como el industrial, agrícola o el sector servicios. En particular, si tomamos como referencia los datos de Contabilidad Nacional del INE, los márgenes en el sector de la construcción llegaron a caer más de un 20% respecto al cuarto trimestre de 2019 y la recuperación reciente ha sido muy tímida. Si atentemos a otras fuentes de información estadística como el observatorio de márgenes empresariales, recientemente publicado, la conclusión es similar.

Gráfico 14. Márgenes empresariales por macro sector (EBE/VAB, índice base 100=4T19)



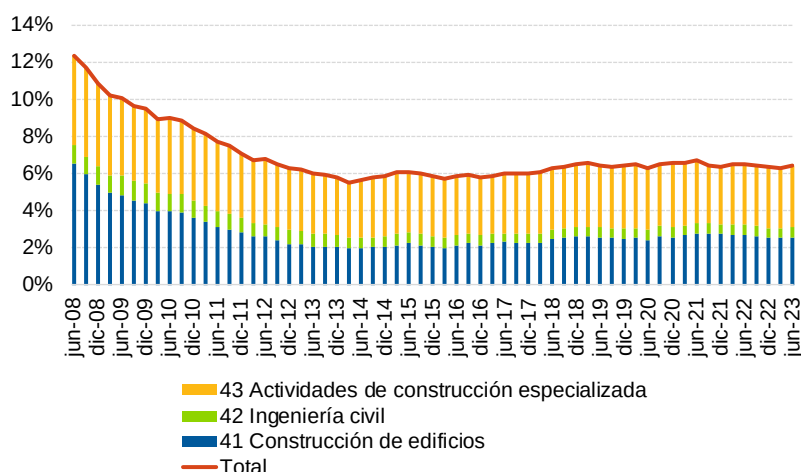
Fuente: Afi, INE (CN)

La dificultad de cobertura de vacantes de empleo

Desde la anterior Gran Crisis Financiera, el sector de la construcción ha perdido casi la mitad de los efectivos. Si tomamos como referencia el máximo de empleo alcanzado en 2008 que recogía la EPA, el número de ocupados de forma directa en el sector de la construcción se habría reducido en un 46% hasta el 3T23 (último dato disponible). La reducción se explica, tanto por el menor número de ocupados en construcción de edificios (código 41 de la CNAE-09 a dos dígitos), como por la menor relevancia del sector de actividades especializadas y la ingeniería civil (quizás en estos dos últimos subsectores no haya tanta relevancia en el desarrollo de viviendas de obra nueva como en el caso del anterior). En términos absolutos, el sector ha pasado de tener contratados más de 2,5 millones de personas, a ser apenas 1,3 millones. En términos relativos, su peso se ha reducido desde el 12% en 2008 a algo más del 7% en 2023. Habida cuenta de este ajuste de capacidad productiva, podría

pensarse que el sector goza de pleno empleo y encuentra todos los efectivos que necesita, pero nada más lejos de la realidad.

Gráfico 15. Empleo en el sector de la construcción (% peso sobre ocupación, 2T08-3T23)

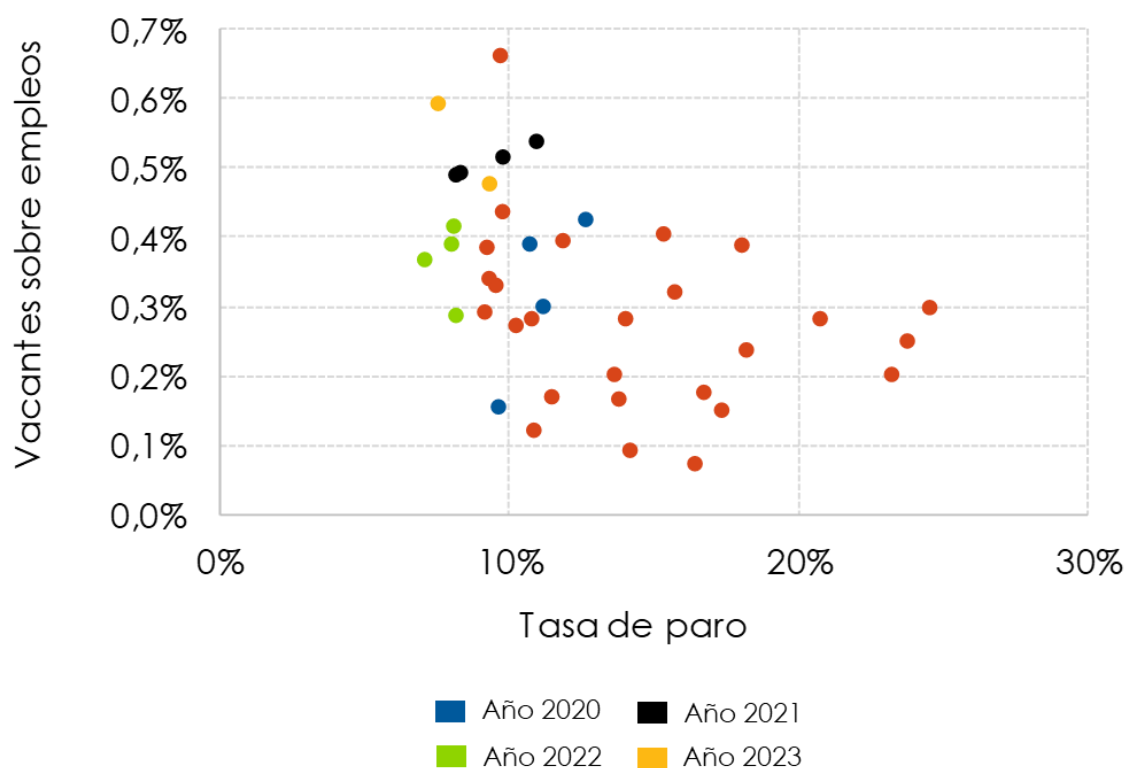


Fuente: Afi, INE (EPA)

El sector de la construcción tiene dificultades de cobertura de vacantes de empleo.

Según la curva de Beveridge, que relaciona el número de vacantes de empleo sin cubrir en el sector y la tasa de paro del sector, la construcción en España tiene cada vez mayor dificultad para cubrir los puestos de trabajo que demanda. Con una tasa de paro inferior al 10% (siendo más baja que la media sectorial también), el sector cuenta con 0,6% de vacantes por cada empleo generado, siendo una de las ratios más altas de los últimos años. No se trata solo de encontrar una persona que cubra el puesto de trabajo, sino también que el perfil sea el idóneo. En ambos casos, el sector manifiesta crecientes dificultades, lo que puede tensionar otro de los costes en los que incurre para el desarrollo de su actividad, como es el capital humano.

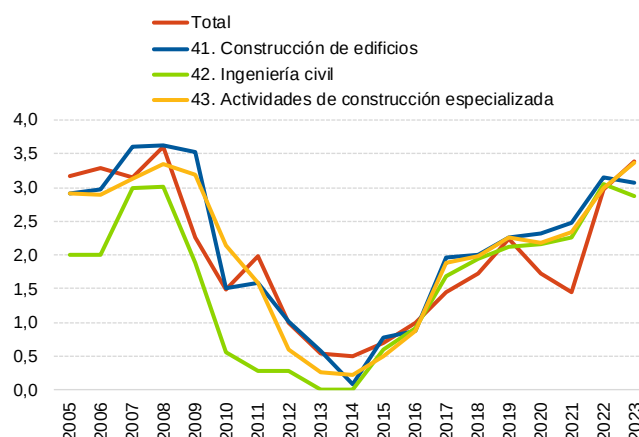
Gráfico 16. Curva de Beveridge en el sector de la construcción (% vacantes y % tasa de paro, 1T13-3T23)



Fuente: Afi, INE (EPA, ECLT)

La revisión salarial en el sector de la construcción ha sido contenida, hasta el momento, como ha sucedido en otros sectores. Al igual que ha ocurrido en el resto de la economía española, los costes laborales han aumentado más como consecuencia del incremento de personal y no tanto por las revisiones salariales acordadas en los convenios colectivos. De hecho, tras el acuerdo alcanzado entre patronal y sindicatos en mayo de 2022, el sector fue el primero en comprometerse a actualizar salarios en un 3% anual durante los 3 próximos años, siendo este ajuste inferior a las presiones inflacionistas que existían en el momento del acuerdo, por lo que, implícitamente, se estaba reconociendo cierta pérdida de poder adquisitivo de sus asalariados, a pesar de la escasez de recursos humanos cualificados que presenta el sector.

Gráfico 17. Revisión salarial pactada en convenio colectivo en el sector de la construcción* (%)

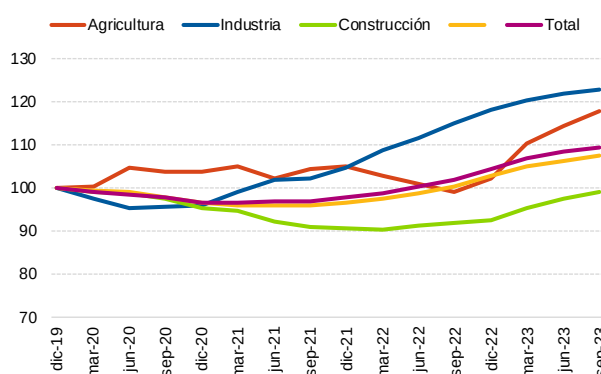


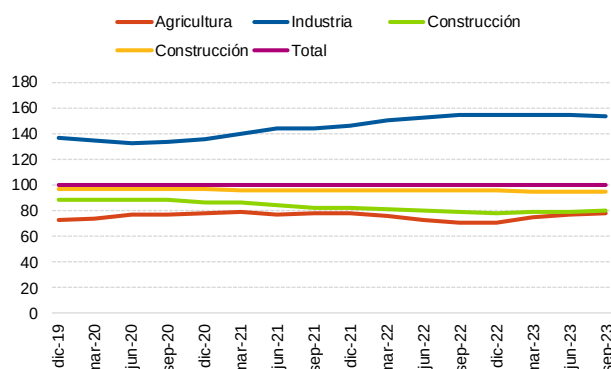
* Los datos de 2023 se refieren al acumulado hasta agosto (último dato disponible)

Fuente: Afi, INE (EPA, ECLT)

La contención de la revisión salarial se explica por el escaso avance de la productividad laboral. Tomando como punto de partida el 4T19, ya que es el trimestre inmediatamente anterior a la pandemia de la Covid-19, la productividad laboral en el sector de la construcción ha sido la que más se ha reducido (casi un 10%) y la que más le ha costado retornar al nivel previo a la pandemia (lo logró en el 3T23, cuando la media sectorial lo hizo un año antes). Este débil avance de la productividad en los últimos tres años coexiste con el hecho de que el sector de la construcción es uno de los macrosectores con la productividad laboral más modesta (se sigue situando un 20% por debajo de la media sectorial). Un aspecto que resta competitividad a un sector estratégico para la economía española, habida cuenta de que la baja productividad laboral es identificada en numerosas ocasiones como uno de los Talones de Aquiles de España.

Gráfico 18. Productividad laboral por macrosectores: índice base 100=4T19 (panel superior) e índice base 100=media sectorial (panel inferior)





Fuente: Afi, INE (CN)

La concentración de casi todos los empleados del sector de la construcción en empresas de reducido tamaño dificulta su profesionalización, así como la adopción de nuevas tecnologías. El análisis de la estructura empresarial del sector de la construcción que publica el Anuario de la Construcción que elabora el Ministerio revela que más de la mitad de los ocupados están trabajando en empresas de menos de 50 asalariados. La comparativa con el año de mayor número de ocupados indica que el empleo se ha ido concentrando cada vez más en empresas de menor tamaño, lo que dificulta su capacidad de crecimiento en el medio y largo plazo.

Tabla 3. Distribución de ocupados en el sector de la construcción según tamaño empresarial (% peso sobre total, 2008-2021)

	2021		2008	
	Número	% total	Número	% total
Autónomos	210.014	16,09%	265.282	11,88%
Micro	466.082	35,71%	713.207	31,95%
Pequeña	349.671	26,79%	658.726	29,51%
Mediana	158.436	12,14%	359.537	16,11%
Grande	120.937	9,27%	235.486	10,55%
Total	1.305.139	100,00%	2.232.238	100,00%
	-41,5%			

Fuente: Afi, MITMA (Anuario Construcción)

El sector de la construcción sigue estando muy atomizado. El número de empresas se ha reducido en menor proporción que el de los ocupados entre 2008-2021 (concretamente, un 5,7% en acumulado, rondando las 400.000 unidades), pero siguen siendo eminentemente pequeñas empresas las que caracterizan el sector de la construcción. El 90% de las empresas del sector está constituido por autónomos,

microempresas (menos de 10 asalariados) y pequeñas empresas (menos de 50 asalariados).

Tabla 4. Empresas del sector de la construcción según tamaño: número de empleados (% peso sobre total, 2008-2021)

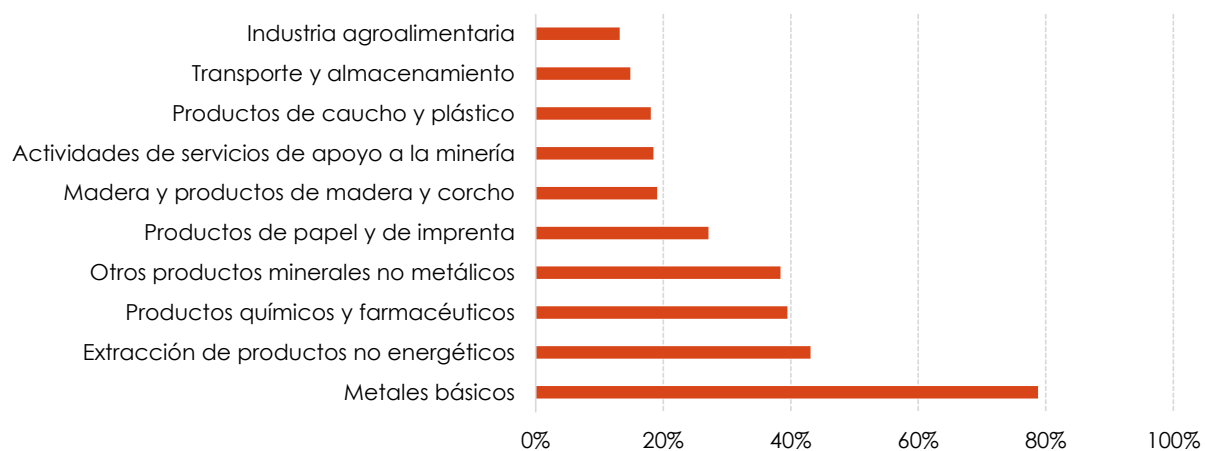
	2021		2008	
	Número	% total	Número	% total
Autónomos	221.025	55,85%	205.712	49,03%
Micro	154.004	38,92%	177.334	42,27%
Pequeña	134.742	34,05%	32.409	7,72%
Mediana	1.806	0,46%	3.788	0,90%
Grande	147	0,04%	327	0,08%
Total	395.724	100,00%	419.570	100,00%
	-5,7%			

Fuente: Afi, MITMA (Anuario Construcción)

El encarecimiento de la factura energética

En materia energética, si bien el sector de la construcción no es intensivo en consumo energético, sí lo son los sectores que arrastra, como la industria metalúrgica, el cemento, los revestimientos y otros materiales de construcción. Con lo cual, de forma indirecta, el tensionamiento de los precios energéticos, consecuencia de la guerra de Ucrania, también tiene un impacto en el sector de la construcción. Los riesgos al alza a futuro, derivados de un escenario geopolítico más revuelto (en el que las materias primas energéticas se usen como un arma económica), supone un riesgo al alza para los costes del sector. Es por ello por lo que se hace necesaria la búsqueda de fuentes alternativas y/o la reducción de su dependencia energética, lo que se enmarca en el ámbito de la construcción sostenible.

Gráfico 19. Consumo energético / VAB por actividad económica (ordenadas de mayor a menor)



Fuente: Afi, OCDE

4. La sostenibilidad actual del sector de la construcción en España

La Unión Europea (en adelante, UE) decidió aumentar las reducciones de GEI a 55% en 2030 para lograr la neutralidad en GEI en 2050. Los edificios a su vez son responsables del 40% de las emisiones, siendo cada vez más importante el peso relativo de la generación de GEI “embebidos” (en fase de construcción) respecto del “carbono operativo” en los edificios de nueva construcción, ya que durante la vida útil de los nuevos edificios las mejoras en eficiencia energética junto al uso creciente de fuentes renovables, avanzan más rápidamente a pesar de que la rehabilitación energética tiene mucho camino por recorrer, en los edificios construidos en el pasado (Amiri et al., 2021).

El sector afronta retos regulatorios (la UE ha declarado que en 2030 los edificios deberán ser neutrales en carbono (Objetivo 55 del Consejo Europeo de 2014), lo que representará que todos los edificios públicos nuevos deberán ser neto-positivos en 2028 y todos los demás (privados, en general) en 2030. A su vez serán obligatorios todos los Certificados de Eficiencia Energética (en adelante, CEP) a partir de 2030. Dichos objetivos serán implantados mediante la regulación incluyendo: la fijación de límites a las emisiones por m², la aplicación de impuestos relacionados con la contaminación, la creación de incentivos para reducir las emisiones y la posibilidad de vender créditos de CO₂. También **se está considerando modificar las normativas de edificabilidad, no sólo en función de las superficies (m²), sino también en función de límites de emisiones máximas de GEI como está haciendo la ciudad de Burdeos.**

Otro factor para tener en cuenta es el coste de los derechos de emisiones de CO₂, los cuales tendencialmente han vencido aumentando hasta 2023 en función de la disminución de los límites de emisión¹.

En la medida en que el aumento de los costes de los derechos de emisiones de CO₂ constituye un factor de riesgo para la valoración (a la baja) de los inmuebles construidos en modo tradicional (hormigón (sobre todo a su valor terminal) la construcción tradicional presenta un riesgo latente creciente (Clear Energy Wire, 2023).

Por lo tanto, el sector de la construcción en España se enfrenta actualmente a desafíos significativos en sostenibilidad y eficiencia y de viabilidad regulatoria a futuro (y, por lo tanto, de riesgo de devaluación de activos), impulsados por una creciente conciencia ambiental, una regulación comunitaria más restrictiva y la demanda de prácticas más ecológicas. A pesar de los avances tecnológicos y las regulaciones existentes, la industria aún debe superar obstáculos en relación con las emisiones, **el**

¹ Para más información, consultar este enlace: <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon>

uso de recursos hídricos, el uso energético y la gestión de residuos, problemas con amplias repercusiones económicas y sociales.

En dicho contexto, la construcción industrializada en clave circular se presenta como una innovadora palanca de cambio, con el potencial de mejorar la eficiencia, impulsar la industria, disminuir costes y atender los retos de sostenibilidad.

Este informe, enriquecido con un riguroso trabajo de campo que incluye entrevistas a expertos y recopilación de datos primarios, analiza cómo la implementación de procesos industriales podría revolucionar el diseño y la ejecución de proyectos constructivos en España, y evalúa su impacto económico, social y ambiental mediante tres escenarios de desarrollo.

Emisiones a la atmósfera y eficiencia energética

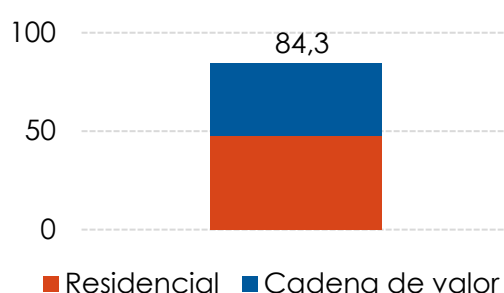
La sostenibilidad constituye un eje fundamental en la evolución de las actividades económicas, particularmente en el ámbito de la construcción, un sector notoriamente asociado con elevadas emisiones agregadas de gases de efecto invernadero (GEI) y a una huella hídrica muy intensa. A lo largo de las recientes décadas, este sector ha experimentado una transición gradual, pero insuficiente e inferior a la de otros países, hacia prácticas más sostenibles de menor impacto medioambiental. Dicha evolución se ha caracterizado por el desarrollo y la implementación de tecnologías avanzadas, las cuales se distinguen por su mayor eficiencia en la reducción de emisiones, en el consumo energético y de recursos.

Para evaluar el avance en sostenibilidad dentro del sector de la construcción, resulta esencial considerar cuatro factores determinantes que evidencian la progresión hacia la descarbonización y la sostenibilidad en consumo de recursos escasos: **(i) el valor absoluto de las emisiones de GEI** considerando el peso del sector en la economía y la intensidad de las mismas, particularmente del dióxido de carbono (CO₂), que constituye el principal gas de efecto invernadero emitido por esta industria; **(ii) la intensidad energética**; **(iii) el consumo de materias primas** absoluto y relativo (por m³), **(iv) el consumo energético desglosado por fuente**, **(v) la huella hídrica**, **la (vi) gestión de los residuos generados incluyendo su reciclabilidad** durante el proceso productivo y **(vii) la vida útil de los activos inmobiliarios**.

En relación con la intensidad de emisiones, la construcción (y los edificios en su vida útil) representan el 35,5% de las emisiones europeas de GEI y el 40% de la energía. **Aunque la intensidad de emisiones del sector de la construcción en España ostenta cifras estructuralmente más bajas que el promedio industrial por millón de euros de valor añadido** (por causas estructurales los distintos sectores presentan coeficientes energéticos no comparables) y también inferiores a las del conjunto de la economía nacional, **en valor absoluto el sector y las viviendas que construye aportan son una de las principales fuentes de emisiones de CO₂ en nuestra sociedad**.

La suma de las emisiones procedentes de la cadena de valor del sector de la construcción y el uso de viviendas en España representa una contribución significativa a las emisiones totales del país. **Conjuntamente, en 2021, estas actividades generaron 84,3 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente, lo que constituyó el 35,5% del total de emisiones nacionales.** De esta manera, el sector es, junto con el de la movilidad, uno de los que tiene como principal cometido la reducción de GEI.

Gráfico 20. Emisiones totales anuales generadas por la cadena de valor del sector de la construcción y el uso final de la vivienda (millones de toneladas de CO₂ equivalente, 2021)



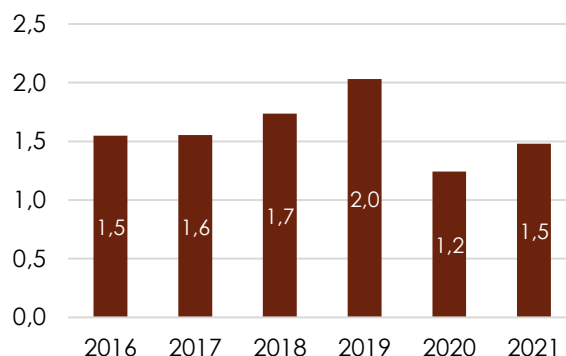
Fuente: Afi, INE, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana; y del Institut de l'Epargne Immobilière et Foncière (IEIF)

La mencionada contribución a **las emisiones de CO₂ proviene principalmente del uso de la propia vivienda, una vez es utilizada por los hogares.** Se estima que 47,6 millones de esas toneladas de CO₂ generadas al año se realizan en durante el uso de la misma, lo que se traduce en aproximadamente 24,8 kg de CO₂ por metro cuadrado en el año 2021². Esta cifra es significativamente relevante, ya que implica que las emisiones resultantes del uso de las viviendas superan en un 30,1% a las generadas por toda la construcción y su cadena de valor.

