



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Estudio de las técnicas de prefabricación para su
aplicación a las viviendas modulares

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

AUTOR/A: Avilés Vélez, Luis Felipe

Tutor/a: Sirvent Mira, José Ignacio

Cotutor/a: Bolta Escolano, Adelina

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Curso Académico:

RESUMEN

En este Trabajo de Fin de Grado se estudian las características y aplicaciones de la tecnología de prefabricación aplicadas a las viviendas modulares. Las viviendas modulares son aquellas en las que se industrializa el proceso constructivo, completando la mayor parte de este en una fábrica y finalizando la obra y remates en el solar.

Como introducción al lector, se describirán primero las características definitorias de este tipo de tecnología de construcción, y las principales ventajas e inconvenientes de esta.

Después, se explicarán los diferentes procesos en fábrica necesarios para implementar estas viviendas, así como sus diferentes tipos en cuanto a materiales, tecnología de fabricación y estructura.

Finalmente, se expondrá el procesado que será llevado a cabo en el solar, tanto remates como las diferentes obras de cimentación.

En cuanto al desarrollo práctico del proyecto, se estudiará la viabilidad práctica de este tipo de obras en lo referente a localización, y las posibles restricciones derivadas de los materiales necesarios o la logística.

Además, se analizará el boceto de una de estas viviendas, y se expondrán los resultados finales y el análisis de estos, junto con una serie de propuestas de diseño para esta tecnología.

Por último, se adjuntarán los cálculos presupuestarios del coste estimado del proyecto.

Palabras Clave:

- Modular.
- Fabricación.
- Hormigón.
- Presupuestos.
- Viabilidad urbanística.

RESUM

En aquest Treball de Fi de Grau s'estudien les característiques i aplicacions de la tecnologia de prefabricació aplicades als habitatges modulars. Els habitatges modulars són aquelles en les quals s'industrialitza el procés constructiu, completant la major part d'aquest en una fàbrica i finalitzant l'obra i rematades en el solar.

Com a introducció al lector, es descriuran primer les característiques definitòries d'aquesta mena de tecnologia de construcció, i els principals avantatges i inconvenients d'aquesta.

Després, s'explicaran els diferents processos en fàbrica necessaris per a implementar aquests habitatges, així com els seus diferents tipus quant a materials, tecnologia de fabricació i estructura.

Finalment, s'exposarà el processament que serà dut a terme en el solar, tant rematades com les diferents obres de fonamentació.

Quant al desenvolupament pràctic del projecte, s'estudiarà la viabilitat pràctica d'aquesta mena d'obres referent a localització, i les possibles restriccions derivades dels materials necessaris o la logística.

A més, s'analitzarà l'esbós d'una d'aquests habitatges, i s'exposaran els resultats finals i l'anàlisi d'aquests, juntament amb una sèrie de propostes de disseny per a aquesta tecnologia.

Finalment, s'adjuntaran els càlculs pressupostaris del cost estimat del projecte.

Paraules clau:

- Modular.
- Fabricació.
- Formigó.
- Pressupostos.
- Viabilitat urbanística.

ABSTRACT

This Final Degree Project studies the characteristics and applications of prefabrication technology applied to modular housing. Modular homes are those in which the construction process is industrialised, with most of it being completed in a factory and the work and finishing touches being completed on the site.

As an introduction to the reader, we will first describe the defining characteristics of this type of construction technology and its main advantages and disadvantages.

Then, the different factory processes necessary to implement these dwellings will be explained, as well as their different types in terms of materials, manufacturing technology and structure.

Finally, the processing that will be carried out on the site will be explained, both the finishing touches and the different foundation works.

As for the practical development of the project, the practical feasibility of this type of works will be studied in terms of location, and the possible restrictions derived from the necessary materials or logistics.

In addition, the sketch of one of these dwellings will be analysed, and the final results and analysis of these will be presented, together with a series of design proposals for this technology.

Finally, budget calculations of the estimated cost of the project will be attached.

Keywords:

- Modular.
- Manufacturing.
- Concrete.
- Budget.
- Urban feasibility.

ÍNDICE

DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG

- Memoria
- Presupuesto

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. Introducción	1
1.1. Objetivo del documento	1
1.2. Alcance del proyecto	1
1.3. Estructura del documento	2
2. Características de la prefabricación	3
2.1. Introducción	3
2.2. Caracterización de la prefabricación	3
2.2.1. Contexto histórico	3
2.2.2. Perspectivas en el mercado global	4
2.3. Comparativa con la tecnología artesanal	5
2.4. Legislación	7
2.4.1. Determinación de la vivienda	7
2.4.2. Licencias y permisos	8
3. Tecnologías de prefabricación	11
3.1. Introducción	11
3.2. Tipos comunes de estructuras prefabricadas	11
3.2.1. Estructuras de hormigón armado pretensado	11
3.2.2. Estructuras de entramado de acero	12
3.2.3. Estructuras de entramado ligero de madera	13
3.3. Características de la vivienda prefabricada	14
3.3.1. Casas prefabricadas en acero	14
3.3.2. Casas prefabricadas en hormigón	15