En términos de la cadena de valor, la propia actividad productiva del sector de la construcción genera entre 1,5 y 2 millones de toneladas de CO₂ equivalente al año; por lo que su peso en las emisiones del sector y producto es relativamente pequeño. Estas emisiones provienen, por ejemplo, de la combustión de carburantes en maquinaria, o del uso vehículos de la empresa (excluyendo la contratación de un proveedor de servicios de transporte).

² Estimación realizada por el Institut de l'Epargne Immobilière et Foncière (IEIF), que compara las emisiones de varios segmentos Real Estate por metro cuadrado para Reino Unido, Francia, Alemania, el Benelux, Italia, España y el total de Europa.

Gráfico 21. Emisiones totales anuales generadas por el sector de la construcción (millones de toneladas de CO₂ equivalente, 2021)

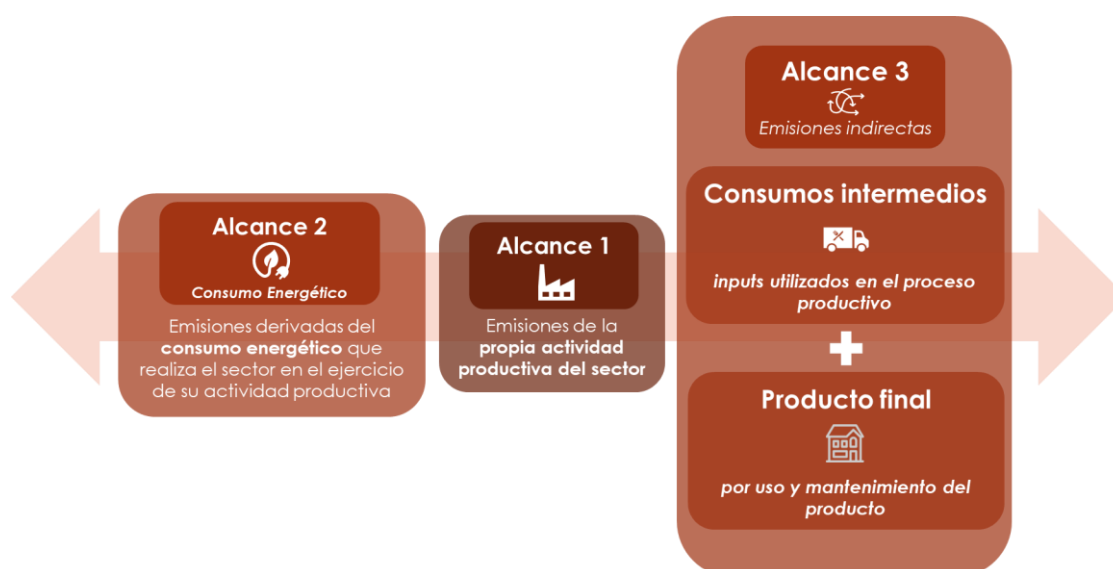


Fuente: Afi, INE, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana; y del Institut de l'Épargne Immobilière et Foncière (IEIF)

Sin embargo, las emisiones del sector de la construcción van más allá de las meramente generadas por su actividad productiva, dado que **hay que tener en cuenta las generadas por sus proveedores de materias primas y servicios**. Las emisiones hacia atrás en la cadena productiva se refieren a aquellas originadas por los insumos necesarios para la producción, abarcando desde la extracción de materias primas hasta su procesamiento y transporte al lugar de construcción. La mencionada perspectiva, denominada visión de producción, concentra su análisis en las emisiones inherentes a las etapas previas a la finalización de la obra.

De acuerdo con el Acuerdo de París de 2015, **la huella de carbono de un producto se clasifica en tres fases o 'alcances', tal y como se detalla en la** ^[Error! No se encuentra el origen de la referencia..] El 'Alcance 1' incluye todas las emisiones directas generadas por las actividades de la propia empresa constructora, como las emisiones provenientes de la combustión de carburantes en maquinaria o vehículos de la empresa. El 'Alcance 2' abarca las emisiones indirectas asociadas a la electricidad adquirida y consumida por la empresa, incluyendo la generación y transmisión de dicha electricidad. Por último, el 'Alcance 3' se extiende a todas las otras emisiones indirectas que ocurren en la cadena de valor de la empresa, incluyendo las emisiones asociadas a la extracción y producción de materiales adquiridos, y el transporte de materiales. Cada uno de estos alcances refleja diferentes aspectos del impacto ambiental del sector y es esencial para una comprensión integral de su huella de carbono.

Figura 1: Alcances de la huella de carbono del sector de la construcción y su cadena de valor, según el Acuerdo de París

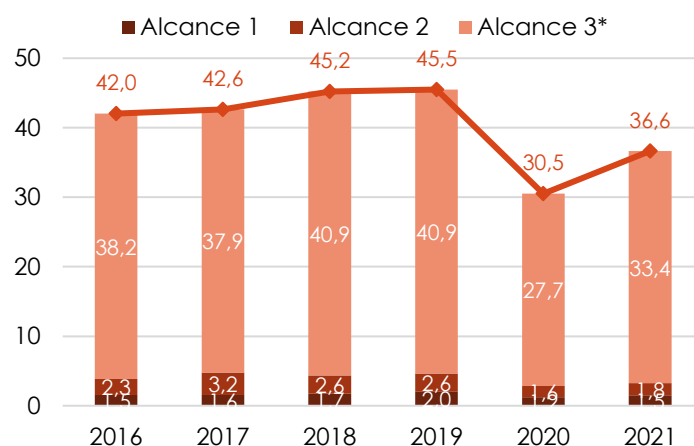


Fuente: Afi

Para calcular las emisiones atribuibles a cada alcance, es esencial entender las interconexiones entre los diversos sectores que componen la cadena de valor de la construcción en España. Para este propósito, se utiliza el **Modelo Input-Output Extendido**. Esta herramienta facilita la cuantificación de las emisiones asociadas a los alcances 1, 2 y 3, tanto de manera individual como agregada. Este modelo proporciona una visión sintetizada de las interacciones sectoriales dentro de la economía española. A partir de la estructura conocida y la intensidad de emisiones de cada sector, esta herramienta permite estimar las emisiones generadas en cualquier sector a lo largo de su cadena de valor.

De este modo, teniendo en cuenta las emisiones de toda la cadena de valor de la construcción, el sector emite en torno a 40 millones de toneladas de CO₂ equivalente, principalmente a través de sus proveedores no energéticos (Alcance 3). La tendencia prepandémica de las emisiones agregadas era creciente; al crecer un 8,3% agregado entre el periodo abarcado entre 2016 y 2019. El impacto del descenso de la actividad económica causado por la Covid-19 provocó que las emisiones totales del sector se redujeran en casi 33% en 2020, con una recuperación parcial en 2021 del 20%.

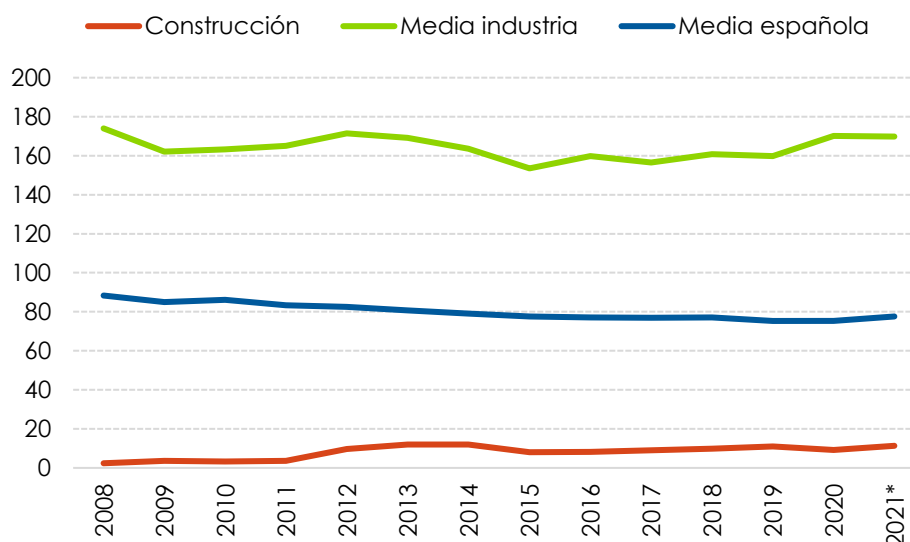
Gráfico 22. Emisiones totales anuales generadas por el sector de la construcción y su cadena de valor (millones de toneladas de CO₂ equivalente, 2021)



Fuente: Afi, INE, Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana; y del Institut de l'Epargne Immobilière et Foncière (IEIF)

En términos de consumos energéticos, se han registrado cambios significativos en las fuentes energéticas empleadas en la economía general y en la mayoría de los sectores productivos, evidenciando una inclinación hacia opciones menos intensivas en emisiones. No obstante, en marcado contraste, **el sector de la construcción ha experimentado un incremento notable en el uso de petróleo y sus derivados**, que pasaron de constituir un 24,7% del mix energético en 2008 a aproximadamente un 40% en 2021. De manera similar, el uso de gas natural en la construcción también ha crecido de forma considerable, aumentando su participación del 15% en 2008 al 34% en 2021.

Gráfico 23. Intensidad energética de la industria agroalimentaria, de la industria, la agricultura y la economía española (toneladas equivalentes de petróleo / millones de euros de valor añadido a precios 2015, 2008-2021)



Fuente: Afi, INE, Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico

Nota: El valor añadido (VAB) del año 2021 se ha estimado en base al índice de producción industrial de la construcción reportado por el INE.

Desafortunadamente, **el mencionado incremento en el empleo de fuentes más contaminantes se ha producido en detrimento del uso de electricidad**, en un contexto donde la electrificación de los procesos productivos se considera como uno de los ejes principales para la descarbonización en las economías más avanzadas. Por otro lado, las energías renovables han mantenido una presencia casi marginal a lo largo de todo el periodo analizado.

Al analizar la evolución del mix energético en el sector de la construcción y contrastarlo con la tendencia predominante a nivel nacional, tal como se ilustra en los Gráfico 24 y Gráfico 25, se observa una **menor dependencia del petróleo en el sector de la construcción en comparación con la economía en su conjunto**. Esto es evidente dado que, en 2021, casi la mitad de la energía consumida por los sectores productivos derivó del petróleo, representando un 47%. Por otro lado, el consumo de gas natural como fuente de energía es notablemente inferior en el ámbito nacional en comparación con el sector de la construcción, constituyendo únicamente un 19% en 2021.

En lo que respecta al uso de energías renovables y electricidad, los resultados evidencian una dualidad en el desempeño del sector. Por un lado, el sector de la construcción muestra un consumo apenas reseñable de energías renovables, lo cual es preocupante considerando que estas representan casi el 10% del consumo

energético total en España. Por otro lado, a pesar de una tendencia a la baja en el consumo de electricidad, el sector de la construcción aún registra en 2021 una cifra superior a la media nacional, alcanzando un 27% frente al 25% del total español.

Gráfico 24. Fuentes de consumo energético de la construcción (% de kilotoneladas equivalentes de petróleo, 2008-2021)

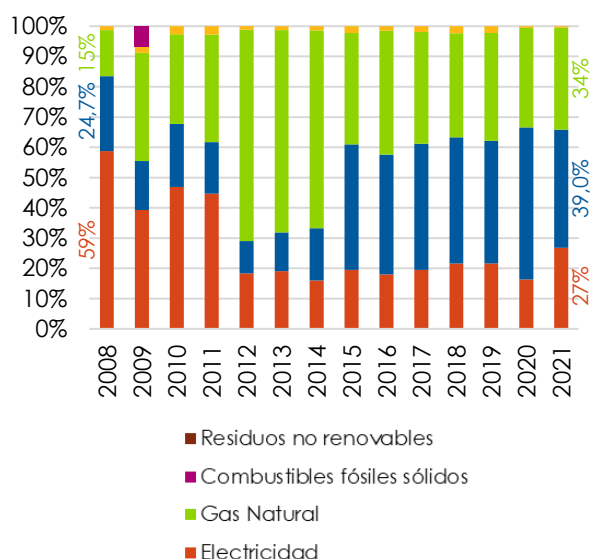
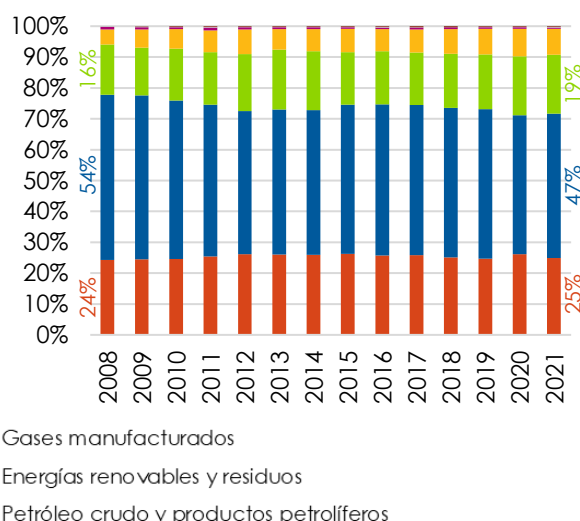


Gráfico 25. Fuentes de consumo energético a nivel nacional (% de kilotoneladas equivalentes de petróleo, 2008-2021)



Fuente: Afi, INE, Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico

La huella hídrica del sector de la construcción

El sector de la construcción es responsable del 16% del consumo mundial de agua. Alrededor del 9% de las extracciones de fuentes naturales destinadas al sector industrial fueron empleadas en la producción de cemento y hormigón.

La huella hídrica del sector tiene dos dimensiones:

- La **huella directa** incluye el agua empleada para preparar el terreno, para fabricar cemento, hormigón y acero, así como el consumo de agua durante la vida útil del edificio (consumo diario por lavado, limpieza, calefacción) y en su derribo. Un edificio construido para maximizar la recogida de agua de lluvia será más eficiente a nivel hídrico. Ahora bien, la construcción industrializada es más eficiente en la fase de construcción por varios motivos (menor "peso propio" de materias primas/m² y concentración del proceso en fábrica en lugar de en obra. La construcción industrializada es casi o totalmente "seca" en obra, según el tipo de edificación o mejor dicho según si es 100% industrializada o mixta (ej. *steel frame* con cimentación y aparcamientos en hormigón no prefabricado).

- A su vez la **huella indirecta** incluye al agua utilizada por la industria auxiliar en la producción de los materiales (ej. ladrillos, cemento, derivados de la madera, revestimientos), así como en la generación de energía para la construcción, debiéndose incluir en el cálculo de la huella hídrica, el efecto reconstituyente de reservas de agua provocado por los bosques en el caso del uso de materiales basados en madera.

También las técnicas de construcción influyen mucho en el consumo de agua. Por ejemplo, la construcción de un edificio en baja altura (ej. hasta 3 alturas) construido en *steel frame* o en contralaminados de madera (CLT) es una operación casi 100% "seca" en obra (salvo que el forjado y la cimentación sean en hormigón in "situ").

La gestión de agua en el sitio de la obra y durante la vida útil, también es clave (ej. prevenir fugas, reutilizar el agua adoptar sistemas de riego eficiente, las técnicas de uso doméstico, los sistemas de calefacción y refrigeración...).

Por último, la adopción de tecnologías de purificación del agua utilizada en el sitio de construcción con la finalidad de su reutilización con fines de riego o de limpieza también será esencial para disminuir la huella hídrica.

En resumen, la huella hídrica se descompone en tres "sub huellas" (Universidad Autónoma de Madrid, 2019) o se pone la cita entera o se crea anexo de bibliografía completa: (i) la huella "verde" (efecto combinado de precipitaciones, recarga gradual de acuíferos y ríos, evaporación y transpiración, aportado por los bosques y la vegetación en general), (ii) la huella "azul" (agua de los ríos y acuíferos distribuida por red) y (iii) la huella "gris" (volumen de agua necesario para absorber contaminantes generados por el proceso productivo).

En unos momentos en los que España vive procesos acelerados de desertización con sequías cada vez más intensas³, la construcción industrializada ofrece una solución no sólo para poder minimizar la huella hídrica, sino incluso para poderse ejecutar las obras según los planes promotores. Dadas las restricciones de agua que sufren algunas regiones, sólo la construcción industrializada permitirá que las obras sean abordadas, ya que al tratarse de obras "secas", concentra su huella hídrica en los centros de fabricación de materiales y componentes, haciendo posible su

³ Para más información, consultar el siguiente enlace:
https://www.miteco.gob.es/en/biodiversidad/temas/desertificacion-restauracion/lucha-contra-la-desertificacion/lch_espana.html

optimización de la gestión hídrica, en contraste con los procesos descentralizados de fabricación de hormigón “in situ”.

En el caso de los edificios, el cálculo de la huella hídrica generalmente se realiza a través del análisis del ciclo de vida, considerando el uso del agua en todas las etapas del proceso de construcción, desde la extracción de materiales hasta la demolición del edificio.

La huella hídrica de los materiales de construcción varía significativamente según el tipo de material y los métodos de producción específicos utilizados. No todos los materiales de construcción suponen el mismo impacto: mientras que metales como el aluminio o el acero inoxidable de fuente virgen son de los que más agua requieren (no así los metales reciclados), otros materiales como la madera (en su ciclo completo) la pizarra (ideal para cubiertas), la piedra natural (relevante en zonas donde es abundante), la arcilla y la cerámica tendrán huellas hídricas inferiores.

En la fase de uso serán muy relevantes, los sistemas de captación de aguas pluviales para su reaprovechamiento en usos como el riego o el suministro de la cisterna del inodoro. Incluso se pueden incorporar sistemas que recojan el excedente de agua de la ducha, el lavavajillas o la lavadora (las llamadas “aguas grises”) para estos usos.

Por lo tanto, la selección de los materiales tendrá un gran impacto tanto en la GEI como en la huella hídrica. Materiales como las estructuras en madera CLT tendrán menor huella de GEI y menor huella hídrica que otros (teniendo en cuenta los efectos de retroalimentación y recarga generados por los bosques y no sólo la absorción directa de las actividades de tala y tratamiento de la madera). A su vez, el hormigón industrializado con contenidos reciclados tendrá una huella hídrica inferior al hormigón in situ.

Gestión de residuos y circularidad

Además de las emisiones y el uso de agua y energía, otro aspecto clave para la sostenibilidad en la construcción es **cómo se gestionan, con qué facilidad o dificultad y cómo se transforman sus residuos, especialmente los provenientes de la demolición de edificios al final de su vida útil**. Según datos de la Contabilidad Medioambiental del INE, el sector de la construcción genera anualmente casi 40 millones de toneladas de residuos, en torno al tercio del total de despojos producidos anualmente por la sociedad en España. El principal residuo generado por el sector de la construcción es

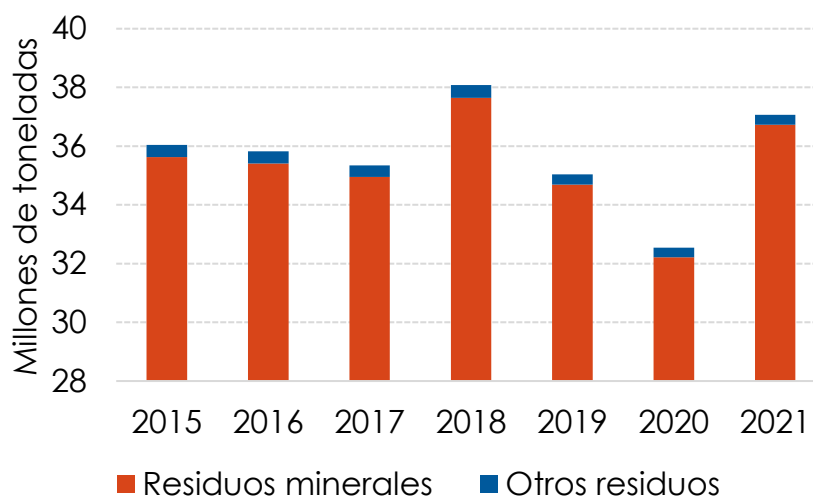
el mineral, debido a peso físico que tienen estos materiales⁴ y a la naturaleza intrínseca del sector, dado que genera entre la mitad y tres cuartos del total de residuos minerales generados en España. De este modo, el resto de los residuos generados por el sector tienen un peso marginal en la economía.

Por ello, **impulsar la circularidad en la construcción se ha convertido en una prioridad regulatoria, particularmente en la partida de Residuos de Construcción y Demolición (RCD)**. Así, la adopción del Pacto Verde Europeo ha impulsado enfoques de trabajo alineados con la economía circular. Esta transición se refleja en proyectos como “Green Growth”, cofinanciado por Erasmus+, que busca mejorar las competencias del sector para abordar los desafíos de la economía circular. La investigación en *Green Growth* destaca la necesidad de formación en economía circular, enfocándose en cómo implementar prácticas circulares en la construcción. Los expertos subrayan la importancia del ecodiseño en la fase inicial, optimizando el uso de materiales, la gestión de residuos y la eficiencia energética.

En este contexto, **la construcción industrializada puede desempeñar un papel vital. Al prefabricar componentes y materiales en base a materias reciclables, además en un entorno controlado**, se facilita la incorporación de prácticas circulares desde el diseño, como la selección de materiales que **ya se reciclan** (ej. acero, madera, plásticos, y cada vez más el hormigón prefabricado) o de bajo impacto ambiental, **además de optimizar el ciclo de vida útil**. El ecodiseño no solo mejora la gestión de residuos al final de la vida útil de las edificaciones, sino que también reduce el consumo de recursos y energía durante la fase de uso. La construcción industrializada, al permitir una mayor precisión y control, se convierte en un catalizador para la integración efectiva de principios de economía circular en la construcción, alineándose con las directrices y legislaciones europeas actuales y futuras.

⁴ Incluyen las partidas 12-13 de la Contabilidad de Residuos, que abarcan a los Residuos de Construcción y Demolición (RCD, como el hormigón, los ladrillos o los yesos), residuos de amianto, residuos minerales (naturales como la arenilla o la grava, y otros como el esmerilado del vidrio o residuos de la cerámica), residuos de combustión, suelos, lodos de drenaje y dragado, y residuos solidificados, estabilizados o vitrificados.

Gráfico 26. Residuos generados por el sector de la construcción (millones de toneladas, 2008-2021)



Fuente: Afi, INE.

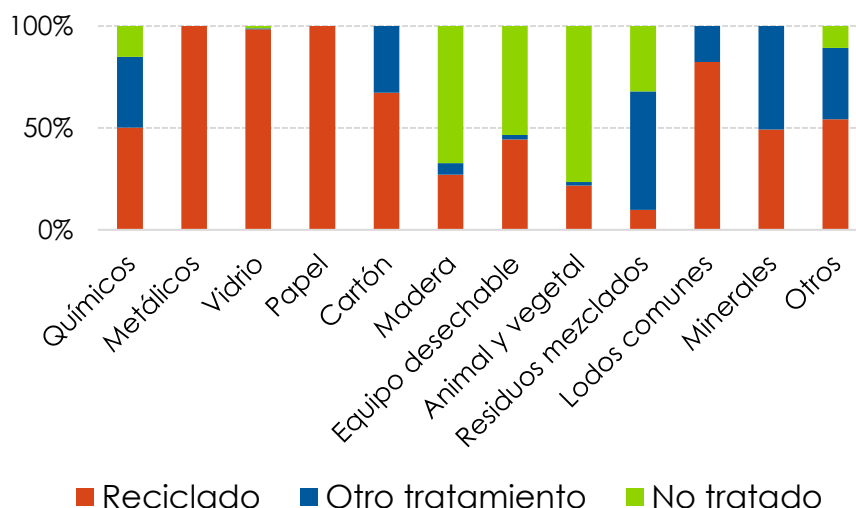
En la actualidad, **la tasa de tratamiento⁵ de los residuos generados a nivel nacional varía en función del material que los compone**. De este modo, los residuos metalúrgicos, el vidrio, el papel, el cartón y los lodos comunes son los materiales más reciclados⁶; mientras que los minerales, los residuos mezclados, el cartón y los químicos son los más tratados⁷ mediante un proceso diferente al reciclado. Los residuos con las menores tasas de tratamiento son el equipo desechable, y los residuos animales y vegetales. De este modo, es posible concluir que en 2021 el 49,2% de los RCD fueron reciclados; lo que equivalió a cerca de 17,5 millones de toneladas; mientras que casi 18 millones de toneladas fueron tratados mediante una operación de valoración diferente al reciclado, un 50,8% del total de los residuos generados. Sin embargo, el hecho de que determinado residuo haya sido reciclado no implica que lo haya sido en una actividad similar. En general, se trata de reciclados de menor valor añadido “downcycling” o en actividades de relleno y otras.

⁵ Incluye la recuperación, el vertido, la incineración, y el uso para operaciones de relleno.

⁶ El INE define la recuperación como las operaciones de valorización mediante las cuales los residuos se transforman de nuevo en productos, materiales o sustancias, tanto si es con la finalidad original como con cualquier otra finalidad (incluyen el reciclado, compost y regeneración)

⁷ El resto de los tratamientos son: vertido, incineración y operaciones de relleno. El vertido engloba los depósitos sobre el suelo o en su interior, descargas en lugares especialmente diseñados (por ejemplo, en vertederos), el almacenamiento permanente, el tratamiento en medio terrestre, inyección en profundidad, y el vertido en el medio acuático. La incineración engloba los residuos utilizados en instalaciones de incineración o coincineración como combustible para generar energía, y aquellos cuya finalidad principal es el tratamiento térmico de residuos para reducir el volumen y la peligrosidad de estos, y para obtener un producto inerte que puede ser eliminado. Y las operaciones de relleno (*backfilling*) es la operación de valorización consistente en el uso de residuos en áreas excavadas (como minas o graveras) para recuperación de pendientes (terraplenado), seguridad o para trabajos de ingeniería y paisajismo donde los residuos sustituyan a otros materiales -no considerados residuos- que habrían tenido que utilizarse para ese mismo fin.

Gráfico 27. Tasa de tratamiento / reciclado de los diferentes residuos en España (% tratado / reciclado sobre el total de residuos generados, 2021)



Fuente: Afi, INE.

En España, **el sector de recogida, tratamiento y eliminación de residuos (CNAE 38) registró una facturación aproximada de 13.740 millones de euros en 2021**. Dicho sector tiene un impacto significativo en la economía, contribuyendo con más de 6.000 millones de euros en valor añadido bruto al PIB. Dentro de este ámbito, el tratamiento y reciclado de residuos de la construcción, incluyendo los RCD, representa el 31,5% de esta cifra, lo que equivale a casi 1.900 millones de euros. A nivel europeo, el sector de gestión de residuos de España se posicionó en 2019 en el cuarto lugar en términos de aportación directa al PIB nacional, solo superado por Croacia, Italia y Alemania. El desarrollo de la economía circular y la incorporación de procesos industriales en el sector de la construcción permitiría catalizar un crecimiento significativo en el sector de la valorización de residuos a suministrar a la industria relacionada con la construcción industrializada, así como el impulso a la innovación en el desarrollo de materiales basados en residuos. Al adoptar prácticas de economía circular, se generaría una mayor demanda de procesos de reciclaje y reutilización, impulsando así la innovación y expansión en el tratamiento de residuos. En suma, el desarrollo de la construcción industrializada, apoyada en la eficiencia de recursos y en la valorización de materiales, permitiría aumentar la escala y el valor añadido no sólo por el sector de componentes y materiales industriales para la construcción, sino también por el sector de tratamiento y valorización de residuos (ej. de metales, de la madera, del hormigón, de instalaciones y revestimientos) con el consiguiente aporte al PIB de ambos sectores, contribuyendo también a la consecución de metas de sostenibilidad y de gestión eficiente de recursos.

5. Evaluación del impacto de la construcción industrializada en España: escenarios futuros

En el contexto español, **la construcción industrializada en clave de circularidad emerge como una respuesta innovadora ante los desafíos contemporáneos del sector**, marcados por una necesidad creciente de eficiencia operativa y adaptabilidad frente a las demandas fluctuantes del mercado. De este modo, la industrialización de la construcción se apoya en la estandarización de elementos, la escalabilidad de proyectos, y en la sistemas avanzados que facilitan la integración entre ecodiseño, manufactura, entrega y montaje final en obra, tales como el *Building Information Modelling* (BIM), la robótica, la fabricación asistida por computadora (CAM) y las técnicas de “Lean Management” (excelencia en procesos) haciendo posible la prefabricación (sea en 2D – componentes en dos dimensiones prefabricados en planta que se montan en obra - o en modo 3D- módulos prefabricados en planta de producción, de montaje rápido en obra). Así, el proceso de construcción se ve facilitado; ofreciendo plazos más cortos, menos errores y más eficiencia en el consumo de materias primas, en recursos energéticos, en generación de residuos y aprovechamiento de los materiales, **permitiendo a su vez diseños abiertos (“Open Design System”) respetando los mejores estándares de calidad en arquitectura** como en fabricación industrial.

Esta sección del informe se enfocará, en primer lugar, en establecer una definición clara del concepto de construcción industrializada en base a la literatura relevante disponible. En segundo lugar, presentará una sección redactada por el Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España (CSCAE) sobre **la calidad de diseño y de obra de la construcción industrializada, y su papel en las tendencias actuales en materia urbanística**. Finalmente, esta sección procederá a presentar los resultados de la estimación del **impacto potencial de su desarrollo en España, con el objetivo de conocer su capacidad para inducir un crecimiento económico más sólido, y para lograr objetivos estratégicos en materia medioambiental y social**. Para ello, se presentarán dos escenarios a futuro en base a su potencial penetración en el mercado privado de renta limitada, y de promoción pública (Viviendas de Protección Oficial o vivienda asequible y vivienda social).

Canales de impacto del potencial desarrollo de la construcción industrializada en España

La ‘construcción industrializada’ abarca diversas tecnologías con diferentes procesos productivos, costos y materiales utilizados. Estas características la diferencian de la construcción tradicional (Cuadro 1).

Cuadro 1: Características diferenciales de la construcción industrializada en comparación con la construcción tradicional

Tipos	Características
Sistemas industrializados	Muy relevante por elevada repetibilidad, estandarización, capacidad de transformación del edificio, menor consumo energético, mayor eficacia en aislamiento, eficiencia de materias primas y peso propio, mayor velocidad de ejecución, menor impacto ambiental y elevado potencial de circularidad. Genera un empleo de mayor calidad que la construcción tradicional. Exige más tiempo en el diseño con el fin de asegurar una elevada precisión en especificaciones industriales. La baja escala de producción de componentes industrializados aún no permite reducciones significativas de costes.
Elementos lineales y paneles (2D) industrializados	Combinación de elementos estructurales (pilares, vigas, forjados.) prefabricados con paneles de fachada, estructurales y no estructurales premontados en fábrica o combinados con sistemas tradicionales. También existen soluciones de CI autoportantes. Las soluciones en 2D penalizan la velocidad de ejecución respecto de las modulares (3D) aunque ofrecen más flexibilidad en diseño y en posibilidades de rectificación.
Módulos 3D industrializados	Máximo potencial de velocidad de ejecución y estandarización en fábrica, mayor rigidez en diseño y limitaciones en costes de transporte ante largas distancias.
Acabados e Instalaciones	Los sistemas industrializados facilitan tanto la preinstalación de acabados (ej. revestimientos) y de redes de energía y agua en fábrica como su colocación en obra en modo sincronizado con la misma, lo cual abarata costes y agiliza la ejecución de las obras
Sistemas tradicionales	Es el sistema más extendido. Presenta un mayor impacto ambiental en obra y en ciclo de vida, además de un menor potencial de reciclaje, lentitud y peor control de costes, sin embargo, permite mayor flexibilidad ante la ejecución. El sistema tradicional presenta menores costes cuando la vivienda industrializada es poco estandarizada y cuando la morfología del edificio es irregular.

Fuente: Afi.

Aunque comparten características, su impacto económico, social y medioambiental varía según la modalidad. A modo de ejemplo, junto con otro tipo de medidas que se completan al final del informe, dichas tecnologías pueden ofrecer soluciones de vivienda más asequibles en un plazo más corto de tiempo que la construcción

tradicional si bien con niveles distintos de coste y de sostenibilidad ambiental entre sí. En el marco de este estudio, se han identificado las siguientes:

Cuadro 2: Modalidad y descripción de las diferentes tecnologías de la construcción industrializada

Modalidad	Descripción
Madera contra laminada (CLT)	Se han construido edificios en gran altura en CLT. El CTE impone niveles de resistencia crecientes en función de la altura. A partir de PB+4 los requerimientos de protección pueden minorar la rentabilidad
Madera (Entramado)	Similar a CLT, aunque con necesidades de arriostramiento estructural para el conjunto del edificio. Presenta impacto ambiental y reciclabilidad favorables.
Acero estructural (laminado en caliente)	Sistema particularmente adecuado para alturas superiores a PB+4 y grandes luces (ej. edificios comerciales e industriales). Para alturas menores el Acero ligero (LSF) y la madera CL suelen ser más rentables (por relación entre uso de materia prima y aprovechamiento). Presenta impacto ambiental y reciclabilidad favorables.
Acero Ligero (Light Steel Frame)	Sistema ideal hasta PB+4. Existen versiones autoportantes (estructura insertada en paneles de separación.). Para mayores alturas, los requerimientos anti-incendio y de arriostramientos estructurales cuestionan su rentabilidad). Presenta impacto ambiental y reciclabilidad favorables.
Hormigón prefabricado	Sistema idóneo muy utilizado para obra civil y edificios industriales, aunque paulatinamente es usado en bloques residenciales (preferiblemente por debajo de PB+8, debido a necesidades de arriostramiento estructural. Los requisitos de maquinaria son también otro impedimento. Cuando es modular tiene la ventaja de la velocidad, pero la desventaja de la duplicidad estructural y de mayores juntas y uniones.
Hormigón in situ	Es el sistema tradicional más habitual. Ofrece mayores limitaciones que la CI en tiempo, calidad de ejecución, control de costes, seguridad de obra, impacto ambiental, reciclabilidad baja. Progresivamente está siendo sustituido en la UE, EE. UU. y Reino Unido

Fuentes: Afi, Guía de la construcción sostenible del País Vasco, Ihobe (Sociedad Pública de Gestión Ambiental, Gobierno Vasco).

La construcción industrializada destaca por su versatilidad respecto de diferentes tipos de edificaciones, adaptándose a proyectos multifamiliares como a viviendas unifamiliares, así como a equipamientos y edificios públicos e industriales. Dicha flexibilidad es crucial para comprender su impacto en el sector habitacional. Tanto

en viviendas unifamiliares como multifamiliares, los sistemas industrializados combinan personalización con eficiencia energética, desafiando la idea de que son métodos impersonales. Además, pese a su versatilidad y adaptabilidad, los sistemas de construcción industrializada permiten diseños únicos replicables para cada contexto y necesidad (por ejemplo; proyectos de vivienda asequible con macro licencias urbanísticas en una zona municipal específica). Para los bloques multifamiliares, la estandarización se traduce en economías de escala que se recomienda favorecer, manteniendo altos estándares de calidad y eficiencia. El enfoque balanceado no solo acelera la construcción reduciendo costes, sino que también mejora la calidad de vida mediante viviendas eficientes y adaptadas a necesidades individuales, evidenciando el potencial de la construcción industrializada para transformar tanto el paisaje urbano como la experiencia residencial.

Por lo tanto, uno de los principales impactos potenciales de la industrialización de la construcción es la reducción significativa en los plazos de construcción, que se estima en hasta un 50% a partir de la fecha de la concesión de la licencia. La esencia de esta eficiencia radica en la prefabricación fuera de la localización geográfica de la obra (*offsite*), permitiendo que los componentes prefabricados (ej. estructuras, secciones, separaciones, revestimientos, elementos de instalaciones, fachadas, etc.) se construyan paralelamente en un entorno controlado de fábrica mientras se prepara el sitio, contrastando marcadamente con los métodos de construcción tradicionales que son inherentemente secuenciales y localizados. Asimismo, la mencionada eficiencia y la velocidad se ven facilitadas tanto cuando la construcción industrializada existe en su modalidad 2D (ej. secciones y paneles premontados en fábrica que se ensamblan en obra, ahorrando costes de transporte), como en la modalidad 3D (módulos enteros montados en fábrica, que a cambio de una menor flexibilidad en la obra y de mayores costes de transporte, aceleran el proceso de ensamblaje en la misma siendo idóneos en distancias cortas).

La integración optimiza no solo el tiempo de construcción sino también la flexibilidad en el diseño, adaptándose a diversos requerimientos arquitectónicos sin comprometer la velocidad o la economía. La construcción industrializada se beneficia del uso de tecnologías avanzadas y procesos estandarizados, lo que facilita la producción en masa y la automatización. La integración de las técnicas de excelencia en procesos de la construcción como el “*Lean Six Sigma*” y la metodología BIM permite una planificación y ejecución más precisas, lo que minimiza los retrasos y errores de calidad, maximizando la eficiencia, asegurando entregas más rápidas y confiables en comparación con los métodos tradicionales.

El potencial de cada una de las tipologías de construcción industrializada para reducir los plazos de ejecución de proyectos es muy heterogéneo, aunque siempre más veloz respecto de los sistemas tradicionales. Así, el entramado de madera y el CLT destacan por su rapidez de ensamblaje y la capacidad de prefabricar paneles

en taller, lo que agiliza su ensamblaje *in situ*. La ligereza de los materiales permite un montaje eficiente y una manipulación más sencilla, reduciendo significativamente los tiempos de construcción. Por otro lado, el acero estructural laminado en caliente, generalmente usado en edificaciones de mayor altura, puede requerir más tiempo de montaje debido a la naturaleza pesada y compleja de los elementos de acero, pero la precisión de la ingeniería y la fabricación previa permiten una construcción rápida una vez que las piezas llegan al sitio. A su vez, el sistema “*Light Steel Framing*”, con similitudes al entramado de madera y CLT en términos de metodología de ensamblaje, se beneficia también de un montaje rápido y preciso debido al peso ligero y la uniformidad de los componentes de acero, acelerando los procesos de construcción. Finalmente, la utilización de elementos prefabricados de hormigón significa que las estructuras pueden ser erigidas rápidamente una vez que las bases están preparadas, lo que permite una construcción rápida y eficaz, especialmente en proyectos a gran escala que pueden aprovechar la economía de escala.

Figura 2: Factores que influyen en la reducción de plazos en la construcción industrializada

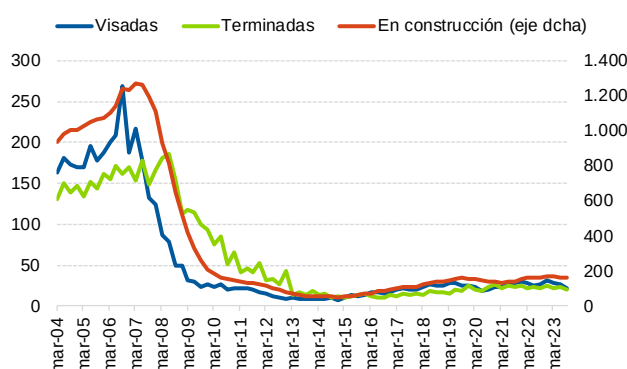


Fuente: Afi

Como se ha comentado con anterioridad, **una de las ventajas de la construcción industrializada frente a la tradicional es la potencial reducción del tiempo total** (a partir de la fecha de la licencia) de construcción de las viviendas, incluyendo plazos de fabricación industrial y de montaje en obra. **Actualmente, el periodo de construcción promedio con las técnicas tradicionales se estima en 18 meses.** La relación econométrica entre las viviendas iniciadas y las terminadas en cada provincia española sugiere que el periodo de construcción de una vivienda media

en España es de un año y medio. El proceso de construcción, por lo tanto, no es inmediato y requiere cierto periodo de maduración. Para poder ajustar oferta a demanda de vivienda y evitar incurrir en excesos de vivienda disponible a la venta, el sector se anticipa a la demanda potencial con el apoyo en previsiones demográficas, económicas y financieras a dos años vista, como mínimo.

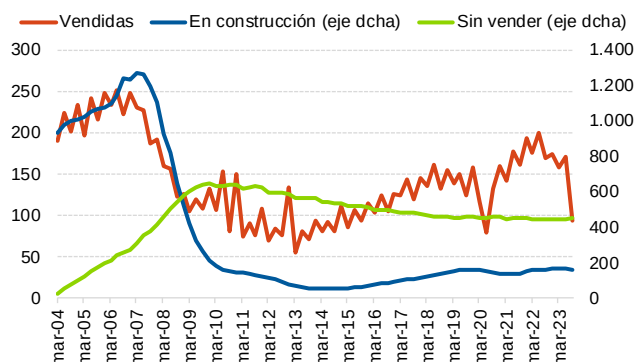
Gráfico 28. Evolución de viviendas visadas, terminadas y en construcción (miles de unidades). Estimación Afi



Fuente: Afi, MITMA

Un ajuste de la demanda de vivienda de la envergadura de la observada en la anterior gran crisis financiera provocó una respuesta de la oferta tardía, básicamente, como consecuencia de la extensión temporal del periodo de construcción. Mientras que las transacciones de viviendas comenzaron a reducirse de forma intensa a mediados de 2006, las viviendas en construcción no se ajustaron hasta un año y medio más tarde.

Gráfico 29. Evolución de viviendas vendidas, en construcción y sin vender (miles de unidades). Estimación Afi



Fuente: Afi, MITMA

El resultado fue un incremento del stock de viviendas nuevas sin vender. En particular, este llegó a alcanzar las 600.000 unidades en 2010 y representar más de un 2% del total del parque de vivienda en España. Este importante volumen de viviendas sin vender provocó un ajuste del sector sin precedentes, tanto en términos de capacidad instalada, como del precio de la vivienda. Aunque pudiera parecer que un ajuste del precio como el observado por aquel entonces contribuiría a mejorar la accesibilidad a la vivienda, provocó todo lo contrario, ya que un evento de estas características genera efectos negativos sobre la estabilidad financiera del país, en general, y sobre la intermediación bancaria, en particular. De hecho, los balances bancarios se deterioraron hasta tal punto que la situación derivó en el rescate bancario que solicitó el Gobierno y que supuso el inicio del saneamiento y reestructuración del sector. **Un ajuste de la oferta a la demanda más ágil evitaría que se repitieran este tipo de situaciones,** contribuyendo a generar mayor estabilidad, no solo en el sector de la construcción, sino también en la economía financiera del país.

Además de la disminución de los plazos de ejecución, la construcción industrializada ofrece perspectivas favorables tanto en la facilitación del inicio de la ejecución de los proyectos de obras como en cuanto a la reducción potencial de costes. Como se ha visto antes, en muchos casos las dificultades de contratación de mano de obra e incluso de recursos hídricos hace inviable el comienzo de las obras, con lo cual el dilema entre construcción tradicional e industrializada se resuelve sólo con esta última opción.

En relación con los costes comparados, aunque inicialmente (dada la producción a escala reducida actualmente) según el proyecto y la tecnología concretas, la construcción industrializada puede presentar un coste total algo mayor (ej. 3-5%) que la construcción tradicional (aunque ya hay casos en España con costes inferiores en industrializado), la experiencia de otros países enseña (McKinsey, 2019) que las dinámicas de aumento de escala y la maduración de los procesos prometen con potenciales reducciones del 20% en el coste total del proceso de construcción. Por otro lado, en España ya hay un número significativo de promociones en régimen de alquiler en tecnologías industrializadas ya que presentan costes totales de propiedad más favorables (presupuesto de ejecución material, más costes a lo largo del ciclo de vida del edificio) que con la construcción tradicional cuando se incluyen costes financieros (por mayor velocidad de ejecución), eficiencia energética, menores costes de mantenimiento, una vida útil mayor, menores costes de “deconstrucción” y valorización de materiales embebidos al edificio.

En cuanto a los presupuestos materiales de obra, tendencialmente (como se ha comprobado en otros países), el ahorro de costes se hace posible por múltiples vías, como la mencionada reducción de plazos de ejecución que reduce las necesidades de capital circulante, el menor consumo de materiales por m² (menor “peso útil”), la mayor eficiencia en los procesos de fabricación, la optimización de la mano de obra

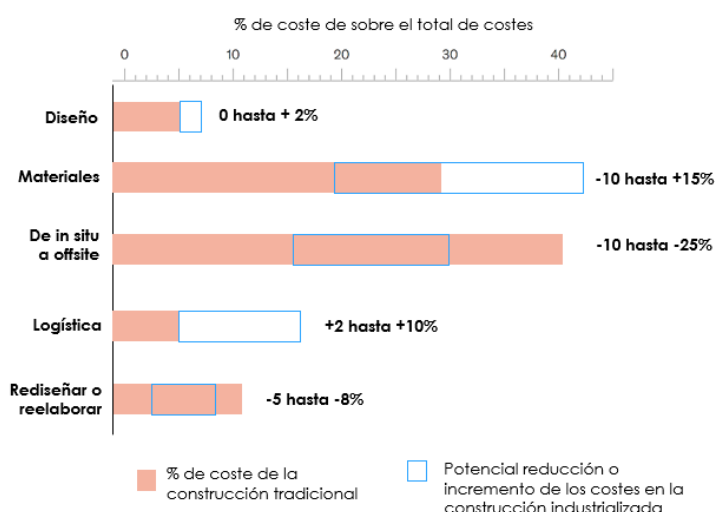
y la minimización de la reelaboración de trabajos en obra, a lo que hay que añadir una previsible aumento de costes del cemento por los costes añadidos de los derechos de emisión de CO² asociados a la construcción en hormigón in situ.

En el ámbito laboral, la construcción industrializada hace posible trasladar hasta el 80% de la actividad laboral tradicional a la fábrica, lo que puede resultar en la reducción de la incidencia de los costes salariales. Trabajos que generalmente insumen una cantidad significativa de recursos, como los relacionados con la mecánica, electricidad y fontanería, se benefician de la automatización y la estandarización de procesos en un entorno controlado de fábrica, lo que incrementa la productividad y reduce el tiempo de inactividad. La simplicidad del montaje de módulos 3D o de componentes en 2D en el sitio puede permitir la contratación de personal menos especializado, aunque experto en dichos montajes (de diferente naturaleza en tecnologías como la madera CLT y el *steel frame*), reduciendo aún más los costes laborales. Añádase que, en general, el personal de montaje en obra estará vinculado al industrial que aporta la tecnología constructiva, lo cual facilita la eficiencia y la calidad.