3.3.3. Casas prefabricadas en madera	17
3.3.4. Casas prefabricadas ecosostenibles	18
3.4. Fabricación en taller	19
3.4.1. Fases de la construcción	19
3.4.2. Montaje en orden cronológico	20
4. Proceso en obra	25
4.1. Introducción	25
4.2. Consideraciones de la parcela	25
4.3. Cimentaciones	26
4.4. Consideraciones finales	27
5. Viabilidad económica de las obras de prefabricación	29
5.1. Introducción	29
5.2. Oportunidades de mercado	29
5.3. Precios por material	29
5.4. Gastos añadidos de puesta en obra	30
6. Optimización de una vivienda prefabricada	32
6.1. Introducción	32
6.2. Modelo presentado	32
6.3. Capítulos de obra	33
6.4. Precio terreno	35
6.5. Propuestas de optimización	36
7. Bibliografía	37

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. Necesidad del presupuesto	1
2. Precios por capítulo	1

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Volumen de ventas de casas prefabricadas en Europa. Fuente: http://Consultancy.com	5
Figura 2. Fábrica de elementos de hormigón pretensado. Fuente: Empresa Preforsa	12
Figura 3. Pared construida con el método Steel framing. Fuente: Empresa Arquitectura Steel.	13
Figura 4. Pared típica de entramado ligero de madera. Fuente: Empresa Madera Casais ..	14
Figura 5. Estructura de una vivienda prefabricada de acero. Fuente: Empresa Karmod	15
Figura 6. Detalle de pared de hormigón con aislantes. Fuente: Empresa Hormitech.	16
Figura 7. Estructura de casa prefabricada de madera. Fuente: Empresa Madera Casais	17
Figura 8. Esquema de las técnicas sostenibles en una casa pasiva. Fuente: http://contruible.es	19
Figura 9. Detalle de una cubierta invertida. Fuente: http://reformacoruna.com	20
Figura 10. Estructura de acero. Fuente: Empresa Hauss Modular.	21
Figura 11. Estructura de acero con cubierta. Fuente: Empresa Hauss Modular	22
Figura 12. Vivienda prefabricada sin acabados finales. Fuente: Empresa Hauss Modular ..	23
Figura 13. Vivienda prefabricada. Fuente: Empresa Hauss Modular	24
Figura 14. Grúa montando una vivienda modular. Fuente: Grupo Eurocasa	28
Figura 15. Modelo 3D de la vivienda. Fuente: Grupo Eurocasa.	33

MEMORIA

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO

El objetivo de este Trabajo Final de Grado, en adelante TFG, es el estudio de las técnicas y la aplicación de la tecnología de prefabricación en viviendas modulares, es decir, analizar la tecnología de prefabricación actual que se aplica en las fábricas y aplicar este conocimiento en la proyección de obra de una vivienda.

Esto se logrará explicando las diferentes fases y agentes que influyen en la elección de compra de una vivienda prefabricada, desde un punto de vista legal, económico y tecnológico.

Para esto se deberán alcanzar una serie de objetivos, que nos indicarán el grado de comprensión que tenemos de la tecnología, antes de aplicarlo a un caso real.

- Entender el origen de los sistemas prefabricados, así como su situación actual, tanto en el mercado global como en el ámbito español, incluyendo también el marco legal. Así mismo también se compararán las ventajas de estos sistemas frente a la construcción tradicional.
- Explicar los diferentes tipos de sistemas prefabricados que existen, haciendo hincapié en los más extendidos, de forma que entendamos las ventajas y características de cada uno. De igual forma se deberá entender cómo se construye este tipo de viviendas en la fábrica.
- Estudiar el proceso que se lleva a cabo fuera de la fábrica, es decir, las diferentes preparaciones e instalación que se lleva a cabo en la parcela para poder dar por concluida la obra.
- Analizar los diferentes flujos de dinero que hay en esta tecnología, tanto los auges de las empresas, como los diferentes gastos en los que se incurre al comprar este tipo de vivienda, al margen del precio que se le paga al constructor. Se hará hincapié en comparar los precios de los diferentes tipos de estructuras prefabricadas.
- Finalmente, aplicar dichos conocimientos en la elección de una vivienda prefabricada, analizando los diferentes gastos que se incurrirán al seleccionarla, las características que tendrá nuestro tipo de vivienda y proponiendo mejoras técnicas.

En definitiva, el objetivo será entender todo el proceso de la prefabricación, desde el taller hasta la obra, y aplicar esto en un caso práctico, entendiendo las características estructurales, aplicaciones y precio de la vivienda escogida.

1.2. ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance de este TFG es la investigación de todo lo relacionado con los sistemas de prefabricación, tanto las diferentes características, como sus costes relacionados y la forma de construirse. Esto a su vez nos permitirá entender mejor la puesta en obra de una vivienda prefabricada real, a la que se le propondrán mejoras y modificaciones para aumentar las prestaciones y rentabilidad de la vivienda.