A pesar de que el diseño prefabricado requiere una inversión inicial mayor en tareas de diseño, componentes y materiales, se compensa con la disminución de los costes de MOD y de reelaboraciones, estimados en hasta un 8% (en condiciones de producción a escala), gracias a la precisión de las unidades estandarizadas. La calidad y precisión en los materiales para la fabricación “*offsite*” pueden elevar los costes debido a tolerancias más estrictas, pero estos pueden ser contrarrestados por estrategias de adquisición centralizada, eliminación de intermediarios y la optimización de las entregas, lo que reduce los costes logísticos y aprovecha las economías de escala. **Adicionalmente, la eficiencia de la producción en fábrica reduce considerablemente el desperdicio de materiales,** con potenciales ahorros de hasta un 10%.

No obstante, se deben considerar costes logísticos adicionales en ciertos casos (según las distancias entre fábricas y obras cuando se construye en modalidad 3D), el diseño inicial más complejo (hace falta “industrializar” el diseño arquitectónico para que los industriales fabriquen exactamente los componentes y materiales precisos), que pueden incrementar el coste total. Sin embargo, estos pueden ser mitigados por la mejora continua de los procesos y la adaptación de las instalaciones a la producción a gran escala, lo que con el tiempo puede inclinar la balanza a favor de la construcción industrializada como la opción más económica y eficiente.

Gráfico 30: Reducción potencial de costes de la construcción tradicional a la construcción industrializada por tipo



Fuente: Modular construction: From projects to products. McKinsey (2019)

La construcción industrializada circular facilita un uso de materiales más sostenible y eficiente, aumentando el valor terminal de los edificios como “bancos de materiales”.

Integrando prácticas industriales a lo largo del ciclo de vida del edificio, se impulsa la transición hacia una economía circular y un fuerte ahorro tanto energético como en agua, lo que refuerza la sostenibilidad ambiental en el sector de la construcción. La mejora de sostenibilidad abarca desde el ecodiseño hasta la demolición selectiva y el reciclaje, pasando por la construcción en un entorno controlado que minimiza el impacto ambiental. Los principios del diseño sostenible son cruciales en la selección de materiales que son renovables, reciclados o reciclables, como se observa en las tecnologías a base de madera (ej. Entramado de madera, la madera contralaminada CLT, proveniente de fuentes gestionadas de forma sostenible, las estructuras de acero ligero reciclable “Light Steel Framing” el hormigón prefabricado, que puede incorporar agregados reciclados. Dichos materiales no solo permiten prolongar la vida útil de los componentes de construcción, sino que también contribuyen a una considerable reducción en la generación de residuos. En los casos del acero estructural laminado en caliente y de las estructuras en acero ligero (“Light Steel Framing”), el uso de acero reciclable es una ventaja notable, dado que la industria del acero ha logrado altas tasas de reciclaje y ha desarrollado técnicas para mejorar la eficiencia del material en cada ciclo de uso.

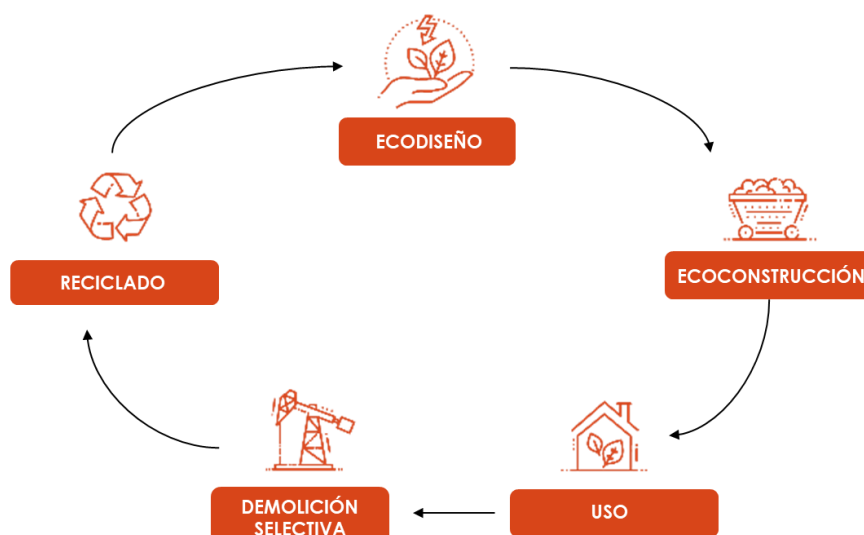
El proceso de fabricación inherente a la construcción industrializada facilita el desmontaje y la reutilización de estructuras gracias a técnicas eficientes como la prefabricación y los métodos modulares. Específicamente, las estructuras en acero ligero (“light steel framing” y el hormigón prefabricado permiten una flexibilidad de diseño y una reutilización eficiente de materiales al final de su vida útil, en lugar de recurrir a la demolición total y el consiguiente desperdicio. La gestión adecuada de

residuos es integral a este enfoque, con sistemas especializados que separan y clasifican los materiales para su posterior reciclaje. Se promueve la reutilización de materiales y componentes de edificios existentes, siempre que sea viable, y se establecen modelos de negocio circulares que facilitan el intercambio de materiales entre proyectos. Este enfoque es particularmente relevante en el entramado de madera, donde la reutilización de componentes puede ser más directa debido a la simplicidad de los elementos constructivos.

La fabricación en serie y la estandarización en la construcción industrializada no solo aumentan la eficiencia, sino que también reducen significativamente el desperdicio.

Los residuos pueden disminuir hasta en un 10%, como se demuestra en las instalaciones de fabricación que utilizan acero estructural y "light steel framing", donde la precisión en el corte y ensamblaje minimiza los sobrantes. Asimismo, la tasa de reciclaje de materiales en la construcción industrializada puede alcanzar hasta un 90% en comparación con el 10% de la construcción tradicional, resaltando la mejora en la sostenibilidad que estas tecnologías ofrecen. Por ello, la composición de los residuos generados cambiaría, de ser principalmente mineral, a materiales con tasas de reciclaje superiores. Por consiguiente, **la naturaleza de los residuos generados se transformaría, pasando de ser predominantemente minerales a estar compuesta por materiales con índices de reciclaje más elevados.**

Figura 3: Economía circular en el sector de la construcción



Fuente: Afi

Por lo tanto, la construcción industrializada representa un avance significativo en la mitigación del impacto ambiental y en mejoras en eficiencia y calidad, en comparación con los métodos tradicionales.

Específicamente:

- ✓ **El ecodiseño** permite a la vez adoptar los mejores estándares de calidad de diseño, minimizando el peso propio (consumo de materias primas por m²), optimizando consumos de energía y recursos hídricos (adoptando soluciones de “energía positiva” y “agua positiva”), alargando ciclos de vida, seleccionando materiales reutilizables o reciclables y diseñando para facilitar el desmontaje y reutilización.
- ✓ **La prefabricación**, un componente central en la construcción industrializada, disminuye la generación de residuos gracias a la precisión y control en entornos de fábrica. La prefabricación (se trate de hormigón prefabricado, de tecnologías en base a madera CLT o del “*Light Steel Framing*”) minimiza el uso de materias primas, las mermas en producción, permitiendo un uso mínimo o nulo de agua en obra.
- ✓ **Los procesos estandarizados**, comunes a todas las tecnologías de construcción industrializada, tanto en operaciones de fábrica como de montaje en obra, permiten reducir los plazos de construcción, a la vez que el uso y la duración e intensidad de permanencia (en su caso) de la maquinaria en la obra, mitigando así las perturbaciones ambientales.

Tabla 5: Impacto medioambiental de distintos materiales empleados en la construcción

Impacto Ecológico	Materiales
  	- Madera (tratada, procesada, certificada y reciclada) - Adobe (ladrillo de barro sin cocer secado al sol)
	- Hormigón reciclado - Hormigón biológico - Hormigón fotocatalítico - Cementos ecológicos - Acero (en caliente y galvanizado ligero) - Fibras (paneles) - Barro Cocido (Arcilla calentada a -950°C) - Plásticos alternativos - Corcho aglomerado
	- Plásticos y aislantes - Pinturas (convencionales vs. ecológicos) - Revestimientos
	- Piedra (en zonas próximas a extracción) - Aluminio
	- Hormigón convencional - Hormigón armado convencional - Cemento (caliza y arcilla)

Fuente: Proyecto Economía Circular España (2022). Acelerando la transición en el sector de la construcción.

En cuanto a la selección de materiales el uso de madera procesada (ej. CLT o entrelazada) con materia prima certificada y reciclada, el acero o el hormigón reciclado o biológico permite reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera, debido que son materiales menos contaminantes en comparación con los empleados en un proceso de obra tradicional. En contraste, los principales materiales utilizados en un proceso de obra tradicional, como el hormigón convencional y el cemento, tienen un gran impacto medioambiental. En concreto, la madera emite 0,084 kg de CO₂ eq., mientras que la emisión procedente del uso del cemento asciende a 0,782 kg de CO₂ eq.

- ✓ Además, como ya se ha mencionado, la fabricación controlada y la producción de componentes de alta calidad en entornos industriales contribuyen a la eficiencia energética y la durabilidad de los edificios, lo que reduce la necesidad de reemplazos o reparaciones frecuentes y minimiza los residuos a largo plazo.
- ✓ En relación con el ciclo de vida útil de las viviendas, la construcción industrializada hace posible un impacto ambiental sustancialmente menor, optimizando **el consumo energético e incluso diseños “neto positivos”**. El consumo total de energía y las emisiones de CO₂ durante la vida de una

edificación diseñada con tal fin, se ve facilitado por el uso de materiales industrializados además de criterios adecuados de diseño.

- ✓ En términos de huella hídrica, cualquiera de las diversas tecnologías de construcción industrializada presenta una huella hídrica significativamente más favorable que su contrapartida tradicional. Además, está más preparada para la recuperación de esta agua, al haber instalado sistemas de gestión eficiente superiores a la construcción tradicional. Igualmente, está basada en materiales que presentan huellas hídricas inferiores al hormigón “in situ” (de la construcción tradicional). Los sistemas de construcción industrializada son “secos” en obra, lo que los dota de mayor flexibilidad ante sequías en puntos concretos del territorio (el consumo de agua se concentra en las fábricas). A su vez, la construcción en base a madera industrializada presenta una huella hídrica mínima, debido al efecto de los bosques sobre el efecto combinado de la suma de 3 huellas hídricas mencionadas con anterioridad (huellas “verde”, “azul” y “gris” respectivamente). Finalmente, en términos de sostenibilidad social y contribución al reto demográfico, cabe resaltar que las soluciones en construcción industrializada en base a madera (sobre todo pinos y abetos) tienen un fuerte impacto en el desarrollo rural de comunidades con extensas poblaciones forestales (cornisa cantábrica, comunidades pirenaicas, ambas Castillas).

Para mayor detalle sobre el impacto de las técnicas de CI en la sostenibilidad, ver el cuadro siguiente.

Cuadro 3: Descripción de las características de la construcción industrializada

	CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA	CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL
Consumo de energía	Menor consumo energético desde la extracción de recursos naturales hasta la conclusión de la obra, por tres motivos: menor peso propio, mayor eficiencia energética y un superior índice de reciclabilidad	La ejecución in situ exige un consumo energético superior desde la extracción de minerales (requerimientos eléctricos elevados) hasta la entrega final de la obra (falta de economías de escala en fábrica, peso propio superior, tareas adicionales...)
Huella hídrica (HH)	La madera tiene una HH inferior El acero permite grados muy superiores de reciclabilidad lo que disminuye la HH a la vez que permite la depuración eficiente en origen	Elevada HH total además de una reducida flexibilidad hídrica en obra ya que gran parte del consumo de agua se produce en la obra

Emisiones de GEI	Emisiones netas muy inferiores en la madera debido a varios factores: menor consumo de energía en extracción, efecto absorción de GEI. Las soluciones en Steel Frame tienen bajo impacto en emisiones por su ligereza, potencial de apilamiento 2D en transporte y elevado contenido reciclado.	Ver consumo de energía
Impacto en transporte	Mayor eficiencia por km transportado debido al menor peso propio (kg. /m2 de obra) y la cubicación más eficiente en las modalidades 2D. El impacto final dependerá de la distancia entre fábricas y obras en ambos casos.	Las obras en hormigón in situ presentan un mayor impacto por elevado peso propio, por el superior número de proveedores y materiales entregados en obra y por la necesidad de traslado de hormigoneras.
Residuos en fin de vida	Facilidad en el desmontaje selectivo de piezas y componentes (ej. Fijaciones atornilladas y adherencias para materiales de reciclabilidad similar) sin generar casi residuos (ej. Los paneles, los perfiles son reaprovechables o re procesables).	El desmontaje como tal no existe, sino la demolición con posibilidad de clasificación en origen, requiriéndose el envío de materiales a plantas de valorización de residuos lo cual es mucho más costoso que con las tecnologías de CI.
Reciclabilidad o reutilización	Elevado potencial de reciclabilidad (casi del 100%) o reutilización (tanto los elementos estructurales y paredes, como los revestimientos). El alto grado de reciclabilidad deriva del proceso de desmontaje o demolición selectiva del edificio, que permite la separación por materiales para su posterior reutilización o reciclaje.	Los escombros de obras tradicionales presentan un coste elevado de ejecución de actividades de valorización de residuos (en general será "un downcycling" o reprocesado para otros usos)
Consumo de materias primas	El acero y la madera tratada consiguen niveles equivalentes de resistencia y prestaciones con menor peso propio (kg./m2) que la CT. Al estar basada en procesos industriales el volumen de residuos es mínimo y se consiguen niveles mucho más elevados de reciclaje.	Gran consumo de materia prima, su reciclabilidad en el fin de vida es compleja. Se emplea hormigón vertido in situ, armaduras de acero corrugado, ladrillos, cerámicos y mortero. Menor uso de cemento y arena y mayor de grava. La cantidad de material desaprovecha en obra es mayor que en los sistemas industrializados.

Gestión de residuos

Los residuos generados en obra (madera y *58steel frame*) se reducen en un 60% respecto de las obras tradicionales.
El caso del hormigón prefabricado la mejora es del 20%

Los residuos generados en la obra tradicional son mayores, asimismo, la gestión de estos es compleja.

Sostenibilidad social y apoyo a la "España vacía"

Las soluciones en CI en base a madera (sobre todo pinos y abetos) tienen un fuerte impacto en el desarrollo rural de comunidades con extensas poblaciones forestales (cornisa cantábrica, comunidades pirenaicas, ambas Castillas)

Fuente: Afi, Guía de la Construcción sostenible del País Vasco

La calidad de la construcción industrializada (CSCAE)

La industrialización es un instrumento que puede, con un uso adecuado, contribuir a la consecución de los grandes retos medioambientales de nuestro tiempo: la descarbonización del parque edificado y la mejora de los procesos constructivos.

Por ello, esa búsqueda de la eficiencia y del uso racional y preciso de los recursos ha de incorporarse al proceso creativo de la arquitectura e ingeniería con la misma relevancia que las nociones de eficacia y belleza para conseguir entornos urbanos más amables, saludables y sostenibles, formando partes sustanciales del concepto de economía circular aplicado a la ciudad y a la construcción.

En ese objetivo de optimizar recursos que son limitados y garantizar, al mismo tiempo, el bienestar de las personas, la industrialización ha de abordarse desde una perspectiva integral, que incorpore necesariamente la robótica, la inteligencia artificial y otros avances.

La industrialización contribuirá a la profesionalización y modernización del sector de la construcción, lo que, a su vez, redundará en una reducción de la siniestralidad laboral. Por supuesto, esta profesionalización se traducirá en una mayor calidad del entorno construido sin olvidar que lo importante es la arquitectura. La industrialización debe adaptarse a los objetivos de mejora del hábitat de la arquitectura y del urbanismo y no al revés. La industrialización debería ser un instrumento para hacer mejor urbanismo y arquitectura, para conseguir el fin último que es el bienestar de las personas.

Pero, la industrialización de los procesos no debe sustituir a la dirección de obra, imprescindible para la calidad de la arquitectura. La responsabilidad civil de los intervinientes de las obras y proyectos debe ser estudiada desde esta nueva perspectiva.

A nivel normativo, las certificaciones de los sistemas de industrialización tienen que cambiar. Debe de tenerse en cuenta que la industrialización en la construcción no es un todo o nada. Existen procesos y sistemas industrializados coexistiendo con procesos y sistemas tradicionales. Existe ya la necesidad de poder certificar el grado de industrialización del edificio por la cantidad de sistemas industrializados empleados.

El avance de los procesos industriales y robóticos ha de contemplarse como la oportunidad para impulsar una profunda transformación de la enseñanza en las escuelas de arquitectura, ingeniería civil e industrial, generando métodos educativos con alto valor profesional. A su vez los colegios profesionales deben adaptar cursos de profesionalización y capacitación en estas áreas.

En resumen, por responsabilidad social, económica y medioambiental, la industrialización ha de estar guiada por la búsqueda de la calidad urbana y arquitectónica como requisito sine qua non, favoreciendo las transformaciones económicas, sociales y estructurales que el sector de la construcción tiene que realizar para adaptarse a la realidad de nuestro tiempo.

Análisis del impacto socioeconómico, medioambiental y en la reindustrialización del país

Para medir la contribución socioeconómica del desarrollo de la construcción industrializada, así como su circularidad inherente, se ha recurrido a las tablas input-output (TIO) del INE, y al modelo de Leontief. Estas tablas son instrumentos estadísticos que desglosan las interacciones entre los diferentes sectores de la economía española. A través de ellas es posible cuantificar la relevancia económica de un sector en base a dos alcances: (i) **el impacto directo**, que refleja la actividad económica específica generada por el sector en la economía, y (ii) **el impacto indirecto**, que evalúa el valor añadido producido por los proveedores de dicho sector. Los resultados de este análisis se expresan principalmente en dos unidades: millones de euros de valor añadido bruto⁸ y empleos equivalentes a jornada completa (EJC). Para una explicación detallada de la metodología empleada, se remite al lector al Anexo metodológico.

El análisis presentado en esta sección parte de una recopilación de información estadística esencial para modelar un sector hipotético de construcción

⁸ Valor Añadido Bruto: es la medida del valor neto creado por ese sector en la economía. Se calcula sumando el valor total de los bienes y servicios producidos por ese sector y restando los costos de los bienes y servicios utilizados en su proceso de producción. El VAB de un sector refleja su contribución neta a la economía general y es un indicador clave de su productividad y eficiencia.

industrializada, del que existe poca información pública. Dicho sector se caracteriza por tener una estructura de costes, productividad laboral, capacidad de generación de valor añadido y necesidades de mano de obra distintas a las de la construcción tradicional, ya contempladas en la TIO del INE. Por ello, la estimación de estas magnitudes diferenciales con respecto a la construcción tradicional ha sido el objetivo principal de este proceso de entrevistado a expertos del sector (ver [Anexo 2. Entrevistas y encuestas a expertos del sector: agradecimientos](#)).

Además de estimar la contribución al Producto Interior Bruto (PIB) y al empleo, este estudio busca **resaltar la actividad económica adicional que podría generar la circularidad de los materiales asociados a este tipo de construcción a través del sector de tratamiento y valorización de residuos.** El enfoque mencionado implica la identificación, clasificación y rehabilitación de materiales tras la demolición, lo cual potenciaría el sector del reciclaje y aumentaría el valor añadido en la economía. Un ejemplo ilustrativo de este enfoque sería el cambio de la construcción basada en hormigón in situ, con una tasa de reciclaje del 30%, hacia la utilización de madera prefabricada, que, aunque su tasa de reciclaje varía según diferentes factores, tiene un promedio aproximado del 90%.

Finalmente, el ejercicio también **pretende estimar la reducción en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) derivadas del desarrollo de la construcción industrializada**, tanto a lo largo de la cadena de valor del sector, como por las generadas por el uso de la vivienda anualmente.

En la actualidad, se estima que la construcción industrializada representa el 1% del sector de la construcción; una cifra significativamente inferior a la de muchos países de nuestro entorno (Clúster de la Edificación). Con el objetivo de cuantificar el impacto potencial de la construcción industrializada en la actividad económica de nuestro país, se han propuesto dos escenarios de crecimiento, resumidos en la siguiente tabla:

Tabla 6. Definición de los escenarios de desarrollo de la construcción industrializada en España (% de viviendas terminadas anualmente, por tipología)

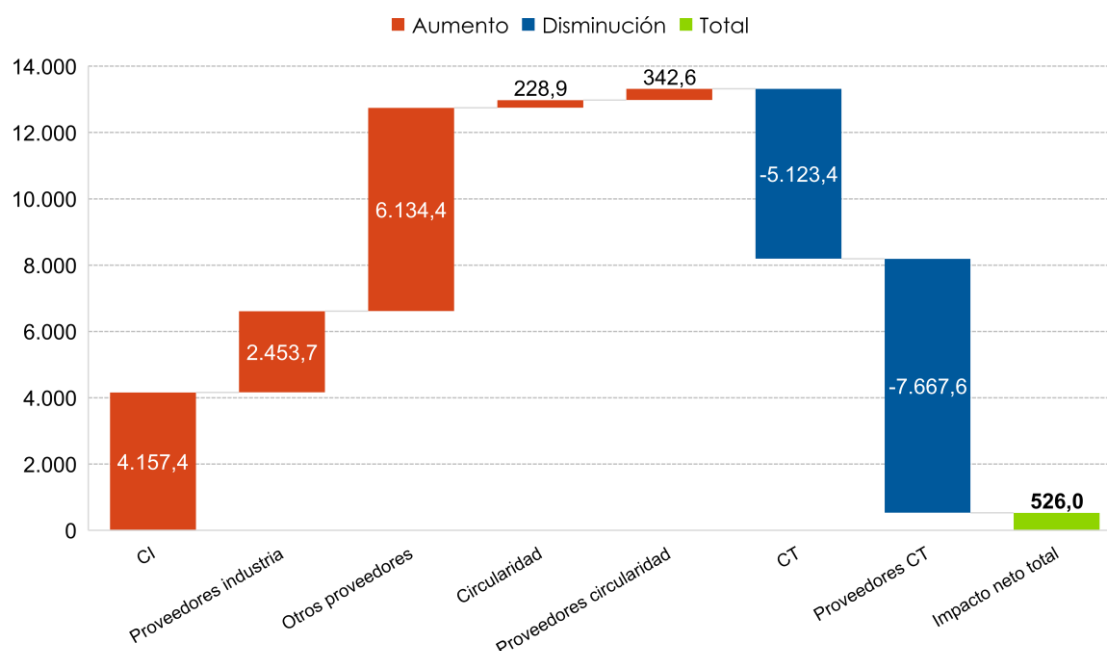
	Actual	Escenario 1	Escenario 2
Promociones de Vivienda de Protección Oficial (VPO), pública y asequible.	10%	14%	28%
<i>de las que serán industrializadas</i>	0%	15%	30%
Promociones residenciales del sector privado	90%	86%	72%
<i>de las que serán industrializadas</i>	1%	10%	15%
% del sector que representa la CI	1%	11%	19%

Fuente: Afi, MITMA

Este informe parte de escenarios contruidos con datos del MITMA sobre viviendas terminadas, y su distribución entre vivienda de protección oficial (VPO) o pública asequible; y vivienda de promoción completamente privada. Los escenarios contemplan una proyección hipotética de la participación potencial de la construcción industrializada en cada uno de estos segmentos del mercado. Así, en el primer escenario, se plantea el cumplimiento del 50% del objetivo anual del MITMA para la construcción de vivienda asequible, siendo el 15% de esta porción ejecutada mediante tecnologías industrializadas. Adicionalmente, de las viviendas restantes (que representan el 86% del total terminado), un 10% se construye con métodos industrializados. El segundo escenario es más ambicioso, alcanzando el 100% del objetivo anual de vivienda asequible del MITMA, que corresponde al 28% del total de viviendas terminadas en un año. De este segmento, un 30% se realiza utilizando tecnologías industrializadas; y del 72% restante, el 15% se edifica mediante estos métodos. **En consecuencia, en el primer escenario, la construcción residencial industrializada representa el 11% del mercado de construcción residencial, mientras que, en el segundo, esta proporción aumenta al 19%.** En ninguno de los escenarios planteados se llegaría a ubicar el peso de este segmento en la línea de lo estimado para países europeos, como los Países Bajos o Suecia en los cuales la mayor parte de viviendas sociales y muchas en régimen libre son construidas en industrializado (50% y 100%, respectivamente, según Plataforma por la Industrialización de la Vivienda).