Este trabajo podrá actuar como un manual a la hora de entender esta tecnología, y se busca que el lector pueda escoger la vivienda prefabricada que mejor se adapte a sus necesidades una vez, ya que habrá aprendido todas las características relevantes de los diferentes sistemas que existen. A su vez conocerá todo el proceso de construcción, desde su planificación hasta su instalación en parcela, pasando por el montaje en la fábrica. Por último, también será capaz de reconocer los diferentes trámites legales, y las diferentes tasas que deberá pagar un comprador.

Cabe destacar que se hará hincapié en el aspecto teórico de esta tecnología, aunque siempre desde un punto de vista ingenieril, y que permita al lector tener una comprensión total de lo que representa esta tecnología y los diferentes procesos que tendrá que llevar a cabo para construir una vivienda de estas características.

1.3. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

Este documento se compone de 7 capítulos que abordan todos los objetivos propuestos, empezando por explicar los antecedentes de este tipo de tecnología que debemos conocer, siguiendo con las características definitorias de los diferentes materiales y sistemas, y acabando con los procesos de construcción que se deberán llevar a cabo, tanto dentro como fuera de la fábrica.

- Capítulo 2: se introducirá esta tecnología desde un punto de vista histórico, así como desde un punto de vista legal.
- Capítulo 3: se explicará al lector las características que definen cada tipo de sistema prefabricado, y material empleado.
- Capítulo 4: se darán a conocer los diferentes procesos que debemos llevar a cabo en la parcela para una correcta instalación de la vivienda.
- Capítulo 5: se estudiará la viabilidad económica de este tipo de sistema, es decir, los costes asociados a cada tipo de material, los nichos de mercado y los gastos extra no contemplados al comprar a una empresa.
- Capítulo 6: se escogerá una vivienda ya existente y se analizará su coste económico. Además, se propondrán mejoras, tanto estructurales como económicas.
- Capítulo 7: se presentará la bibliografía.

CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS DE LA PREFABRICACIÓN

2.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se aproximará al lector a la situación actual de la prefabricación, tanto de forma histórica, como sus cualidades y situación legal en la que se encuentra ahora mismo.

Para ello se iniciará con una breve introducción histórica de esta tecnología y por qué se encuentra en auge.

Seguidamente se comparará de forma cualitativa con la fabricación artesanal típica, resaltando especialmente las ventajas por las que se ha decidido hacer este proyecto.

Por último, se explicará el ámbito legal de este tipo de viviendas, así como las diferentes licencias y permisos que deberemos solicitar para poder instalar las casas que serán estudio de este trabajo.

2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA PREFABRICACIÓN

2.2.1. Contexto histórico.

Las viviendas prefabricadas que encontramos actualmente en el mercado español empezaron a producirse en EE. UU. durante el siglo XX.

Estas surgieron como una alternativa a las autocaravanas, aunque evolucionaron para hacerse más grandes y cómodas, asemejándose cada vez más a una vivienda tradicional.

Durante los años 50 empezó a popularizarse el modelo que se estudiará en este trabajo, el de una vivienda prefabricada, que se construye en una fábrica o taller, y que se compone de diferentes módulos, normalmente correspondientes a una habitación o zona de la casa (habitaciones, baño, etc.), y que se traslada, una vez completada, al lugar en el que se instalará.

Al principio estas viviendas estaban pensadas para familias que debían mudarse cada poco tiempo, como una alternativa mucho más cómoda que una caravana, ya que se asemeja a una casa tradicional.

Estas casas empezaron siendo construidas con aluminio y chapa, aunque con las sucesivas mejoras en tecnología de materiales se empezó a usar PVC, paneles térmicos, y materiales en general más aislantes y que permitiesen regular la temperatura, y a su vez más resistentes, hasta lograr una similitud casi total respecto a una vivienda tradicional.

Durante los años 70 se planteó que las casas podrían dejarse estáticas en una localización determinada, ya que una vez situadas sobre unos cimientos de hormigón estas obtienen una consistencia y resistencia similar al de una vivienda tradicional, a una fracción del precio de esta, con lo que se resolvieron los problemas asociados a fuertes fenómenos atmosféricos, que solían ser los responsables del deterioro de este tipo de viviendas.

Dicho método de construcción e instalación, combinado con la fabricación en “puzzle” es decir, creando módulos que se ensamblan a posteriori mediante un sistema de marcos normalizados, es el más extendido a nivel mundial por su alta fiabilidad y acabados consistentes, y es el que será objeto de estudio de este trabajo.

2.2.2. Perspectivas en el mercado global.

A raíz de las crisis recientes, como la recesión de la vivienda del 2008 o la epidemia de COVID del año 2020, las casas prefabricadas han ido ganando cada vez más presencia en el mercado mundial.

Esto se explica por el cada vez mayor interés en la sostenibilidad, el uso de fuentes de energía limpias, y la necesidad de viviendas baratas y de calidad, todas estas cualidades en las que las viviendas prefabricadas se destacan sobre la vivienda tradicional.

La tecnología de prefabricación lleva más de medio siglo extendida en Estados Unidos, sin embargo, es relativamente reciente en los mercados Europeo y Asiático, donde va ganando peso poco a poco, como se ve en la figura 1.

Si bien en España menos del 1% de las casas que hay son prefabricadas, países como Suecia, Reino Unido o Alemania tienen entre un 7% y un 45% de parque inmobiliario prefabricado.

Estos países ya cuentan con legislación apropiada y estándares para la fabricación de este tipo de vivienda, como el estándar Passivhaus, una norma para las casas de alta eficiencia energética, es decir, aquellas con al menos un 70% de reducción del consumo energético sobre las construcciones típicas.

Se estima que en los seis mercados europeos que más consumen este tipo de vivienda (a ser Alemania, Escandinavia, Reino Unido, Austria, Suiza y Polonia) se venderán durante 2022 un aproximado de 70.100 unidades.

En la figura 1 podemos ver la evolución en el volumen de casas prefabricadas vendidas listas para habitar, así como la tasa de crecimiento compuesto anual (CARG).

Podemos deducir entonces el crecimiento sostenido que ha tenido esta tecnología en el norte de Europa, que, si bien todavía ha llegado a volúmenes tan grandes en España, sigue tendencias similares.

Market volume of prefabricated turnkey housing, 2014-2022 [k units]

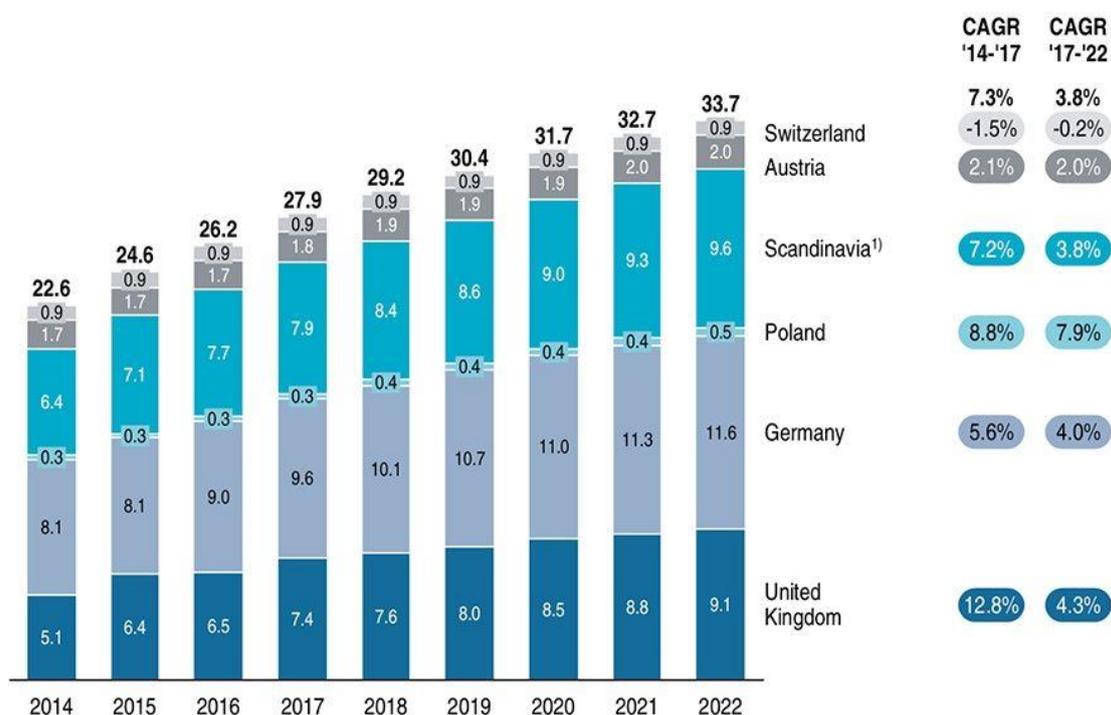


Figura 1. Volumen de ventas de casa prefabricadas en Europa. Fuente: <http://Consultancy.com>

Al ser un mercado recientemente “descubierto”, se encuentra en un estado altamente competitivo y fragmentado, de forma que hay muchas empresas que compiten de forma local, destacándose en la sostenibilidad de sus materiales y en sus cortos plazos de ejecución.

Como ejemplo encontramos la compañía TopHat, que busca completar para 2023 la mayor fábrica de casas de Europa (situada en Reino Unido), con capacidad de construir más de 4.000 unidades al año. Esta empresa cuenta ya con una fábrica en el condado de Derby que produce 800 viviendas al año, y subrayan la alta rentabilidad del modelo industrializado.

En cuanto a España, la región en la que hay más presencia de viviendas prefabricadas es Barcelona, donde según los datos de la plataforma Habitissimo hubo un 13% de las peticiones totales de construcción de este tipo de viviendas en el año 2020. Le siguen Madrid, con un 7% de las peticiones, y Valencia, con un 6%. Esta creciente popularidad en Valencia es parte de la motivación de este trabajo.

2.3. COMPARATIVA CON LA TECNOLOGÍA ARTESANAL

Los proyectos de ingeniería pueden definirse a través de la calidad y eficiencia alcanzada en dos puntos, el acabado de la obra, y la minimización de tiempos y costes, ambos factores limitantes que determinan el éxito de nuestro proyecto.