Como se puede observar en el Gráfico 31, **el efecto neto en valor agregado del desarrollo de la construcción industrializada en el Escenario 1 es de 526 millones de euros** (aunque muy superior en el sector industrial propiamente dicho). En primer lugar, la construcción industrializada generaría 4.157,4 millones de euros de valor añadido directo, a los que habría que sumar otros 8.588,1 millones de euros, derivados del incremento en la facturación de sus proveedores (de los que 2.453,7 millones de euros provendrían del sector industrial, sería VAB indirecto industrial). Asimismo, debido a que la tasa de reciclabilidad de los materiales utilizados en el proceso industrial es mayor que en la construcción tradicional, el sector de reciclaje (o la economía circular) se vería expandida en 571,5 millones de euros adicionales, 228,9 millones de ellos de modo directo; y 342,6 millones de euros de forma indirecta. Por otro lado, debido a que los escenarios expuestos consideran un efecto sustitución entre la construcción industrializada y la tradicional, se estima que el sector tradicional vería su actividad económica recortada en 5.123,4 millones de euros, mientras que sus proveedores tradicionales dejarían de aportar al PIB otros 7.667,6 millones de euros de valor añadido.

Gráfico 31: Efecto neto⁹ del desarrollo de la construcción industrializada en el Escenario 1
(millones de euros de Valor Añadido Bruto anuales)

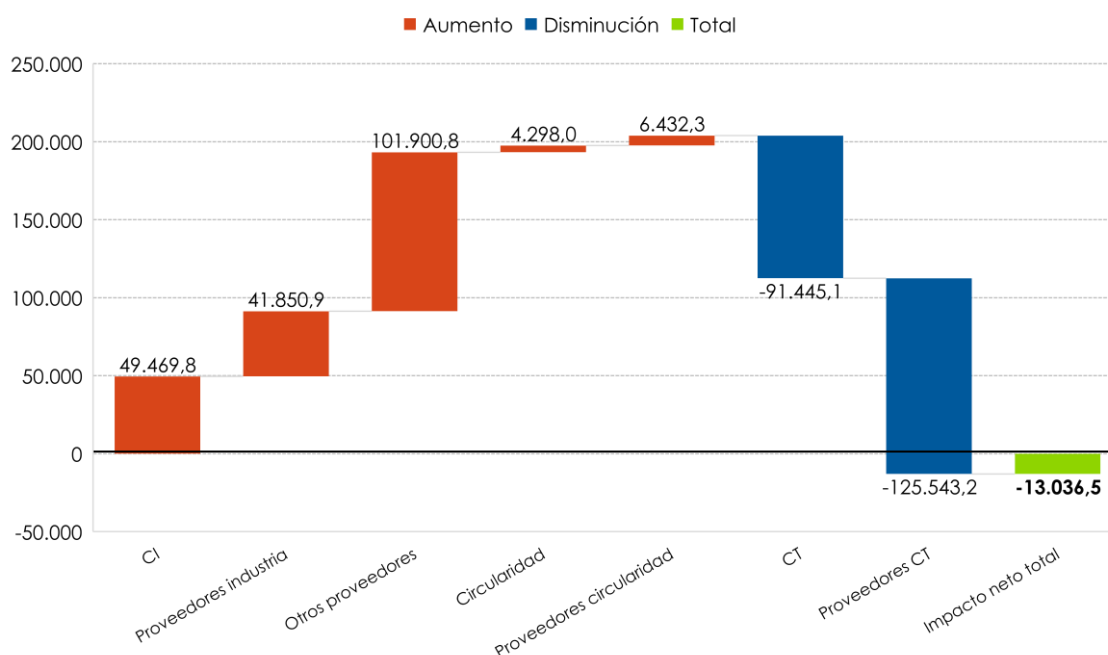


Fuente: Afi, INE

Bajo el Escenario 1, la transición hacia la construcción industrializada resultaría en una reducción neta de más de 13.000 puestos de trabajo equivalentes a jornada completa (EJC) en la economía española a nivel teórico. En la práctica existen cuellos de botella en la disponibilidad de mano de obra para la construcción. El mencionado descenso en la demanda laboral asociable a la construcción industrializada se explica por la elevada productividad laboral característica de la construcción industrializada. En el sector de la construcción industrializada, cada trabajador genera un valor añadido aproximado de 80.000 euros, en contraste con los 50.000 euros promedio en la construcción tradicional. Esta mayor productividad implica que se requieren menos trabajadores para alcanzar el mismo nivel de producción, lo que conduce a una menor necesidad de empleo en el sector industrializado en comparación con la construcción tradicional, a pesar de su contribución positiva a la actividad económica. Por otro lado, cabe destacar que el empleo asociado a la economía circular y sus proveedores aumentaría en casi 11.000 trabajadores EJC.

⁹ CI: construcción industrializada. Proveedores industria: agrupación de códigos Cnae 05-33. Otros proveedores: resto de códigos Cnae. Proveedores circularidad: agrupación de códigos Cnae 38-39. Proveedores circularidad: sectores económicos proveedores de los códigos Cnae 38-39. CT: construcción tradicional. Proveedores CT: agrupación de sectores económicos proveedores de la construcción tradicional.

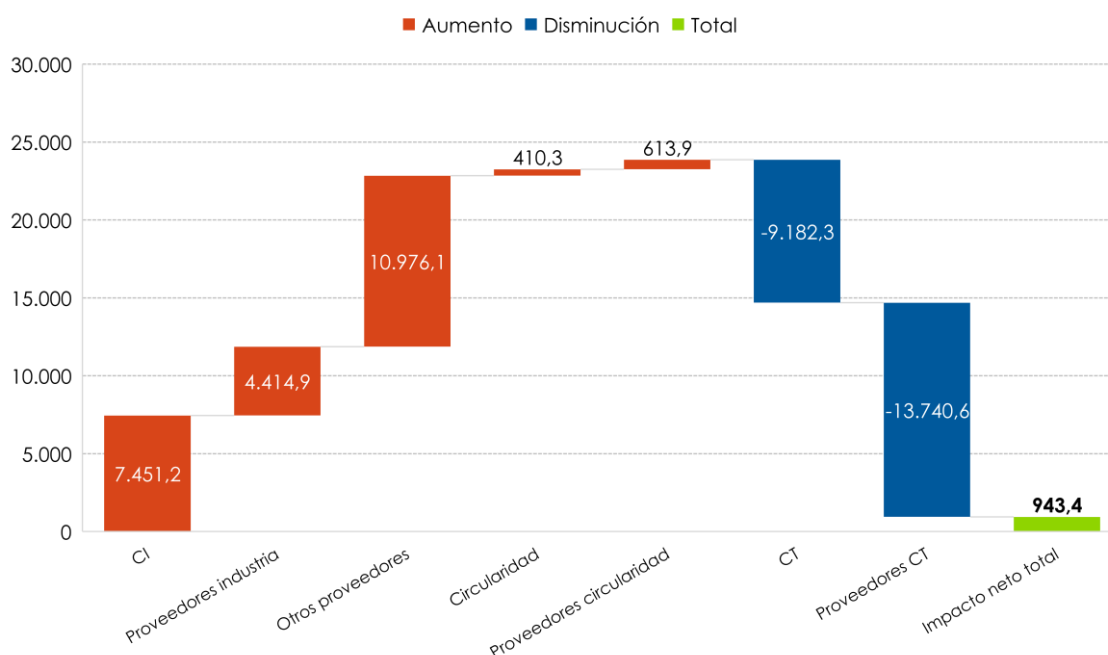
Gráfico 32: Efecto neto del desarrollo de la construcción industrializada en el Escenario 1
(empleos equivalentes a jornada completa)



Fuente: Afi, INE

En el Gráfico 33 se presenta el impacto económico del Escenario 2 en el desarrollo de la construcción industrializada. **Se identifica que el desarrollo de estas tecnologías de construcción aportaría, de forma neta sobre la economía, un valor añadido de más de 940 millones de euros asumiendo que todas las viviendas con tecnología tradicional se ejecutaran en el mismo plazo.** En primer lugar, el propio sector de la construcción industrializada generaría casi 7.500 millones de euros de valor añadido de manera directa. Además, sus proveedores producirían casi 15.400 millones de euros de manera indirecta, de ellos, 4.400 millones provendrían de la industria española. **Además, la superior tasa de reciclabilidad de los materiales en la construcción industrializada conllevaría una expansión de 1.024,2 millones de euros en el sector del reciclaje,** desglosados en 410,3 millones directos y 613,9 indirectos. Sin embargo, considerando el efecto de sustitución entre la construcción industrializada y la tradicional, se prevé una reducción en la actividad económica del sector tradicional de casi 9.200 millones de euros, y una disminución de 13.740 millones de euros en el VAB aportado por sus proveedores habituales.

Gráfico 33: Efecto neto del desarrollo de la construcción industrializada en el Escenario 2
(millones de euros de Valor Añadido Bruto anuales)

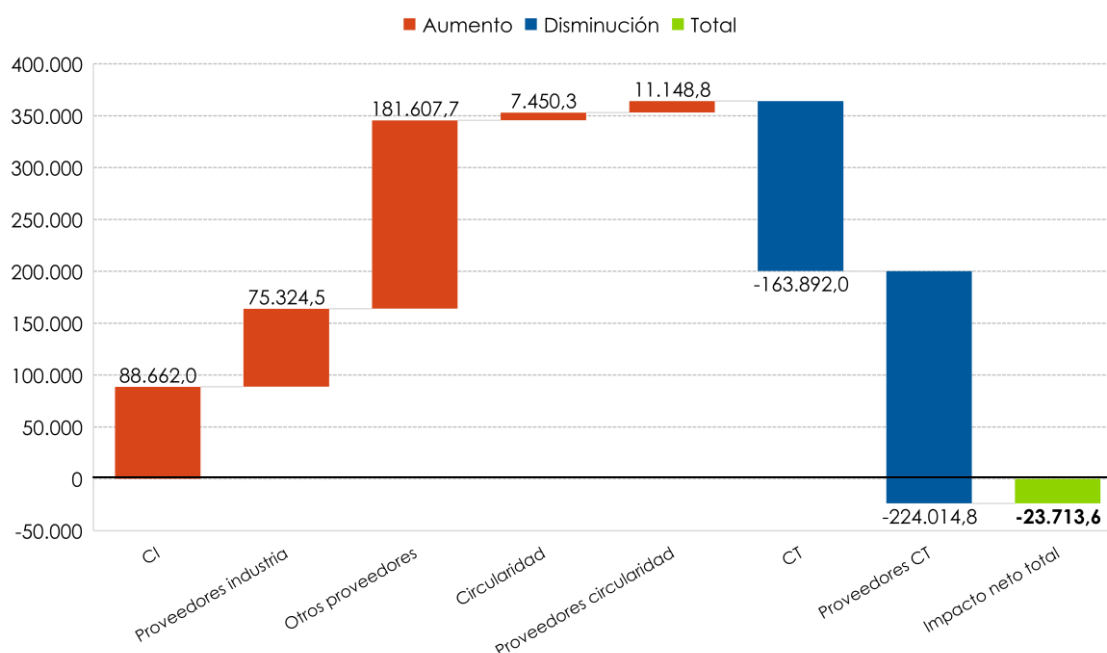


Fuente: Afi, INE

Nuevamente, en cuanto al empleo, los resultados pueden no ser intuitivamente sencillos de interpretar. El efecto neto sobre el empleo del desarrollo de la construcción industrializada en el Escenario 2 es de casi 24.000. En primer lugar, la construcción industrializada generaría cerca de 88.700 puestos de trabajo directos, a los que habría que sumar otros 256.932,2 ocupados en actividades suministradoras de la construcción industrializada (efecto indirecto, de los cuales 75.324,5 serían industriales). Asimismo, el empleo en el sector de reciclaje se vería aumentado en 18.600 trabajadores adicionales, 7.450 de modo directo y 11.150 indirectos. En términos de compensación en la construcción tradicional, se estima que este sector reduciría su demanda de trabajadores en 163.900 puestos de trabajo, mientras que sus proveedores tradicionales dejarían de emplear a otros 224.000 ocupados.

Sin embargo es plausible que el efecto neto de la construcción industrializada sea muy superior siendo el motivo que no se trata del mismo tipo de trabajadores ni tampoco de las mismas localizaciones geográficas, ya que donde escasea la mano de obra especializada en la construcción es en las grandes urbes, mientras que los materiales y componentes de la construcción industrializada son manufacturados en plantas de producción y ensamblaje por mano de obra industrial, a menudo lejos de las grandes urbes.

Gráfico 34: Efecto neto del desarrollo de la construcción industrializada en el Escenario 2
(empleos equivalentes a jornada completa)



Fuente: Afi, INE

Por consiguiente, el aumento neto del valor añadido bruto proyectado en el escenario 1 se traduciría en un crecimiento del PIB español del 0,04%, mientras que en el escenario 2, este incremento alcanzaría el 0,08%. Quizás más importante, **se anticipa un cambio en la estructura económica del tejido productivo español hacia una mayor presencia de sectores industriales, con su contribución al valor añadido nacional aumentando en un 0,7% en el escenario 1 y en un 1,2% en el escenario 2.**

El citado **aumento en la relevancia del sector industrial** es crucial por varias razones. En primer lugar, porque permitirían un **impulso a la innovación y el desarrollo tecnológico**, ya que dicho sector industrial se nutre de avances en la I+D+i en nuevos materiales y en la adopción de tecnologías 4.0 como la robótica, la impresión 3D y la integración de software de diseño y mantenimiento de edificios con "internet de las cosas" (incluyendo aplicaciones de IA que optimizan tanto el diseño, como el mantenimiento de los edificios).

Dicha fuente de dinamismo es fundamental para el crecimiento económico a largo plazo, y es un punto en el que la economía española todavía tiene margen de mejora.

En segundo lugar, un sector industrial robusto, orientado hacia la sostenibilidad y la eficiencia energética, es clave para un crecimiento económico que sea respetuoso con el medio ambiente. Lo anteriormente mencionado incluye la adopción de prácticas de producción más limpias y eficientes, reduciendo el impacto ambiental.

En este sentido, debido a sus propios requisitos internos en términos de calidad de materiales, la construcción industrializada estaría contribuyendo a desarrollar la sostenibilidad en las ramas económicas proveedoras de insumos productivos.

Por último, el crecimiento del sector de la construcción industrializada contribuiría a **mejorar la capacidad exportadora** de España, al mismo tiempo que la sustitución de importaciones energéticas. Esto le permitiría **mejorar su balanza comercial y fortalecer su posición económica en el mercado global**, considerando las ventajas en costes que presenta el sector, puesto que la construcción industrializada está mucho más implantada en países de nuestro entorno a las que nuestras empresas ya están exportando. Dicho impacto comercial exterior, se traduciría en una economía más diversificada y resistente a las fluctuaciones del mercado internacional, lo que es esencial para la estabilidad y el progreso económico del país.

Gráfico 35. Contribución neta del desarrollo de la construcción industrializada a la economía e industria españolas (% PIB y VAB industrial)

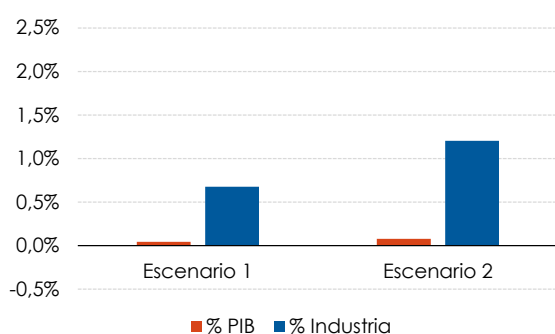
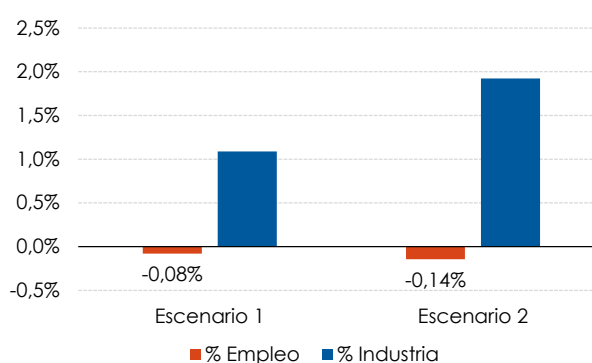


Gráfico 36. Contribución neta del desarrollo de la construcción industrializada al empleo total e industrial en España (% empleo total e industrial)



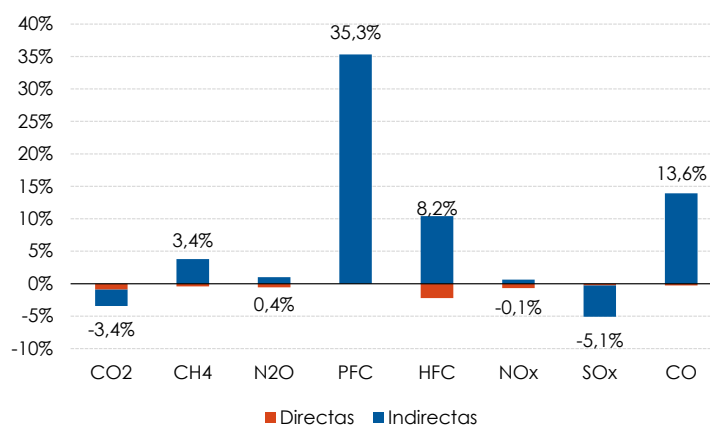
Fuente: Afi, INE

Asimismo, en términos de empleo, el escenario 1 conllevaría **un impacto neto leve en el empleo equivalente al 0,08% de los puestos de trabajo** en España, mientras que el escenario 2 anticipa una caída del 0,14%. Si bien, a priori, los resultados en términos de mercado laboral parecen **ligeramente** negativos, cabe resaltar que se estaría creando empleo industrial, y de mejor calidad y que en gran medida las obras en construcción tradicional están sujetas a signos de interrogación **por las faltas de mano de obra especializada en las zonas tensionadas**. De hecho, **se estima que bajo el escenario 1, el empleo industrial crecería más de un 1,1%, mientras que en el escenario 2, este aumento sería del 1,9%.**

Lo anteriormente mencionado no solo significa un aumento en el volumen de empleo industrial, sino también una mejora de la calidad del mismo.

El empleo en la industria, por su naturaleza, suele ofrecer mayor estabilidad, mejores salarios y más oportunidades de formación y desarrollo profesional en comparación con otros sectores; algo que lleva a una fuerza laboral más especializada, eficiente y productiva, alineada con las demandas de una economía moderna y tecnológicamente avanzada. La transición hacia empleos industriales de alta calidad refleja un cambio positivo en la dinámica laboral del país, apoyando un crecimiento económico sostenible y robusto.

Gráfico 37: Variación neta de las emisiones de la cadena de valor de la construcción industrializada con respecto a la tradicional (% de variación anual con respecto a la construcción tradicional)

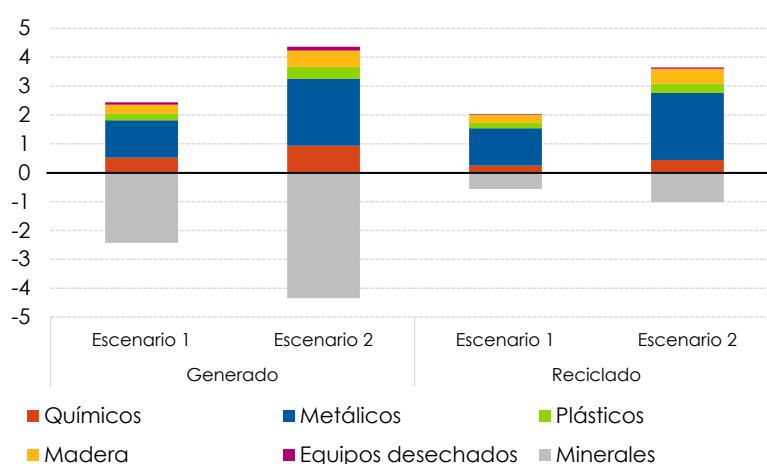


Fuente: Afi a partir de INE

En el análisis de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), al igual que en la sección económica, es esencial distinguir entre las emisiones directas e indirectas. Las emisiones directas se refieren a las originadas por la actividad de construcción industrializada en sí, mientras que las indirectas se derivan de la actividad de sus proveedores, en contraste con la construcción tradicional. **El gráfico revela una tendencia general a la baja en las emisiones de los principales GEI debido al desarrollo de la construcción industrializada, aunque se registra un aumento en gases específicos** asociados a la metalurgia (PFC, HFC y CO) y al tratamiento de residuos (CH₄ y N₂O). Es relevante señalar que **las emisiones totales de CO₂ registran una disminución del 3,4%**, y que además hay un cambio en la estructura de emisiones del sector. Aunque las emisiones indirectas del transporte, un componente esencial en la construcción industrializada debido al traslado -por ejemplo- de módulos prefabricados, muestran un incremento significativo, este aumento es compensado por una disminución superior en la producción de materiales clave, como la madera y el acero. De igual manera, se aprecia una reducción significativa en las emisiones provenientes de la producción de hormigón. Este descenso es coherente con la

menor dependencia en este material en la construcción industrializada en comparación con los métodos tradicionales, donde el hormigón tiene un rol más central. **Finalmente, también destaca la caída de las emisiones de óxido de azufre (SOx), que descienden un 5,1%.** El principal determinante detrás de esta bajada es, del mismo modo, la menor dependencia de la construcción industrializada en el hormigón fabricado *in situ*.