En este apartado se comparará la tecnología de prefabricación con la fabricación artesanal en obra en estos dos puntos.

Acabado de la obra.

- Mayor control sobre la materia prima: todo el proceso de elaboración del hormigón, desde la mezcla de aditivos hasta la adición de pigmentos y fibras se realiza en un laboratorio mediante procesos estandarizados, lo que minimiza la cantidad de errores cometidos (humanos o externos) que puedan afectar a la calidad del hormigón. Además, permite controlar mejor el estado del hormigón durante el proceso de curado.

También facilita el uso de diversas técnicas que nos permiten obtener hormigonados más específicos, tanto químicamente, ya que en el laboratorio se puede controlar mejor el proceso de mezcla, como mecánicamente, ya que se pueden añadir fibras.

Se pueden usar técnicas y materiales más avanzados, como hormigón autocompactante, mezclas de polímeros en los aislamientos, sistemas de cerramientos demasiado complejos para hacer en una obra tradicional, etc.

- Mayor precisión dimensional: al fabricar los elementos en un taller se consigue una mayor precisión dimensional, ya que no afectan características de tipo accidental o meteorológico, como podrían ser repentinas lluvias, vientos, o incluso errores humanos referidos a las cantidades de mezcla.

- Más eficiencia en controles de calidad: se pueden obtener fácilmente muestras o medidas que determinen la calidad del producto. En empresas habituadas a trabajar con esta tecnología se realizan controles estandarizados en puntos críticos de la fabricación, garantizando así una calidad máxima.

Planificación y costes.

- Mayor calidad de la mano de obra: un punto importante que no se suele tener en cuenta es la experiencia y “buen hacer” de los operarios de obra. Parte de la buena calidad de este tipo de tecnología yace en que los operarios están entrenados para trabajar bajo condiciones constantes, disminuyendo el riesgo de errores humanos y maximizando los beneficios de la experiencia adquirida.

- Tiempos de construcción más exactos: los procedimientos son estándar y no son influenciados por características externas, lo que permite calcular con mucha mayor precisión los diferentes tiempos necesarios para una correcta fabricación del material (curados, etc.), además de permitirnos minimizar los tiempos muertos que se darían en una obra de fabricación artesanal al darse una mejor coordinación de las actividades en la obra.

Todo esto permite que los retrasos en la obra sean mínimos y controlados.

- Optimización de los materiales: se consigue un aprovechamiento de los materiales cercano al 100%, ya que no es necesario usar materia prima “extra”, ni se desperdicia ningún material por falta de calidad (gracias a los controles ya mencionados).

- Presupuestos precisos: la suma de todas estas ventajas permite calcular con mucha antelación el coste del proyecto, ya que seremos capaces de calcular todos los tiempos que necesitaremos usar en obra, además del costo de los materiales, que a priori no debería variar ya que no se necesitará ni material extra, ni habrá material de sobra.

2.4. LEGISLACIÓN

2.4.1. Determinación de la vivienda.

El auge de las viviendas prefabricadas en España es reciente, por lo que la normativa que la regula es relativamente difusa.

Por ello debemos distinguir, en cuanto al marco legal, entre dos tipos diferentes de casas prefabricadas, las que se contemplan como bienes inmuebles y las que se contemplan como bienes muebles.

Aquellas que se considerarán bienes inmuebles son aquellas que tendrán tomas de agua y luz públicas, e irán ancladas al suelo mediante cimientos (normalmente de hormigón, como se detallará más adelante).

Este tipo requerirá, primero, de una licencia para su construcción y su ubicación, determinada por la normativa del emplazamiento en la que se desee construir (Ley de Urbanismo), y, además, deberá cumplir con todos los requisitos impuestos por el CTE (Código Técnico de Edificación) y la LOE (Ley de Ordenación de Edificios).

Esto implica que se necesitará construir sobre suelo urbanizable, y se pedirán permisos y licencias similares a los de una casa convencional. Cabe destacar que, a pesar de que la estructura principal de la casa se fabricará en taller, se necesita de una licencia de obras, aunque sólo para el momento de unirla a los cimientos y anclajes construidos con anterioridad.

Para obtener estos permisos se hará una petición al Ayuntamiento de la zona en la que se vaya a construir, ya que es el órgano que otorga las licencias de obra que se necesitan para la construcción, y se siguen los mismos pasos y tarifas que se le requieren a una vivienda tradicional.

Estos permisos se detallarán en el siguiente apartado, y son los que deberíamos solicitar en el caso de las viviendas que son objeto de estudio de este trabajo.

Por otro lado, si la casa es móvil, es decir, que no está anclada, y tiene medios propios para suministrar agua, luz, etc., sin necesidad de acceder a la red pública, se considerará un bien mueble, por lo que, a efectos legales se comparará con un coche (o caravana).

En este caso se necesitarán ciertos permisos y licencias, sobre todo referidas a la localización de la casa, pero serán menos numerosos que si fuese un bien inmueble ya que no se requerirá una licencia de obra ni nada parecido. Además, este tipo de casa puede llegar a erigirse en terreno rústico, en caso de ser necesario.

Este tipo de casa no será de estudio intensivo en este trabajo, ya que son las casas prefabricadas inmuebles aquellas que comparten mayor similitud con las viviendas convencionales, y aquellas que se pueden convertir en una alternativa real en el mercado inmobiliario.

2.4.2. Licencias y permisos.

Como se ha comentado antes, las viviendas prefabricadas consideradas inmuebles tienen una serie de requisitos muy similares a los de las viviendas tradicionales. Si bien algunas etapas del proyecto se pueden obviar por su naturaleza estándar, como puede ser el diseño de las habitaciones, sigue siendo una obra de ingeniería y arquitectura sujeta a las normativas y reglamentos habituales.

En cuanto a las licencias y permisos mínimos que se deberán obtener para poder edificar (instalar) este tipo de vivienda, encontramos los siguientes dependiendo de la etapa de la obra en la que nos encontremos.

Antes de la construcción.

- Escritura del terreno: se necesitará un contrato de compraventa que se hará público ante notario. Se deberán pagar los impuestos correspondientes y después presentar la escritura al registro de propiedad para su inscripción. Es importante consultar el catastro para comprobar que los metros cuadrados son los correctos (y para evitar problemas con terrenos heredados por más de una persona). Estos impuestos son el IVA (Impuesto sobre el Valor Añadido), el ITP (Impuesto de Transmisiones Patrimoniales) y el AJD (Impuesto de Actos Jurídicos Documentales). El IVA se gravará en caso de que la parcela se compre a una persona jurídica o empresa. En este caso se abonará un 21% de IVA, además de ser necesario pagar también el AJD, que varía en función de la comunidad en la que se sitúa la parcela, aunque en España oscila entre el 0,5% y el 2%. Si el terreno se compra a un particular no será necesario pagar IVA ni AJD, sólo el ITP, que variará en función de la comunidad autónoma entre el 4% y el 10%.

- Licencia urbanística: se deberá solicitar una licencia al ayuntamiento del municipio en el que esté situada la parcela. Únicamente se necesita la presentación de un proyecto básico (sin necesidad de visado colegial), y será concedido en caso de que se cumpla la normativa urbanística municipal vigente en ese momento.

Regulado por el Reglamento de Disciplina Urbanística.

- Visado colegial del proyecto de ejecución: este documento es obligatorio para todos los proyectos de ejecución de viviendas unifamiliares. El órgano encargado de concederlo es el Colegio Oficial de Arquitectos de la comunidad autónoma en la que esté ubicada la parcela. Este visado no comprueba que el proyecto sea realizable o que los cálculos estructurales sean correctos de acuerdo con el Código Técnico de la Edificación, sólo habilita al autor del proyecto y certifica la aplicación de las normas colegiales y urbanísticas vigentes.

Regulado por el Real Decreto 1000/2010, 5 de Agosto.

- Estudio geotécnico: será necesario contratar a un geólogo que realizará el estudio necesario para cumplir con el Código Técnico de la Construcción. Dicho estudio informará sobre las características del terreno, la calidad del suelo y la profundidad del nivel freático. Estos datos son muy importantes, ya que se usarán para escoger el tipo de cimentación ideal, que evitará la aparición de asentamientos diferenciales que pueden producir grietas, y con el que conseguiremos la máxima capacidad aislante (más eficiente energéticamente), una de las ventajas de este tipo de viviendas.

Regulado por la Ley de Ordenación de la Edificación y el Código Técnico de la Edificación.

- Licencia de obras: esta licencia será obligatoria para poder iniciar la obra y habilita el inicio de los trabajos de construcción. Esta será emitida por el ayuntamiento siempre que se hayan pagado las tasas correspondientes y se haya emitido con anterioridad la licencia urbanística. Una vez se haya obtenido el arquitecto director de obra podrá empezar la instalación. Es importante destacar que las modificaciones en obra respecto al proyecto inicial deberán apuntarse en el libro de órdenes y asistencias, que obtendrá el arquitecto de su colegio profesional.

Regulado por el Artículo 5 de la Ley 38/1999, de 5 de Noviembre, de Ordenación de la Edificación.

Durante la construcción.

- Dirección de la Obra: según la Ley 38/1999, de 5 de Noviembre, de la Ordenación de la Edificación, para poder iniciar la obra se deberán identificar tres figuras que componen la dirección facultativa: el Director de Obra, el Director de Ejecución de Obra y el Coordinador en materia de Seguridad y Salud.

Definidos por la Ley 38/1999, de 5 de Noviembre, de Ordenación de la Edificación.

- Acta de Replanteo: Estas figuras junto con el promotor del proyecto y el constructor deberán firmar un Acta de Replanteo, con el que se comprueba la viabilidad de trasladar el contenido de los planos a la realidad física. Una vez firmado darán comienzo las obras.

Regulado por la Ley 38/1999, de 5 de Noviembre, de Ordenación de la Edificación.