Gráfico 38: Variación neta de la generación de los principales residuos de la construcción por escenario (millones de toneladas anuales)



Fuente: Afi a partir de INE

La construcción industrializada desempeña un rol significativo en la promoción de la economía circular, gracias a su preferencia por materiales con alta reciclabilidad como la madera, los metales y los plásticos, y una menor utilización de minerales como el hormigón, que presentan tasas de reciclaje más bajas. En consecuencia, se estima que el uso de estas tecnologías de construcción podría evitar la generación de más de dos millones de toneladas de residuos minerales en el escenario 1, y más de cuatro millones en el escenario 2. Aunque se espera un aumento en los residuos de otros materiales, como se muestra en el Gráfico 38, estos son más susceptibles de ser reciclados. Por tanto, la construcción industrializada tiene el potencial de incrementar la cantidad de residuos reciclados en dos millones de toneladas en el escenario 1, y en 3,5 millones de toneladas en el escenario 2.

6. Propuestas de política de vivienda para impulsar la construcción industrializada circular y el papel de las AA.PP. en este contexto

El progreso y la aceptación de la construcción industrializada circular en el mercado se ven influenciados por una variedad de factores esenciales, los cuales incluyen la creación de incentivos para diversos actores y el respaldo de entidades gubernamentales, tanto a nivel regulatorio como de incentivos.

Esta sección aborda cómo estas políticas de vivienda pueden ser diseñadas y adaptadas para impulsar la construcción industrializada en clave circular, equilibrando su integración con las prácticas constructivas tradicionales. Además del apoyo institucional, el desarrollo de la construcción industrializada en España también depende del compromiso de actores privados, como el sector promotor, los clientes finales, **el sector industrial de la construcción y el sector de tratamiento y valorización de residuos esenciales para la construcción**, cuya participación es crucial para fomentar la innovación y la demanda en este ámbito.

Asimismo, en esta sección se analizan medidas complementarias críticas, como las normativas de construcción y los tiempos de concesión de licencias de obra, que son esenciales para el desarrollo pleno de la construcción industrializada **como solución para abordar el déficit de vivienda asequible.**

Finalmente, se examinará el papel que las AA.PP., en general, y el Instituto de Crédito Oficial (ICO), en particular, podrían desempeñar en este panorama. Desde proporcionar financiación específica hasta mitigar los riesgos para los inversores pasando por participar en la definición de estándares compartidos por el sector financiero, el ICO tiene el potencial de ser un catalizador en la promoción de la construcción industrializada circular. En los siguientes párrafos, se discutirán estas propuestas en detalle, sentando las bases para una comprensión más profunda de cómo la construcción industrializada puede ser impulsada eficazmente en el contexto español.

Barreras potenciales al desarrollo de la construcción industrializada circular en España

La adopción y desarrollo de la construcción industrializada enfrenta una serie de desafíos importantes. Los desafíos no abarcan únicamente aspectos técnicos y financieros, sino que también incluyen dimensiones regulatorias, educativas y culturales. La comprensión y superación de dichas barreras son esenciales para aprovechar el potencial completo de la construcción industrializada, lo que a su vez puede conducir a beneficios económicos, sociales y medioambientales significativos.

A continuación, se exploran en detalle los cinco principales desafíos que enfrenta este subsector emergente. Los desafíos son fundamentales no solo para los actores dentro del sector de la construcción, sino también para los responsables de políticas, los inversores, y la sociedad en general, ya que todos los mencionados desempeñan un papel crucial en la evolución y éxito de esta modalidad de construcción en España:

1. **La insuficiente conciencia privada sobre el potencial de estas tecnologías en la construcción**, que sigue estando asociada a una cultura del prefabricado de épocas anteriores (soluciones rígidas y baratas), cuando la construcción industrializada permite diseños abiertos y flexibles con los mejores estándares de calidad. La falta de conciencia sobre las ventajas de la construcción industrializada circular y de sus implicaciones constituye una barrera cultural, que hace necesario intervenir para conseguir cambios en las percepciones y hábitos de los consumidores e inversores, con el fin de ponernos al nivel de los países europeos más avanzados en la materia en cuestión.
2. **El desconocimiento por parte de la Administración Pública de las necesidades específicas de la construcción industrializada circular para su desarrollo**. Este aspecto está intrínsecamente relacionado con la obligación de generar sinergias público-privadas. La falta de comprensión por parte del sector público sobre las particularidades de la construcción industrializada limita el desarrollo de políticas y regulaciones adecuadas, así como el apoyo necesario en términos de formación profesional y promoción de la innovación.
3. **La oferta insuficiente de capacidad por parte de los proveedores industriales para la fabricación y suministro de materiales y otros insumos esenciales para este tipo de construcción, incluyéndose la capacidad del sector de valorización de los materiales asociados**. Dicha tipología de desafíos, además de estarlo con la demanda de construcción industrializada, también está relacionada con la estandarización de los insumos y la gestión de los residuos. La escasez de proveedores que puedan satisfacer las demandas específicas de la construcción industrializada restringe el acceso a materiales sostenibles y de alta calidad, constituyendo un **círculo vicioso (baja demanda ⇔ baja capacidad ⇔ costes elevados)** que es necesario vencer. Dicha limitación frena el desarrollo del sector y subraya la necesidad de fomentar la inversión en I+D en materiales, y en la capacitación de proveedores especializados.
4. **La falta de una regulación específica y adecuada para el desarrollo de la construcción industrializada**. La ausencia de un marco regulatorio que, por un lado, impulse la demanda de nuevas tecnologías y métodos en la construcción industrializada y, por otro lado, facilite su financiación, frena el avance de este sector. Es crucial desarrollar regulaciones que no solo se alineen con las innovaciones tecnológicas, sino que también impulsen los

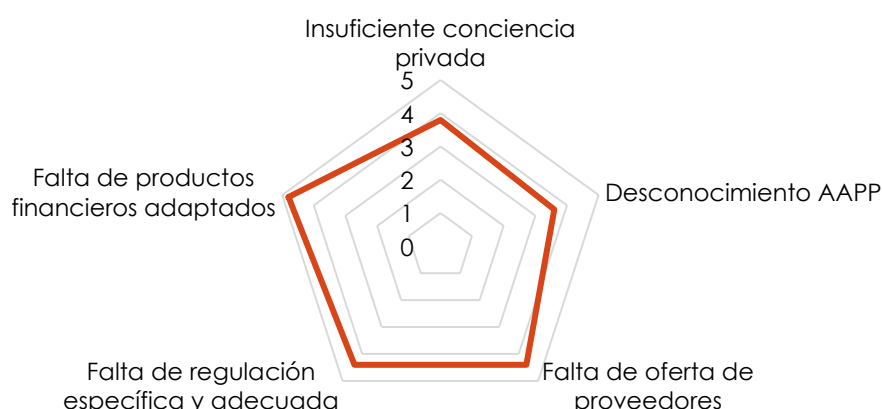
beneficios económicos, sociales y medioambientales inherentes a esta modalidad de construcción. Por ejemplo, la obligatoriedad de contenidos circulares en general y en el caso particular de los edificios públicos (ej. centros educativos, defensa, sanidad), las viviendas de protección oficial (VPO) y las promociones público-privadas de alquiler con renta limitada, la necesaria inclusión de estas tecnologías en modo equilibrado (ej. hormigón prefabricado, *steel frame*, madera CLT y trenzada) en las bases de licitación, sería clave para impulsarlas todas, optimizando el uso del suelo con fines sociales. Además, es fundamental agilizar los procedimientos administrativos, como la concesión de licencias de obra, cuyo trámite puede extenderse actualmente hasta los 24 meses, limitando las potenciales ventajas de reducción de plazos que ofrece la construcción industrializada, combinando soluciones de licencias “a escala” para consorcios de promotores y otros agentes con soluciones tecnológicas colaborativas (ej. el BIM) que integren a las autoridades urbanísticas con los diseñadores, constructores e industriales.

5. **La falta de productos financieros adaptados al contexto de la construcción industrializada, que suplan las carencias de los instrumentos financieros actuales.** Debido al muy superior peso de los contenidos en materiales y componentes (hasta el 85% vs. el 35%), la inversión inicial para el desarrollo de tecnologías de industrialización de la construcción es más elevada que con la tradicional. Adicionalmente, al ser ejecutados fuera del sitio de la obra la mayor parte de la ejecución, hacen falta figuras que acepten como garantía aquellos materiales y componentes en fábrica, destinados a las obras. En consecuencia, la carencia de instrumentos financieros diseñados específicamente para las características del sector frena su desarrollo. Por ello, es necesario que la oferta financiera se adapte y permita afrontar ciclos de inversión más rápidos, aunque con desembolsos iniciales más elevados, en un contexto donde la rotación del capital circulante también es más rápida, comparativamente a la construcción tradicional.
6. **La adopción de una metodología estándar compartida por todo el sector financiero, para la valoración del valor terminal de los edificios (ciclo de vida completo)** que reconozca su potencial de **generación /ahorro energético y de reutilización como bancos de materiales**, lo cual aumenta el valor intrínseco de las obras en construcción industrializada a ojos de las entidades financieras. De esta forma, se consideraría que, al alcanzar su fase terminal, los edificios construidos de forma industrializada tendrían un valor adicional. Igualmente, la construcción tradicional, además de tener una menor certificación energética, tiene un valor terminal muy inferior a los construidos de forma industrializada, no sólo porque están construidos con materiales más caros de recuperar y reutilizar, sino porque en muchos casos la reutilización sólo es

posible en actividades de menor valor añadido (ej. relleno o “downcycling”) en contraste con los principales materiales y componentes de la construcción industrializada y la mayor facilidad de desmontaje de éstos al final de su ciclo de vida.

Como resultado de entrevistas a expertos del sector, se han mapeado las principales barreras en torno al desarrollo de la construcción industrializada. De este modo, el panel de expertos considera que **la falta de productos financieros adaptados es el principal escollo al desarrollo de la construcción industrializada**, al adjudicarle una valoración de 4,8 sobre cinco; el diseño e impulso de instrumentos financieros que faciliten tanto el acceso a una vivienda construida mediante tecnologías industriales, como la promoción de este tipo de viviendas por el lado del sector de la construcción. Entre dichos productos financieros (ej. avales para la prefinanciación, garantías al industrial y al promotor, créditos participativos y otros) estarían también las metodologías estándar de valoración de inmuebles según su valor residual (muy superior para la construcción industrializada).

Gráfico 39: Percepción del sector sobre las principales barreras para el desarrollo de la construcción industrializada



Fuente: Afi, entrevistas al sector

Además, se identifican otros obstáculos relevantes para el desarrollo de la construcción industrializada, como la falta de regulación específica y adecuada y la insuficiencia de capacidad en los proveedores de materiales y componentes industriales. Por un lado, la carencia de normativas que se adapten a las características únicas de la construcción industrializada, como la adecuación de los estándares de diseño a sus métodos, **la falta de exigencias de contenidos reciclables en las licitaciones (lo que aumentaría la escala bajando los costes unitarios)**, sin duda contribuye a frenar su despliegue. Por ello, el panel de expertos consultados ha clasificado esta potencial barrera al desarrollo en segundo lugar, con una puntuación de 4,4. Naturalmente, **la consolidación de una red de proveedores fiables** que suministren componentes y materiales de calidad, con capacidad operativa y

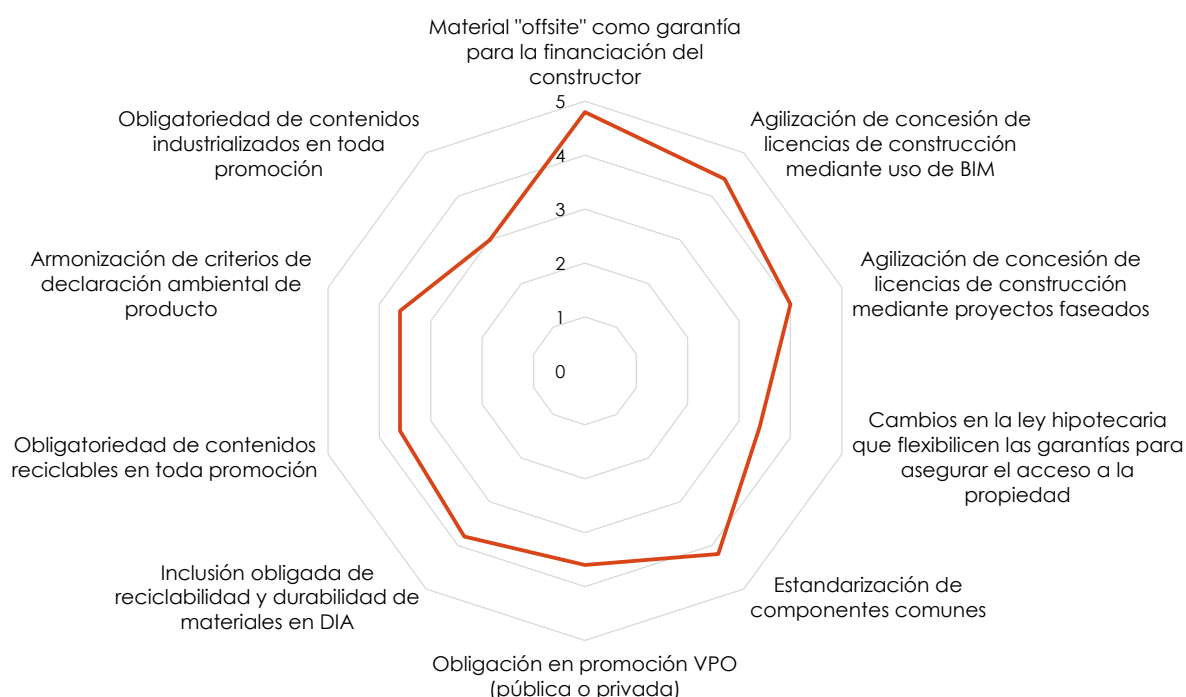
costes adecuados es esencial para el crecimiento sostenido de este tipo de construcción. Por ello, el panel de expertos consultados posiciona este punto como uno de los más relevantes, al otorgarle una puntuación de 4,4.

Las barreras consideradas menos relevantes están relacionadas con el desconocimiento de la construcción industrializada tanto por el sector privado como por las Administraciones Públicas. Por ello, la percepción general en el sector es que los consumidores finales, los inversores y los reguladores están cada vez más informados sobre estos avances tecnológicos.

Respuesta pública y privada ante el desafío de industrializar la construcción

Una vez identificadas las barreras fundamentales que frenan el progreso de la construcción industrializada, esta sección del informe se orienta hacia la **identificación de soluciones efectivas**. A través de consultas con expertos en la materia, este capítulo analiza las estrategias y respuestas viables que pueden ser implementadas tanto por el sector público como por el privado para superar estos obstáculos. Este enfoque proactivo busca trazar una ruta clara para impulsar el desarrollo de la construcción industrializada en España. A continuación, se exponen los resultados de estas consultas, organizados por categorías: recomendaciones normativas y regulatorias, sugerencias para la Administración, consejos para constructoras e industriales del sector, y otras recomendaciones dirigidas a promotores, financiadores, así como a empresas de arquitectura e ingeniería.

Gráfico 40: Recomendaciones regulatorias para potenciar el desarrollo de la construcción industrializada



Fuente: Afi, entrevistas al sector

En términos regulatorios, la recomendación con mayor puntuación está relacionada con el uso de componentes y materiales fuera de obra (“off-site”) como garantía para la financiación del constructor. Además de la superior velocidad de ejecución, una de las particularidades relevantes de la construcción industrializada es que el porcentaje del valor de la obra que representan los materiales es también mayor al de la construcción tradicional (puede llegar al 85%). Como la mayor parte de la actividad constructora tiene lugar en plantas de producción, obliga a cambiar el régimen de garantías del crédito constructor para incluir componentes prefabricados que no están en la obra, donde el proceso de montaje tiene lugar muy rápidamente (los principales tiempos también se consumen en plantas que pre montan estructuras, paneles de separación, fachadas, revestimientos y componentes de instalaciones). Dicho régimen de garantías fuera de obra se beneficiaría del uso de tecnologías de trazabilidad (códigos QR, Blockchain, etc.).

Asimismo, los expertos del sector consultados consideran que otra medida urgente es la agilización en la concesión de licencias de construcción mediante una combinación de medidas de búsqueda de “mayor escala” en la concesión de licencias (ej. consorcios entre promotores, industriales y constructores actuando sobre suelo público con modelos similares de viviendas en varias promociones casi idénticas o “seriadas”), junto con la **obligación del uso de soluciones BIM** (*Building Information Modelling*) para **integrar colaborativamente a autoridades urbanísticas**, diseñadores, industriales y constructores (y no sólo como una herramienta útil para el arquitecto). Los procesos de solicitud y concesión de visados de construcción son excesivamente prolongados, llegando a alcanzar en algunos casos hasta 24 meses (dos años) de espera con un elevado índice de “retrabajo” (idas y vueltas) entre los agentes implicados. La optimización de estos procesos permitiría que una de las principales ventajas económicas y productivas de la construcción industrializada, la reducción de plazos de construcción, no se vea comprometida como ocurre cuando dicho ahorro en plazo de obra (ej. 50%) incide poco en la duración total (licencia + ejecución). Sobre todo, en los casos en los que la obra tardaría 9 meses, en lugar de 18 meses, pero la licencia tardara 24 a 36 meses en conseguirse.

Se propone también la estandarización de componentes comunes de la industria y su homologación con el Código Técnico de la Edificación. Dicha medida implica establecer normas uniformes para elementos comúnmente utilizados en la construcción, como puertas, ventanas y paneles estructurales. **Al seguir un conjunto de especificaciones estándar, los componentes se pueden producir de manera masiva y utilizarse en una amplia variedad de proyectos, asegurando su calidad y conformidad con las regulaciones de seguridad y habitabilidad establecidas en el Código Técnico de la Edificación.** Tal uniformidad en los componentes no solo facilita el proceso de diseño y construcción, permitiendo a los arquitectos e ingenieros

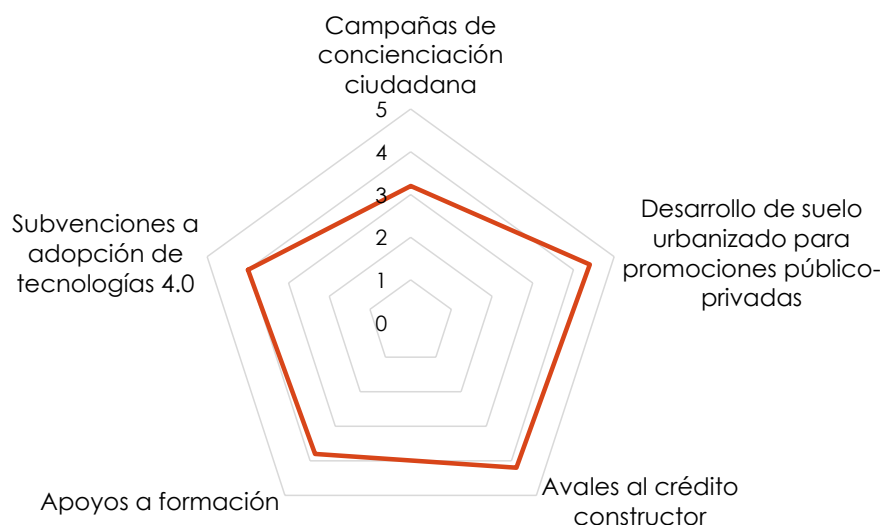
planificar con mayor precisión, sino que también agiliza las revisiones regulatorias y las aprobaciones de los proyectos. Al saber que los componentes ya cumplen con las normativas vigentes, los organismos encargados de otorgar las licencias pueden confiar en su conformidad, reduciendo la necesidad de inspecciones y verificaciones extensas. Esto, a su vez, puede acelerar el proceso de aprobación de proyectos y reducir los retrasos en la construcción, complementando así la ventaja de la reducción de plazos que ofrece la construcción industrializada.

Entre las medidas medioambientales consideradas, resalta la propuesta de hacer obligatoria la inclusión de detalles sobre reciclabilidad y durabilidad de los materiales en la Declaración de Impacto Ambiental (DIA). Dicha medida permitiría no solo una valoración más completa del impacto ambiental de los proyectos de construcción, sino también alentaría el uso de materiales sostenibles desde el diseño hasta la ejecución. **Tal inclusión se inscribe dentro de un esfuerzo más amplio por reforzar la sostenibilidad en el sector,** complementado por la introducción de requerimientos de mínimos de contenido reciclable en las promociones de vivienda y por la armonización de los criterios en las DIA. Estas iniciativas, en conjunto, apuntan a incrementar el aporte de la construcción industrializada a la economía circular, enmarcándolas dentro de una visión de desarrollo sostenible y coherente con las políticas medioambientales actuales.

Otra recomendación importante para fomentar la construcción industrializada es **la obligatoriedad de contenidos industrializados crecientes (fijando mínimos que se aumentan en el tiempo) en las promociones VPO de compra y de renta limitada, con mayores puntuaciones en contenidos circulares.**

En relación con el crédito hipotecario (acceso a la compra) es importante la adopción de soluciones (opciones de compra y otras) que permitan que el comprador acceda a la propiedad cuando ya está ocupando la vivienda. El motivo es que la construcción industrializada obliga a hacer las aportaciones iniciales (ej. 20%) en un plazo mucho más corto (ej. 50% menor) lo que dificulta dichos pagos para muchas personas de menores ingresos. Las soluciones pasarían por respetar ese derecho de compra una vez el comprador (transitoriamente en alquiler) haya concluido el pago de las cuotas correspondientes.

Gráfico 41: Recomendaciones a la Administración Pública



Fuente: Afi, entrevistas al sector

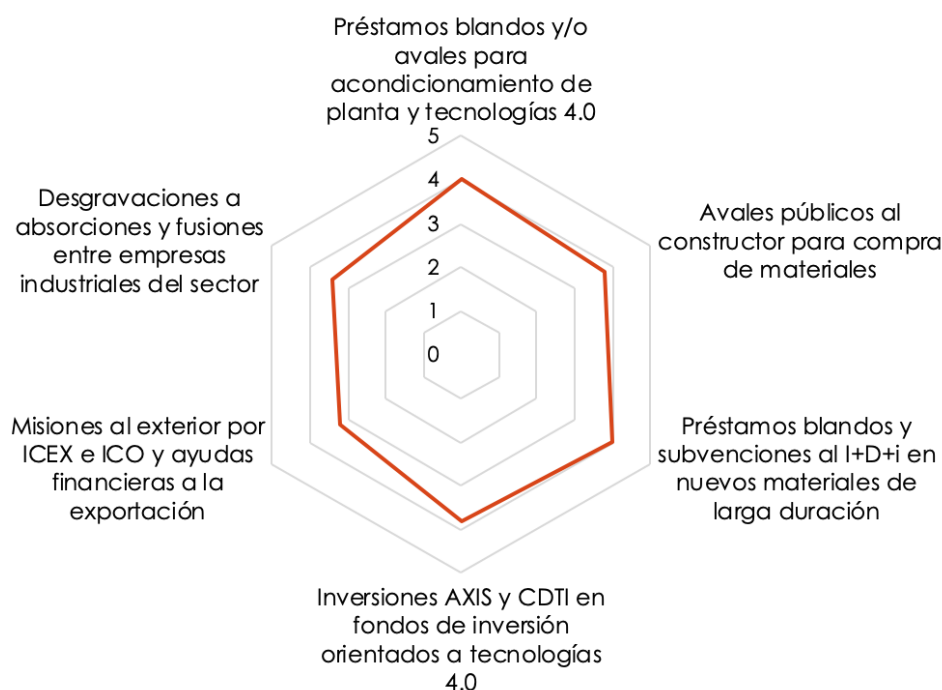
Una de las recomendaciones clave para la Administración Pública es redirigir recursos públicos (siempre escasos) **hacia el desarrollo de suelo urbanizado para iniciativas público-privadas a promociones basadas en tecnologías industrializadas, en vez de limitarlos a proyectos puramente públicos** (con el consiguiente menor impacto en la oferta de vivienda), ya que una vez descontado el coste del suelo, la financiación privada es capaz de ofrecer vivienda a alquileres asequibles a la mayoría de estratos. Dicho enfoque contribuiría a aumentar el número y escala de los proyectos de construcción industrializada y facilitar la edificación en áreas de mercado tensionadas, donde los costes cada vez más reducidos de la construcción industrializada ayudarían a mejorar el acceso a la vivienda para los estratos con menores ingresos (sin perjuicio de dirigir ayudas públicas en modo más selectivo hacia grupos vulnerables específicos). **Complementariamente, es fundamental considerar la concesión de ayudas y estímulos para la adopción de tecnologías 4.0**, lo cual potenciaría la experiencia en el sector y la capacidad de sus proveedores. Dichas tecnologías (ej. internet de las cosas, impresión 3D, robótica, automatización de líneas, bancos de materiales apoyados en trazabilidad *blockchain*) permiten mejorar la eficiencia, calidad y sostenibilidad de los proyectos de construcción, reduciendo costos y tiempo de construcción, y beneficiando así tanto a la industria como a los consumidores finales.