- Código Técnico de la Edificación: según este código hay una serie de documentación obligatoria para el seguimiento de la obra, que serán el Libro de Órdenes y Asistencias, el Libro de Incidencias en Materia de Seguridad y Salud, el proyecto de ejecución visado, la licencia de obras y la apertura del centro de trabajo.

Después de la construcción.

- Certificado final de obra: es un certificado que firmará el arquitecto una vez terminada la obra. Este necesitará el visado del colegio correspondiente, que certificará que la obra es conforme al proyecto para el que obtuvo la licencia. Así mismo el arquitecto también proveerá el libro del edificio, según la Ley de Ordenación de la Edificación 38/1999, 5 de Noviembre, y el certificado de eficiencia energética.

Obligatorio según el artículo 5 del Decreto 462/1971, de 11 de Marzo. Normas sobre redacción de proyectos y dirección de obras de edificación.

- Acta de recepción de obra: es un documento que firman el constructor y el promotor al entregar la obra. En este se garantiza que no hay defectos en la obra, o en el caso de que los hubiese, el plazo en el que deberían solucionarse estos.

Regulado por el artículo 6 de la Ley 38/1999, de 5 de Noviembre, de Ordenación de la Edificación.

- Licencia de primera ocupación: es una licencia que acredita que las obras se encuentran finalizadas y se han llevado a cabo siguiendo el proyecto de ejecución y la licencia de obras, y es otorgada por el ayuntamiento.

Regulado por el artículo 5 de la Ley 38/1999, de 5 de Noviembre, de Ordenación de la Edificación, y de obligado cumplimiento según el artículo 6 del Decreto 462/1971 de 11 de Marzo, Normas sobre redacción de proyectos y dirección de obras de edificación.

- Escritura de declaración de obra nueva: es una manifestación en escritura pública ante notario en la que se hace constar el inicio o finalización de nuevas actuaciones u obras. Esta escritura se firma ante notario, que garantiza que lo que se firma es legal. Esta escritura, es su modalidad de "obra nueva terminada" será necesaria para acceder a los servicios públicos de agua, luz, etc.

Regulado por el artículo 7 de la Ley 38/1999, de 5 de Noviembre, de Ordenación de la Edificación.

- Inscripción del inmueble: la escritura de obra nueva deberá ser inscrita en el Registro de la Propiedad. Para ello será necesario inscribirte en el registro correspondiente a la zona en la que se haya construido la vivienda, así como presentar el certificado final de obra, la licencia de primera ocupación y el certificado de eficiencia energética.

Regulado por el Ministerio de Justicia.

CAPÍTULO 3. TECNOLOGÍAS DE PREFABRICACIÓN

3.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se explicarán las diferentes opciones que tenemos en cuenta para escoger la tecnología de prefabricación que usaremos en nuestra vivienda, así como las características que definen a cada una de ellas.

Primero se hablará de los diferentes tipos de estructura que podemos usar en nuestro inmueble en función del material que usemos, siendo los más extendidos el hormigón, el acero y la madera. Debido a la gran cantidad de opciones disponibles en el mercado se hará énfasis en aquellos elementos que son más habituales actualmente.

Después se ofrecerá un análisis cualitativo de las viviendas a las que dan lugar estas estructuras, es decir, detalles de las viviendas prefabricadas en acero, en madera, etc. De forma que podamos justificar la elección de nuestra vivienda en capítulos posteriores.

Por último, se explicará el proceso que se lleva a cabo en la fábrica, es decir, tanto las diferentes fases por las que tendremos que pasar para completar la estructura, como el montaje paso a paso que se lleva en el taller. Este último apartado se escribirá desde el punto de vista de la vivienda que nos atañe, ya que como se verá más adelante cada vivienda tiene un proceso específico y diferente para fabricar su estructura principal.

3.2. ESTRUCTURAS PREFABRICADAS

2.3.1. Estructuras de hormigón pretensado.

Es un tipo de estructura conformado en su mayoría de hormigón, con barras, cables o alambres (de acero) tensados y anclados a este.

La forma más elemental de fabricar elementos de hormigón pretensado es colocando la mezcla entre dos contrafuertes y tensando los elementos metálicos con maquinaria. El material de soporte queda entonces anclado al hormigón, y una vez intenta volver a su longitud original el hormigón queda comprimido, produciendo el pretensado.

Se puede ver un ejemplo de fábrica de este tipo de elementos en la figura 2.



Figura 2. Fábrica de elementos de hormigón pretensado. Fuente: Empresa Preforsa.

Este proceso se traduce en una gran resistencia estructural y solidez, propiedades que buscaremos en nuestro diseño.

Además, el pretensado nos ayuda a compensar las fuerzas de tracción que puedan aparecer en la vivienda, que son la debilidad natural del hormigón.

Así mismo, estas estructuras ya están preparadas para su instalación, ya que permiten una gran flexibilidad en el diseño, tienen un bajo coste y son muy rápidos de instalar. Estas se usan como elemento constructivo por su resistencia, y posee grandes propiedades de aislamiento térmico y acústico.