Para facilitar el despegue de la construcción industrializada a escala, del lado de los constructores e industriales, las recomendaciones del panel de expertos se enfocan en la concesión de ayudas a la financiación (ej. avales y créditos blandos) que cubran diversas necesidades financieras. Los préstamos blandos y avales para la modernización de plantas y la adopción de tecnologías 4.0, como BIM, robótica y tecnología 3D y *blockchain* para trazabilidad, son esenciales tanto para aumentar la

escala, la eficiencia y la precisión en proyectos de construcción industrializada. Dichas figuras de financiación facilitarían a las empresas la inversión en estas tecnologías avanzadas, las cuales pese a representar un costo inicial elevado, ofrecen beneficios significativos a largo plazo.

Además de a los industriales, **se recomienda también la provisión de avales y líneas de financiación públicas para los constructores**, dados los muy superiores desembolsos iniciales requeridos a los mismos, por los proveedores de materiales y componentes en la construcción industrializada (los premontajes y los materiales representan hasta el 85% del valor de la obra) y que la mayor velocidad de construcción complica las certificaciones ante bancos y administraciones. Dichos avales ayudarían a los constructores a afrontar mejor los riesgos financieros asociados con la rápida ejecución de proyectos, asegurando que puedan mantener el ritmo de trabajo sin enfrentar obstáculos financieros. Esta medida es crucial para proyectos que se completan en un tiempo reducido, donde la financiación rápida y eficiente es esencial.

Gráfico 42: Recomendaciones encaminadas a facilitar la operativa de constructores e industriales



Fuente: Afi, entrevistas al sector

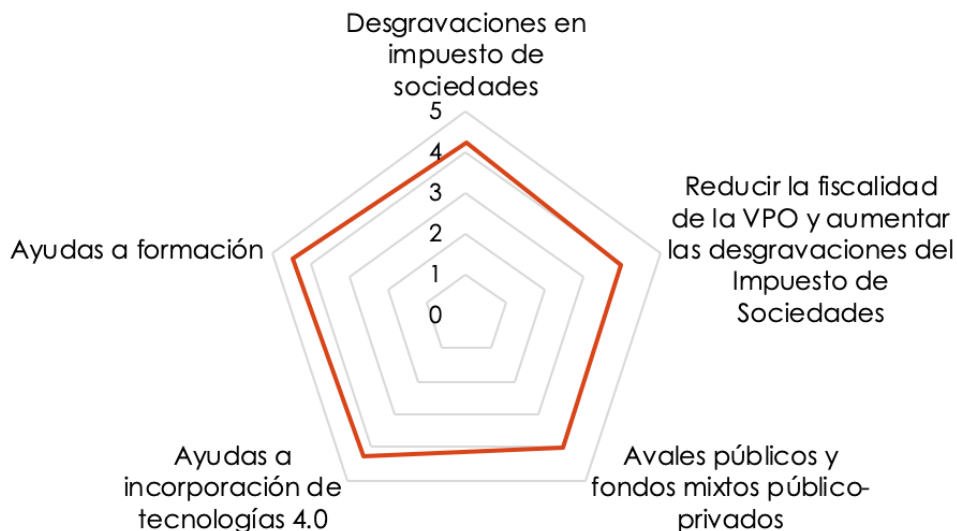
De cara al impulso de la construcción industrializada, la importancia de avales públicos para la compra de un porcentaje mayor de materiales y componentes industrializados por obra (respecto de la CT), es aún más perentoria dada la baja escala (y por lo tanto el reducido músculo financiero) de los industriales del sector, precisamente debido a la baja incidencia de la construcción industrializada en nuestro país. Por lo tanto, si se pretende aumentar los volúmenes de obra

industrializada, los avales públicos serán necesarios como garantía para los proveedores de materiales o de lo contrario no será factible. Sólo mediante un salto en el acceso a la financiación se podrá asegurar que los constructores puedan adquirir los insumos necesarios a tiempo para mantener el ritmo acelerado de la construcción industrializada, garantizando la viabilidad financiera de los proyectos de construcción.

Destacan también como recomendaciones, las intervenciones de los fondos públicos de inversión (ej. Fondo CDTI, AXIS) en tecnologías orientadas a la fabricación 4.0 relacionada con la construcción, incluyendo los materiales de nueva generación y los bancos de materiales (ej. los cuales asegurarán la trazabilidad mediante el *blockchain*).

El último conjunto de recomendaciones, dirigido a promotores, financiadores, y empresas de arquitectura e ingeniería, se centra en el desarrollo de habilidades en un sector emergente. El panel de expertos destaca la importancia de fomentar el conocimiento en la futura fuerza laboral. Para ello, se proponen ayudas a la formación, incluyendo cursos especializados para las necesidades del sector y la creación de certificaciones oficiales. Se sugiere también apoyo público a iniciativas privadas enfocadas en promover este desarrollo formativo. Paralelamente, se recomienda facilitar la incorporación de tecnologías 4.0, mediante subvenciones directas o sesiones formativas específicas, para asegurar la modernización y competitividad del sector. Estas medidas tendrían como objetivo integrar tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial, el Internet de las Cosas (IoT), la robótica y la analítica de datos en el sector. Las subvenciones directas permitirían a las empresas invertir en estas tecnologías, superando barreras financieras iniciales. Por su parte, las sesiones formativas estarían diseñadas para proporcionar a la fuerza laboral los conocimientos y habilidades necesarios para manejar y aprovechar estas tecnologías de manera efectiva.

Gráfico 43: Recomendaciones Fiscales y Ayudas Directas



Fuente: Afi, entrevistas al sector

Desde el punto de vista de los estímulos fiscales destacan **las desgravaciones** que combinen **la adopción de la construcción industrializada circular con el fomento de las promociones VPO y de alquiler limitado**, incentivando que la inversión privada sea canalizada hacia este tipo de construcción, potenciando además prácticas más eficientes y sostenibles. Se propone la implementación de desgravaciones en el Impuesto de Sociedades para empresas que integren al menos un 50% de componentes estructurales industrializadas en sus proyectos (excluyendo instalaciones y equipos que por definición son industrializados) **con una desgravación adicional ante la presentación de declaraciones de impacto ambiental (DIA) con contenidos de reciclabilidad superiores a un índice por fijar**, incentivando así la adopción de métodos de construcción más eficientes y sostenibles.

Adicionalmente, se sugiere una reducción significativa de la carga fiscal (IVA de materiales, ICIO, tasas municipales y otras figuras) asociada a la **Vivienda de Protección Oficial (VPO) y a las promociones de alquiler limitado**, fomentando su construcción con tecnologías industrializadas y también la accesibilidad a la vivienda a colectivos vulnerables, así como un recálculo **de los módulos VPO que refleje los costes reales incentivando márgenes industriales realistas para el promotor y constructor** (considerando que una de las causas de la caída de la producción de vivienda en VPO en España en los últimos años, viene siendo que los módulos oficiales no reflejan los costes reales en las autonomías más tensionadas).

También se recomienda incrementar las desgravaciones en el Impuesto de Sociedades para entidades financieras que obtengan beneficios de la financiación de proyectos con tecnologías **industrializadas circulares**.

La mencionada estrategia dual no solo favorece el acceso a vivienda asequible, sino que también motiva a los promotores y a las entidades financieras a invertir en proyectos innovadores, contribuyendo a un círculo virtuoso de inversión, innovación y desarrollo sostenible en el sector de la construcción. En dicho sentido, las recomendaciones fiscales están diseñadas para complementar las iniciativas de formación y adopción tecnológica, estableciendo un marco integral de apoyo que impulsa la modernización, eficiencia y sostenibilidad en el sector de la construcción, facilitando la transición hacia prácticas más innovadoras y ecológicas.

La CI ya constituye hoy un instrumento de rentabilización de las promociones “BTR” de alquiler en España: un ejemplo

Como se ha comentado en otros apartados, en la actualidad en nuestro país sólo entre el 1 y 2% de la actividad constructiva se basa en tecnologías de CI, lo que se traduce en una producción de componentes industriales de CI a costes mejorables mediante el aumento de la escala. Como resultado de lo anterior, contrariamente a lo que ocurre en países en los que la CI está mucho más extendida, los presupuestos de ejecución todavía no son inferiores a los de la CT siendo muchas veces o iguales o hasta un 5% superiores respecto de la CT.

A pesar de lo mencionado, en nuestro país cuando se trata de promociones de tipo alquiler (“Build to Rent”) los costes totales de propiedad (y por lo tanto los precios del alquiler) ya empiezan a ser más favorables a la CI.

En la tabla adjunta pueden observarse los datos asociados a un caso real de una promoción público-privada de alquiler sobre suelo público (apartamentos de 70 m² en edificios de 3 alturas) en la que gracias a la CI ya se están consiguiendo precios del alquiler notablemente inferiores a los asociados a la opción en CT con márgenes idénticos a los de la CT (y TIR atractivas para el promotor gestor del parque de viviendas de alquiler), pese a que los presupuestos de edificación en CI son superiores en 5% a los de la opción en CT.

Los factores que en el caso mencionado compensan los costes de edificación superiores de la opción en CI, son los siguientes: superior rotación del capital circulante, ecodiseño “Passivhaus” que permite minimizar los costes energéticos (el uso de fuentes renovables se asume en ambos supuestos), costes de mantenimiento menores a lo largo de la vida útil, y un superior valor terminal en la opción CI, ya que ésta no sólo es más intensiva en materiales sino que facilita el uso de materiales reciclables o reutilizables de mayor valor unitario. Además, el diseño se hace expresamente para facilitar el desmontaje (fuente: ver otro caso sobre dicho concepto: “Los Tilos” de Construcía).

Escenarios de construcción en CI vs. CT (in situ)	CI PH Plus Coste + 5%	CI PH Plus Coste + 5%	CI PH Prem. Coste - 5%	CI PH Prem. Coste - 5%	CT	CT
100 viviendas de 70m2. Promoción privada en suelo público	Aval oficial	Sin aval	Sin aval	Aval oficial	Aval oficial	Sin Aval

Coste de financiación: 4%

Precio de alquiler (euros/mes)	702 €	798 €	727 €	640 €	969 €	1.037 €
TIR	8,4%	11%	11%	8,5%	9%	11%
Margen sobre precio	14%	24%	25%	15%	16%	28%
Presupuesto de ejecución material (euros/ m2)	1.397 €	1.397 €	1.264 €	1.264 €	1.330 €	1.330 €
Presupuesto de ejecución final (euros/m2) (1)	1.634 €	1.634 €	1.485 €	1.485 €	1.588 €	1.588 €
Coste de mantenimiento, IBI, seguros etc. (euros/mes)	100 €	100 €	100 €	100 €	200 €	200 €
Coste mensual de energía (m2)	29 €	29 €	13 €	13 €	128 €	128 €
Plazo ejecución (meses)	9	9	9	9	18	18
Valor terminal (% de presupuesto de materiales) (2)	70%	70%	70%	70%	20%	20%
Vida útil de cálculo (años)	50	50	50	50	50	50
Coste del suelo (% presupuesto de ejecución)	5	5	5	5	5	5

77%

PH Plus (Diseño Passivhaus Plus): reducción de 77% de gasto energético respecto de proyecto de construcción tradicional

PH Premium (diseño Passiv Haus premium): 90% de reducción gasto energético respecto de vivienda tradicional

(1) Incluye PEM + impuestos a construcción e inversión separada en tecnologías de gestión de energía

(2) El peso del valor de los materiales es superior en la CI vs. la CT por 2 motivos (mayor % de MM y mayor valor unitario) siendo además de superior facilidad de reciclaje y/o reutilización

Adicionalmente, se puede observar en la tabla (a modo de simulación) que si los aumentos de escala condujeran a una reducción de costes unitarios de la CI de un 5% en relación con la CT (comentario: en otros países son aún inferiores), las reducciones de precios de alquiler con TIR atractivas para los promotores serían aún más significativas. Si, además, las administraciones ofrecieran avales al promotor y constructor, se conseguirían precios de alquiler no superiores al 30% de los ingresos de la amplia mayoría de hogares españoles.

En suma, dado el contexto actual en España en relación con la urgencia de la mejora de la accesibilidad a la vivienda y del reciente establecimiento de topes máximos a los precios de alquiler, el sector del alquiler (BTR) se volvería mucho más competitivo si las administraciones facilitaran su transición hacia la CI.

En dicho contexto las AAPP deberían tomar nota en materia de adecuación de las licitaciones y del CTE a la CI además de facilitar incentivos y ayudas expresamente concebidas para movilizar las promociones BTR público-privadas.

El papel diferencial del ICO en esta estrategia

En este contexto, el ICO desempeña un papel crucial para impulsar la transformación hacia una construcción más eficiente, sostenible y tecnológicamente avanzada en España. A lo largo de su historia, el ICO ha respaldado proyectos económicos clave, incluyendo la gestión de las Líneas de Avales ICO COVID-19 en 2020. Además, su papel como brazo de la política estatal en materia de objetivos de sostenibilidad e innovación posiciona al ICO como un actor esencial para apoyar la transición ecológica y digital en el país. Su influencia en el mercado de bonos sociales y verdes y su participación en organizaciones europeas lo destacan como un agente de cambio en la economía española. En este sentido y concretamente, mediante su

capacidad para dotar de financiación, garantías, apoyo a la innovación y colaboraciones público-privadas, el ICO puede contribuir a superar las barreras financieras y técnicas en la construcción industrializada **en clave de economía circular**, en España.

En primer lugar, el ICO puede contribuir directamente en la financiación de la construcción industrializada en clave circular en España. En particular, la financiación de los constructores industriales, a través de la creación de líneas de crédito específicas para proyectos de este tipo, siempre bajo **requisitos asociados a mejoras en escala, eficiencia productiva, tecnológica y medioambiental.**

Dichas líneas no solo facilitarían la financiación de nuevos proyectos, sino que también podrían apoyar iniciativas de renovación que incorporen métodos industrializados. La citada financiación podría ofrecer condiciones más ventajosas, como tipos de interés más competitivos que los del mercado privado, o plazos de amortización más flexibles. Otro aspecto importante del apoyo del ICO a la construcción industrializada circular, podría ser la facilitación de la provisión de fondos al constructor permitiéndole afrontar los mayores desembolsos necesarios para adquirir proporciones crecientes de componentes y materiales prefabricados respecto de la construcción tradicional.

Más allá de la financiación al uso, el ICO puede proporcionar garantías o avales a los préstamos para proyectos de construcción industrializada. Estas garantías pueden disminuir los riesgos financieros para inversores y empresas involucradas en proyectos de este tipo de construcción. Al garantizar a los prestamistas que sus inversiones están protegidas, el ICO facilita un acceso más amplio al crédito, incentivando la inversión en un sector innovador y en expansión que puede dedicar recursos. Además, la presencia de avales y garantías del ICO puede infundir confianza en inversores privados, ejerciendo un “efecto arrastre” o multiplicador de la inversión.

Tanto la financiación directa como la oferta de garantías y avales puede estar diseñada para potenciar la innovación y la sostenibilidad de la construcción industrializada. Por ejemplo, estos incentivos podrían incluir soporte financiero para proyectos que logren reducir significativamente sus emisiones de gases de efecto invernadero o que obtengan certificaciones de circularidad y sostenibilidad energética e hídrica, reconocidas. **Además, junto a otros organismos estatales y autonómicos, el ICO debería contribuir al apoyo a la inversión en empresas que desarrollan investigación y desarrollo de nuevas técnicas y materiales más sostenibles y eficientes,** proporcionando así un impulso vital para la innovación en el sector. Estas iniciativas podrían provenir de colaboraciones entre la industria y el ámbito académico, donde el ICO -además de un papel intermediador- puede

contribuir con financiación a alianzas entre empresas constructoras, universidades y centros de investigación.

En suma, la inclusión del sector público en este tipo de iniciativas es clave para que los resultados sean manifiestos. Las colaboraciones entre la Administración Pública, constructores y académicos pueden tomar forma mediante la creación de plataformas de diálogo y cooperación que permitan compartir conocimientos, riesgos y recursos. Una iniciativa concreta podría ser el apoyo en el diseño y lanzamiento de proyectos piloto que sirvan como referentes en la aplicación de las tecnologías más punteras de construcción industrializada, demostrando sus ventajas y viabilidad.

Hacia una valoración circular compartida a nivel de sector financiero en relación con la valoración del ciclo de vida incluyendo el valor terminal de los activos inmobiliarios como fuentes de energía positiva y como “banco de materiales”.

Las nuevas tecnologías y las certificaciones de ecodiseño (ejemplo; “Passivhaus”) nos acercan a una era en la que los edificios progresivamente evolucionan hacia la condición “netopositiva en energía y agua. A su vez, dado que los activos construidos con criterios industrializados en clave de circularidad tienen un valor terminal muy superior (porque han sido diseñados con menor “peso propio por m²” de materias primas, con materiales de mayores índices de reciclabilidad, con menores huellas energética e hídrica, y porque el coste de desmontaje y retirada de los componentes es muy inferior que en los edificios de construcción tradicional), es fundamental que el sector financiero entienda y comparta criterios comunes de valoración de los activos inmobiliarios en fase terminal, lo cual facilitaría la financiación de promociones y de rehabilitaciones industrializadas circulares como “bancos de materiales”. **En dicho contexto, el ICO es un agente ideal para apoyar en la definición (junto a los organismos competentes y el sector financiero) de unos estándares metodológicos compartidos por el sector financiero, en materia de valores de propiedad a lo largo del ciclo de vida de los edificios “valoración circular”.**

Finalmente, el ICO, en colaboración con otras AA.PP., como la Fundae, podría jugar un rol también en la financiación a las empresas orientadas a la capacitación de la fuerza laboral para la construcción industrializada, apoyando la creación y financiación de programas de formación que doten a los trabajadores de las habilidades necesarias en este campo emergente. Podría, por ejemplo, impulsar la formación especializada en áreas como el **ecodiseño** modular, manejo de equipos de alta precisión y técnicas avanzadas de ensamblaje, **nuevos materiales de larga duración**, tanto para profesionales en activo como para nuevos ingresos al sector. Además, el establecimiento de sistemas de certificación para validar oficialmente las

competencias en construcción industrializada **sostenible** podría enriquecer la oferta formativa y el valor de la formación profesional.

Anexo 1. Estimación input-output y derivación del vector de demanda

Con el objetivo de estimar la relevancia económica de la construcción industrializada, y de realizar ejercicios hipotéticos sobre el potencial impacto de su generalización, se ha realizado un ejercicio de análisis "Input-Output", una metodología desarrollada por el economista Wassily Leontief (Premio Nobel de Economía en 1973) y cuyo uso está muy extendido en ejercicios de este tipo, ya sea para estudios sectoriales como para marcos más académicos. Las tablas Input-Output (en adelante, TIO) son una representación simplificada de la estructura productiva de un país, a través de ellas se pueden conocer:

- i. La relevancia socioeconómica de un conjunto de sectores o agentes económicos. Por un lado, la TIO permite conocer la cantidad de consumos intermedios que cada sector de actividad necesita para llevar a cabo su propia producción, así como el origen sectorial de estos insumos. En otras palabras, la TIO permite conocer el efecto arrastre "hacia atrás". Por otro lado, permite conocer la parte de la producción de cada sector que se dedica a responder a la demanda final (hogares, Administraciones públicas o exportaciones) y la destinada a la demanda intermedia, es decir, la parte que se provee como consumos intermedios para la producción de otras actividades. En este último caso, la TIO permite el estudio de los llamados efectos arrastre "hacia adelante".
- ii. El impacto económico de un shock exógeno sobre el conjunto de la economía. El diseño de la TIO permite estimar el impacto de un shock exógeno, en una actividad, sobre el conjunto del tejido productivo. Dicho shock puede provenir de variaciones en el consumo de los hogares, en la inversión, en el gasto público o en las exportaciones; o sobre variables del lado de la oferta. La TIO permite conocer así el impacto en cada uno de los sectores productivos y los efectos sobre la generación de rentas por parte de empresas y familias (remuneraciones del capital y del trabajo).

Cabe mencionar que si bien la economía evoluciona de manera ininterrumpida al estar sujeta a cambios coyunturales constantes, la estructura productiva de un país o región tiende a evolucionar más lentamente, y por ello, las relaciones intersectoriales que se plantean en la TIO presentan un carácter estructural, es decir, tiende a mantenerse prácticamente estática en el tiempo.

El análisis Input-Output estima la relevancia total de un sector en la economía, procedente en este caso tanto de la propia actividad de la construcción

industrializada como de su demanda de consumos intermedios (gastos en proveedores), a través de la agregación de dos efectos interrelacionados entre sí. De esta forma, la relevancia económica de la construcción industrializada se puede desagregar en:

- Efecto directo: el derivado directamente de la actividad de la construcción industrializada.
- Efecto indirecto: derivado de los sectores que suministran bienes o servicios intermedios a la construcción industrializada, para que esta pueda realizar su actividad productiva. En el caso de la construcción tradicional, por ejemplo, esto abarcaría a actividades como la fabricación de cemento, aluminio o actividades jurídico-contables, entre otros. En el caso de la construcción industrializada, se realiza un gasto mayor en materiales industriales de alto valor añadido, como la madera o diversos metales.



El impacto agregado de esos tres efectos, determinados en este caso gracias a la TIO nacional de España de 2015, se mide respecto a dos magnitudes macroeconómicas:

- VAB: Valor Añadido Bruto, indicador similar al PIB, que mide el valor de los bienes y servicios producidos en un determinado territorio y durante un determinado periodo de tiempo
- Empleo: Número de ocupados. Para reducir el efecto de la parcialidad en el mercado de trabajo, se calcula el número de trabajadores ocupados equivalente a tiempo completo (EJC).

Asimismo, para obtener un resultado en términos medioambientales, se ha realizado una extensión de las tablas Input-Output del INE para introducir estadísticas sobre la intensidad emisora de cada sector (por ejemplo, emisiones de CO₂ por cada millón de euros de valor añadido generado por la construcción), y sobre la generación de residuos, para conocer la proporción de la cifra de negocios del sector de recogida, tratamiento y reciclaje que depende de la construcción¹⁰. De este modo, es posible

¹⁰ A través de los denominados Residuos de la Construcción y Demolición (*Construction and Demolition Waste, CDW*)

obtener las emisiones generadas por un sector -la construcción industrializada- a través del ejercicio de su propia actividad, y del consumo de aprovisionamientos, materias primas y otros servicios esenciales en su proceso productivo; y comparar su huella medioambiental con la construcción tradicional. Además, en términos de residuos, debido a las mayores tasas de reciclabilidad de los materiales de la construcción industrializada, es posible estimar el impacto económico y medioambiental derivados del desarrollo de la construcción industrializada en España.

Finalmente, dado que el sector de la construcción industrializada tiene todavía un papel marginal en nuestra economía, y que la tabla Input-Output refleja únicamente la existencia de la construcción tradicional ha sido necesario generar un hipotético sector de construcción industrializada en la Input-Output. Para ello, se ha partido de la encuesta a expertos del sector (ver Anexo 2. Entrevistas y encuestas a expertos del sector: agradecimientos) para derivar tanto las variables de oferta propias del sector (Valor Añadido Bruto y sus componentes, Empleos EJC, Consumos Intermedios, Valor de la Producción), como la estructura de costes de esta tipología de construcción (variación, tanto en su magnitud, como en su distribución sectorial); y también se ha sustraído el equivalente en ventas del sector de construcción tradicional, para poder obtener un resultado neto del desarrollo de la construcción industrializada. De este modo, la estructura de costes resultó en:

	%
Madera	8,6
Coque y productos de refino de petróleo	0,4
Productos químicos	13,5
Caucho y plástico	6,0
Otros productos minerales no metálicos	10,5
Productos metálicos excepto maquinaria y equipo	14,0
Productos informáticos y ópticos	16,0
Equipo eléctrico	2,0
Maquinarias y equipo N.C.O.P.	25,0

El resto de las hipótesis tomadas se pueden resumir como sigue:

Hipótesis	Explicación
1 Productividad laboral	Debido a que se recortan los tiempos de ejecución de 18 meses en media (tradicional) a 12 meses (industrializada), se ha asumido una ganancia en productividad en esa magnitud.
2 Demanda energética	Equivalente al 5% de los gastos del sector (incluyendo costes intermedios y gastos de personal)

- | | | |
|---|---|--|
| 3 | Gastos en servicios logísticos | Equivalente al 15% de los gastos del sector (incluyendo costes intermedios y gastos de personal) |
| 4 | Gastos de personal (Remuneración de Asalariados) | Aumenta en la misma proporción que la productividad laboral |
| 5 | Beneficio bruto (Excedente Bruto de Explotación) | Aumenta en la misma proporción que la productividad laboral |

Anexo 2. Entrevistas y encuestas a expertos del sector: agradecimientos

El presente informe ha sido elaborado por **Afi** en colaboración con **Habitat4All Development S.L.** bajo la supervisión de **Jaime Ferrer**, a quien expresamos su reconocimiento y gratitud por el tiempo dedicado y las aportaciones realizadas para enriquecer la investigación realizada.

El presente estudio ha contado con la inestimable aportación de un elenco de agentes de especial relevancia en el sector inmobiliario en España y, en particular, en el segmento de construcción industrializada. Sus opiniones han sido recogidas a partir de entrevistas individuales, realizadas en la segunda mitad de 2023 y los dos primeros meses de 2024. La experiencia y el conocimiento aportado por los entrevistados ha dotado a este estudio de valiosas orientaciones generales y específicas para la descripción y caracterización de la construcción industrializada. Es por ello por lo que queremos agradecer con sinceridad a todos ellos su contribución a este proyecto:

- AfcaTeccon
- Circular Capital (y Eco Intelligent Growth)
- Clúster de Edificación
- Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM)
- Construcía, S.L.
- CSCAE (Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España)
- Danosa S.L.
- Fluxus Ventures, S.L.
- Vía Ágora (Lignum Tech)
- Vivialt

Todos los entrevistados completaron también una encuesta, cuyo contenido se expone a continuación:

La adaptación del sector de la construcción residencial al nuevo contexto económico y financiero: el impulso de la construcción industrializada y papel del ICO en este entorno

OBJETIVO DEL CUESTIONARIO: recabar opiniones expertas sobre las oportunidades, las barreras al cambio y recomendaciones para estimular la adopción de sistemas y tecnologías industrializadas sostenibles en España, con el fin de solventar el déficit de viviendas asequibles a la mayoría de los estratos poblacionales de ingresos.

CUESTIONARIO

BLOQUE I: PERFIL DEL ENTREVISTADO

El objetivo de este bloque de preguntas es conocer las características y el perfil del encuestado dentro del sector de la construcción industrializada lo que nos permitirá poner en perspectiva las preguntas que se realizarán en el Bloque II.

1. TIPO DE ORGANIZACIÓN

Seleccione el tipo de organización que se ajuste mejor a su actividad:

Tipo de organización	Marcar con una X
Promotor privado	
Promotor público	
Constructor	
Ente o agencia de la administración pública	
Empresa de tecnologías industrializadas de la construcción	
Empresa de arquitectura e ingeniería	
Empresa suministradora de tecnologías digitales	
Empresa de materiales de construcción	
Entidad sectorial vinculada a la construcción industrializada sostenible	
Otra (especificar en comentarios)	

Comentario

2. TIPOS DE TECNOLOGÍAS DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

Seleccione el tipo de tecnología/as que utiliza en su proceso de construcción:

Tipo de tecnología/as	Marcar con una X
"Steel frame" (estructuras de acero ligero galvanizado en 2 o 3 dimensiones)	
Hormigón prefabricado para construcción en altura	
Hormigones prefabricados ecológicos (ej. cáñamo, vegetales)	
Estructuras de madera laminada	
Otras (especificar en comentarios)	

Comentario

3. NÚMERO DE TRABAJADORES

Seleccione el intervalo que se ajuste al nº de trabajadores:

	< 10	10-49	50-249	>250
Nº trabajadores				

4. OCUPACIÓN DE LOS TRABAJADORES

Indique el % aproximado de cada una de las siguientes ocupaciones para la construcción industrializada, tomando como referencia los relativos a la construcción tradicional:

Ocupaciones	Construcción tradicional	Construcción industrializada
Directores y gerentes	4,5%	
Profesionales científicos	5,9%	
Profesionales de apoyo	6,8%	
Contables y administrativos	8,1%	
Servicios restauración y comercio	0,4%	
Trabajadores sector agrícola	0,0%	
Artesanos y trabajadores de la ind. manufacturera		Personal de obra:
		Personal de fábrica:
	58,9%	

Operadores de maquinaria y montadores	5,9%	
Ocupaciones elementales	9,5%	
Ocupaciones Militares	0,0%	

BLOQUE II: PROCESO DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

Este bloque consistirá en conocer los costes totales de obra y el coste de los materiales, así como de los servicios técnicos y logísticos del proyecto. Esta información será necesaria para conocer el impacto que tiene la construcción industrializada sobre otros sectores, es decir, el efecto arrastre. Adicionalmente, se pide información acerca de la sostenibilidad del sector, para evidenciar el impacto positivo sobre el medioambiente.

Se realizan preguntas relevantes acerca de los obstáculos encontrados para desarrollar esta actividad, así como recomendaciones/ sugerencias regulatorias y de las ayudas al sector privado.

5. COSTES Y OTROS

En las siguientes preguntas, se incluye una columna con los costes que suponen distintos aspectos en la construcción tradicional, esto servirá de guía para contestar en relación con la construcción industrializada.

	Superiores al 10%	Superiores en menos de un 5%	Superiores entre un 5%-10%	Iguales	Inferiores en menos de un 5%	Inferiores entre un 5%-10%	Inferiores al 10%
Total costes por m ²							
Directos (materiales prefabricados)							
Directos (Mano de Obra Directa)							
Indirectos (dirección, financieros, auxiliares, etc...)							

Indique el % aproximado de cada capítulo de costes tomando como referencia los relativos a la construcción tradicional:

	CI	CI
Materiales prefabricados	31,5%	
Personal en Obra	41,9%	
Costes logísticos	2,8%	
Maquinaria y equipos auxiliares	2%	
Administración de proyectos	12,8%	
Energía	3,6%	
Ingeniería y arquitectura	5,5%	

COSTES DE MATERIALES

En relación con los costes de materiales, indique el % aproximado del coste que supone cada material sobre el total de costes de los materiales tomando como referencia los relativos a la construcción tradicional:

Material	Construcción tradicional	Construcción industrializada
Madera	4,30%	
Coque y productos de refino de petróleo	0,38%	
Productos químicos	14,83%	
Caucho y plástico	6,19%	
Otros productos minerales no metálicos	19,26%	
Productos de metalurgia y productos metálicos	11,63%	
Productos metálicos excepto maquinaria y equipo	12,36%	
Productos informáticos, electrónicos y ópticos	1,26%	
Equipo eléctrico	25,02%	
Maquinarias y equipo n.c.o.p	4,77%	

Comentario

COSTE DE LOS SERVICIOS TÉCNICOS

Indique el % de coste que suponen los servicios técnicos sobre el total de costes del sector de la construcción tradicional* tomando como referencia los relativos a la construcción tradicional:

Servicios técnicos	Construcción tradicional	Construcción industrializada
Arquitectura e ingeniería	3,15%	

*Incluye también la remuneración de asalariados

Comentario

COSTE LOGÍSTICO

Indique el % de costes que suponen los costes logísticos sobre el total de costes del sector de la construcción tradicional*, tomando como referencia los relativos a la construcción tradicional:

Logística	Construcción tradicional	Construcción industrializada
Servicios de transporte terrestre, almacenaje y manipulación	1,08%	
Vehículos de motor, remolques y semirremolques	0,3%	

*Incluye también la remuneración de asalariados

Comentario

COSTES ENERGÉTICOS

Indique el % de costes que supone la energía sobre el total de costes del sector de la construcción tradicional*, tomando como referencia los relativos a la construcción tradicional:

	Construcción tradicional	Construcción industrializada
Costes energéticos del proceso de construcción	2,07%	

*Incluye también la remuneración de asalariados

Comentario

6. SOSTENIBILIDAD (ARQUITECTOS)

EMISIONES GASES

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), el sector de la construcción tradicional generó cerca de 17,1 toneladas de CO2 equivalente por cada mil de euros de facturación en 2020. Según su experiencia, y las declaraciones ambientales de los productos con los que trabaja, en qué % podrían disminuir estas emisiones si se optara por la construcción industrializada:

	Superiores en la CI	Iguals	Inferiores entre un 0%-10%	Inferiores entre un 11-30%	Inferiores entre un 31%-50%	Inferiores en más de un 50%
Emisiones CO2						

Si es posible, nos sería de gran utilidad contar con las declaraciones ambientales por producto (por favor, adjuntar)

TASA DE RECICLABILIDAD

Indique el % de la tasa de reciclabilidad **potencial** de la construcción industrializada:

Material	% ¹ de material que puede reciclarse
Madera	
Coque y productos de refino de petróleo	
Productos químicos	
Caucho y plástico	
Otros productos minerales no metálicos	
Productos de metalurgia y productos metálicos	
Productos metálicos excepto maquinaria y equipo	
Productos informáticos, electrónicos y ópticos	
Equipo eléctrico	

¹ Por ejemplo: por cada tonelada de material demolido (no recogido), ¿cuánto podría volver a reutilizarse en la construcción si se desarrollase un sector de identificación, reciclado y reacondicionado del producto?

Maquinarias y equipo n.c.o.p	
------------------------------	--

7. PLAZOS DE EJECUCIÓN DE LOS PROYECTOS

Indique el % de variación en el plazo de ejecución del proyecto (meses) de construcción industrializada (con respecto a la tradicional) desde la concesión de la licencia hasta la finalización de la obra. Tome como referencia/ejemplo una urbanización de 50 apartamentos, 2 alturas y 70m².

	Construcción tradicional	Mismo plazo de ejecución	Inferiores entre un 0%-10%	Inferiores entre un 11-30%	Inferiores entre un 31%-50%	Inferiores en más de un 50%
Plazo de ejecución desde licencia hasta finalización de la obra	18 meses					

8. TIPOS DE TECNOLOGÍAS 4.0 RELEVANTES PARA EL PROCESO DE DISEÑO, FABRICACIÓN Y DE INTEGRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO "SUPPLY CHAIN"

Seleccione con una X el grado de importancia que le otorga a las siguientes tecnologías 4.0 (1: Nada relevante; 5: Muy relevante):

Tecnologías 4.0	1	2	3	4	5
Diseño BIM facilitando la integración entre diseñadores, autoridades urbanísticas, promotor, industriales y constructor					
Tecnologías (ej. códigos QR, Blockchain, Etiquetas RFID) para identificación de elementos en fábrica asociados a obra concreta					
Sistemas y métodos integrados de planificación, programación, entregas y montajes JIT en obra (Lean Six Sigma) basados en calidad total					
Otros					

Comentario

9. BARRERAS A LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA SOSTENIBLE.

Seleccione con una X el grado de importancia que le otorga a las siguientes barreras. (1: Nada relevante; 5 Muy relevante):

Barreras	1	2	3	4	5
Insuficiente conciencia de mercado por el promotor privado					
Insuficiente conciencia por el constructor público					
Insuficiente oferta de proveedores industriales con escala					
Falta de regulación adecuada adaptada a la construcción industrializada					
Falta de productos financieros adaptados a la construcción industrializada					

Comentario

10. RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES REGULATORIAS PARA FAVORECER LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA SOSTENIBLE EN ESPAÑA MEJORANDO PLAZOS Y COSTES.

Este apartado incluye preguntas que atañen tanto a la construcción industrializada como a medidas que permitirían acortar plazos, no relacionadas con la tecnología de construcción

Seleccione con una X el grado de importancia que le otorga a las siguientes recomendaciones. (1: Nada relevante; 5 Muy relevante):

Recomendaciones	1	2	3	4	5
Modificación de la legislación de crédito a la construcción para regular el material industrial "off site" como garantía para la financiación del constructor					
Agilización de mecanismos de concesión de licencias de construcción mediante uso simultáneo de tecnologías BIM por autoridades urbanísticas, arquitectos, constructores e industriales, y otras)					

Agilización de mecanismos de concesión de licencias mediante proyectos faseados con uno (o pocos) proyectos constructivos, aprobados al mismo tiempo					
Otras a señalar					
Comentarios					
Cambios en la ley hipotecaria que flexibilicen las garantías para asegurar el acceso a la propiedad, ya que los ciclos constructivos más rápidos imponen cuotas más elevadas a los compradores (ej. figuras contractuales que permitan pasar de un derecho de alquiler a uno de compra cuando se haya completado el pago de una cuota una vez ocupada la vivienda en solución de continuidad).					
Estandarización de componentes comunes de la industria y homologación con CTE.					
Obligación de que toda promoción VPO (pública o privada) se realice con tecnologías industrializadas sostenibles siempre que el coste/m ² sea igual o inferior a una oferta tradicional ("derecho de tanteo tecnológico")					
Inclusión obligada de reciclabilidad y durabilidad (garantizada) de materiales en Declaración de Impacto Ambiental además de otros factores (ej. emisiones GEI, ahorro en materiales y energía...) aumentando la puntuación obligada de las DAP					
Obligatoriedad de contenidos reciclables en toda promoción, y crecientes en el tiempo					
Armonización de criterios de declaración ambiental de producto entre tecnologías (criterios homogéneos)					
Obligatoriedad de contenidos industrializados en toda promoción, y crecientes en el tiempo					
Otras					

Comentario

RECOMENDACIONES SOBRE INTERVENCIONES PÚBLICAS, DIRECTAS, INCENTIVOS Y AYUDAS AL SECTOR PRIVADO

Seleccione con una X el grado de importancia que le otorga a las siguientes recomendaciones. (1: Nada relevante; 5 Muy relevante):

ADMINISTRACIÓN

Recomendaciones	1	2	3	4	5
Campañas de concienciación ciudadana, de empresas de arquitectura y de promotores privados y públicos, sobre ventajas de la construcción industrializada (juntamente con el sector)					
Reorientación de recursos públicos al desarrollo de suelo urbanizado en grandes urbes para promociones público-privadas (en lugar de destinar los recursos públicos escasos a promociones 100% públicas que se traducen en un inferior volumen de obra anual)					
Reorientación de recursos públicos al apoyo a la rehabilitación en régimen público privado					
Avales al crédito constructor (la CI exige acopios iniciales más elevados de materiales al pesar más en el coste total de obra) así como plazos más cortos de pago					
Apoyos a formación (FP, escuelas arquitectura e ingeniería)					
Subvenciones a adopción de tecnologías 4.0					

Comentario

PROMOTOR

Recomendaciones	1	2	3	4	5
Desgravaciones en Impuesto de Sociedades a todas las empresas promotoras y constructoras que aseguren un mínimo de 30% en promociones con tecnologías industrializadas					

Comentario

FINANCIADOR

Recomendaciones	1	2	3	4	5
Reducir significativamente la fiscalidad de la VPO, y aumentar las desgravaciones del Impuesto de Sociedades a entidades financieras por beneficios imputables a financiación de promociones con tecnologías industrializadas					
Avales públicos y fondos mixtos público-privados					

CONSTRUCTORES E INDUSTRIALES

Recomendaciones	1	2	3	4	5
Préstamos blandos y/o Avales (ICO, CCAA) al sector industrial para acondicionamiento de planta y adopción de tecnologías 4.0 relacionadas con construcción industrializada (ej. BIM, robótica, 3D y otras)					
Avales públicos (ICO, CCAA) al constructor dada la mayor velocidad de construcción, y al hecho de que el acopio de materiales constituye un % muy elevado del coste final de obra, superando a menudo la capacidad de financiación.					
Préstamos blandos y subvenciones (ICO y CDTI) al I+D+i en nuevos materiales de larga duración, basados en componentes reciclados y/o menor consumo energético					
Inversiones AXIS (ICO) y CDTI en fondos de inversión orientados a tecnologías 4.0 en sector de construcción industrializada y nuevos materiales.					
Misiones al exterior por ICEX e ICO y ayudas financieras al sector (para fomentar exportación de construcción industrializada)					
Desgravaciones y absorciones y fusiones entre empresas industriales del sector (para combatir la atomización)					
Otras:					

Comentarios

EMPRESAS DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA

Recomendaciones	1	2	3	4	5
Ayudas a incorporación tecnologías 4.0 (Herramientas BIM, LSS...)					
Ayudas a formación					

Anexo 3. Bibliografía

Aclima (2023). El sector de la construcción es el responsable del 16% del total de consumo de agua en el mundo. <https://aclima.eus/el-sector-de-la-construccion-es-el-responsable-del-16-del-total-de-consumo-de-agua-del-mundo/>

Amiri, A., Emami, N., Ottelin, J., Sorvari, J., Marteinson, B., Heinonen, J., & Junnila, S. (2021). Embodied emissions of buildings-A forgotten factor in green building certificates. *Energy and Buildings*, 241, 110962.

Andece (2022). La huella hídrica en el prefabricado de hormigón. <https://www.andece.org/la-huella-hidrica-en-el-prefabricado-de-hormigon/>

Andersen, J. H., Rasmussen, N. L., & Ryberg, M. W. (2022). Comparative life cycle assessment of cross laminated timber building and concrete building with special focus on biogenic carbon. *Energy and Buildings*, 254, 111604.

Baker, P., Giustozzi, L., Gloser, J., Hanzl-Weiss, D., Merkus, E., Molemaker, R.J., & Stehrer, R. (2017). The European Construction Value Chain: Performance, Challenges and Role in the GVC. *wiiw Research Reports*.

Bertman, N., Fuchs, S., Mischke, J., Palter, R., Strube, G., Woetzel, J. (2019). *Modular Construction: From Projects to Products*; McKinsey & Company: Capital Projects & Infrastructure, 1, 1-34.

Clean Energy Wire (2023). Understanding the European Union's Emissions Trading Systems (EU ETS).

Draper-Zivetz, S., Galante C., Stein A. (2017). *Building Affordability by Building Affordably: Exploring the Benefits, Barriers, and Breakthroughs Needed to Scale Off-Site Multifamily Construction*. Turner Center for Housing Innovation at the University of California at Berkeley.

Energy (2023). El sector de la construcción es el responsable del 16% del total de consumo de agua del mundo. <https://www.energynews.es/construccion-responsable-16-del-consumo-de-agua-del-mundo/>

Ferrer, J., Herrería, B., Remón, A., Isla, M., Morató, J., Villanueva, B., Batalla, J., Villa, M. (2022). Proyecto Economía Circular España. Acelerando la transición en el sector de la construcción. <https://www.accenture.com/content/dam/accenture/final/a-com-migration/r3-3/pdf/pdf-173/accenture-proyecto-economia-circular-espana.pdf#zoom=40>

Gerbens-Leenes, P. W., Hoekstra, A. Y., & Bosman, R. (2018). The blue and grey water footprint of construction materials: Steel, cement and glass. *Water resources and industry*, 19, 1-12.

Grupo Construcía (2023). Caso de estudio: Los Tilos Edificio Residencial. *Economía Circular en la Construcción*.

H. Assaad, R., El-adaway, I., Hastak, M., Needy, Kim. (2022). The Impact of Offsite Construction on the Workforce: Required Skillset and Prioritization of Training Needs. Journal of Construction Engineering and Management.

Hammad, A., Akbar, A. (2017). Modular vs Conventional Construction: A Multi-Criteria Framework Approach.

Ihobe (2021). Guía de la construcción sostenible del País Vasco <https://www.ihobe.eus/publicaciones/guia-construccion-industrializada-sostenible-pais-vasco-3>

Loizou, L., Barati, K., Shen, X., Li, B. (2021). Quantifying Advantages of Modular Construction: Waste Generation. Buildings.

Muys, B., Ellison, D., Wunder, S. (sin fecha). ¿Qué papel desempeñan los bosques en el ciclo del agua? European Forest Institute.

The Steel Construction Institute (2014). Sustainability of Light Steel Construction. <https://steel-sci.com/assets/downloads/LSF/ED020%20Download.pdf>

Universidad Autónoma de Madrid (2019): Estimación de la huella hídrica de una promoción residencial, Observatorio UAM - Vía Célere para la Sostenibilidad Ambiental de la edificación residencial. Disponible en este enlace: <https://observatorio2030.com/sites/default/files/2019-11/Informe%20Huella%20Hidrica%20Observatorio%20UAM%20VC.pdf>

Vega, R., Suárez, I., Hernando, S., Del Águila, A. (2010) Comparative assessment of the sustainability of industrialized construction systems. Department of Building and Architecture Technology. Universidad Politécnica de Madrid.

Woodea (2023). Construcción industrializada de bajo impacto: Análisis comparativo de la huella de carbono, el uso de agua y los residuos de 3 sistemas estructurales constructivos. Disponible en este enlace: <https://25918300.fs1.hubspotusercontent-eu1.net/hubfs/25918300/Woodea%20-%20Informe%20Construcci%C3%B3n%20Industrializada%20de%20Bajo%20Impacto%20v3.pdf>



© 2024 Afi. Todos los derechos reservados.