2.3.1. Estructuras de entramado de acero.

Es un tipo de estructura compuesto por un entramado de vigas y columnas fabricado en acero, normalmente acero galvanizado ligero, de forma que se maximice la durabilidad y la resistencia a la corrosión de esta.

Estos perfiles de acero, que serán de tipo PGC y PGU, se sueldan y atornillan de forma que se transmita toda la carga al terreno a través de ellos. Los PGC serán montantes e irán colocados de forma vertical. Los PGU serán soleras y servirán como guía de la estructura.

La forma más habitual en la que se encuentra actualmente es en el sistema “Steel framing”, compuesto por una estructura de acero revestido por varias capas con funciones térmicas, acústicas, hidrófugas e ignífugas.

En este sistema la estructura de acero soporta el techo, suelo, paredes de la construcción, y demás requerimientos estructurales, mientras que en el exterior de esta se colocan placas de cemento o yeso, y en el interior los aislantes, como por ejemplo fibra de vidrio.

Se puede apreciar un detalle del “Steel framing” en la figura 3.

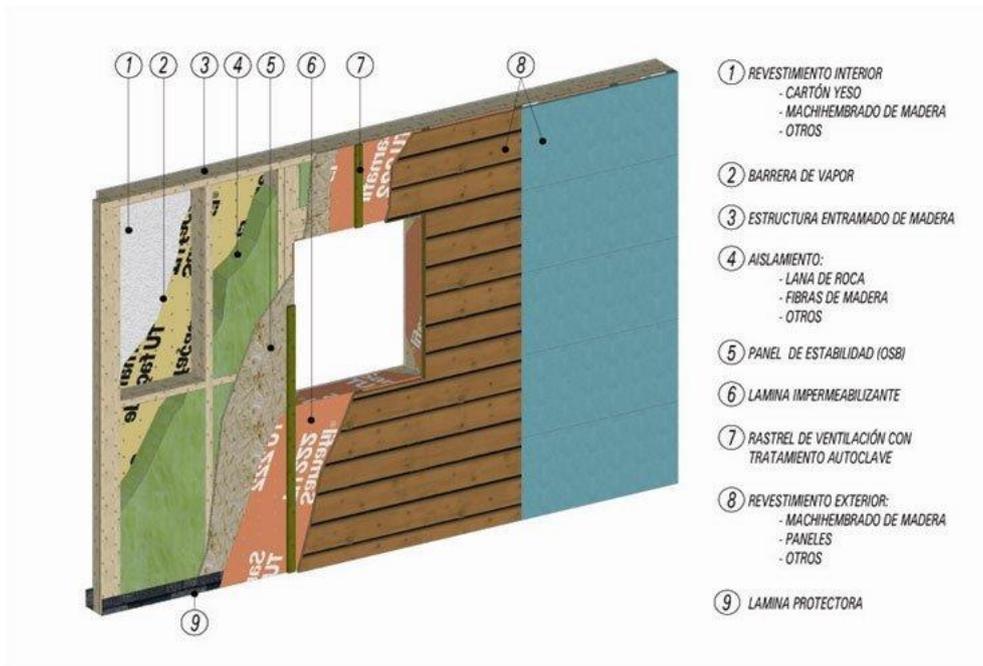


Figura 4. Pared típica de entramado ligero de madera. Fuente: Empresa Maderas Casais.

Este tipo de estructura destaca por su bajo peso, que facilita su transporte y montaje, y su alta capacidad de aislamiento térmico. Del mismo modo tiene una alta capacidad resistente en comparación con su peso y precio (siempre que se haga un cálculo correcto de la estructura).

3.3. CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA PREFABRICADA

3.3.1. Casas prefabricadas en acero.

Este tipo de casas tiene la peculiaridad de usar de forma intensiva el acero, construyendo una estructura modular de acero de alta resistencia que se usa también para el cierre y cubierta del edificio.

El acero en la prefabricación de casas se usa por sus siguientes características:

- Elasticidad: es un material elástico y tiene una gran resistencia, lo que permite una deformación mucho mayor de la estructura en comparación con las obras tradicionales de hormigón armado.

- Durabilidad: se usa principalmente acero galvanizado (acero aleado con zinc), lo que le confiere una gran durabilidad y resistencia a la corrosión, propiedades necesarias cuando la obra está a la intemperie.

- Reciclabilidad: esta es una característica cada vez más buscada en el ámbito de la construcción en Europa, y el acero es reciclable al 100%.

Para poder obtener las mismas características mecánicas y aislantes que otros tipos de viviendas prefabricadas se añade a la estructura modular de acero galvanizado un aislamiento a base de lana mineral, lo que le confiere un aislamiento acústico y térmico de alta calidad.

En cuanto a los cerramientos se suelen usar paneles tipo OSB, que tienen suficiente resistencia físico-mecánica y complementan fácilmente a la estructura de acero, que será la encargada de soportar todos los esfuerzos de la vivienda.

Por último, se debe proteger la envolvente del edificio con una lámina impermeable con capacidad de alta transmisión de vapor de agua, para evitar problemas relacionados con la corrosión, y para un correcto rendimiento térmico.

Se puede ver la estructura de una vivienda prefabricada de acero en la figura 5.

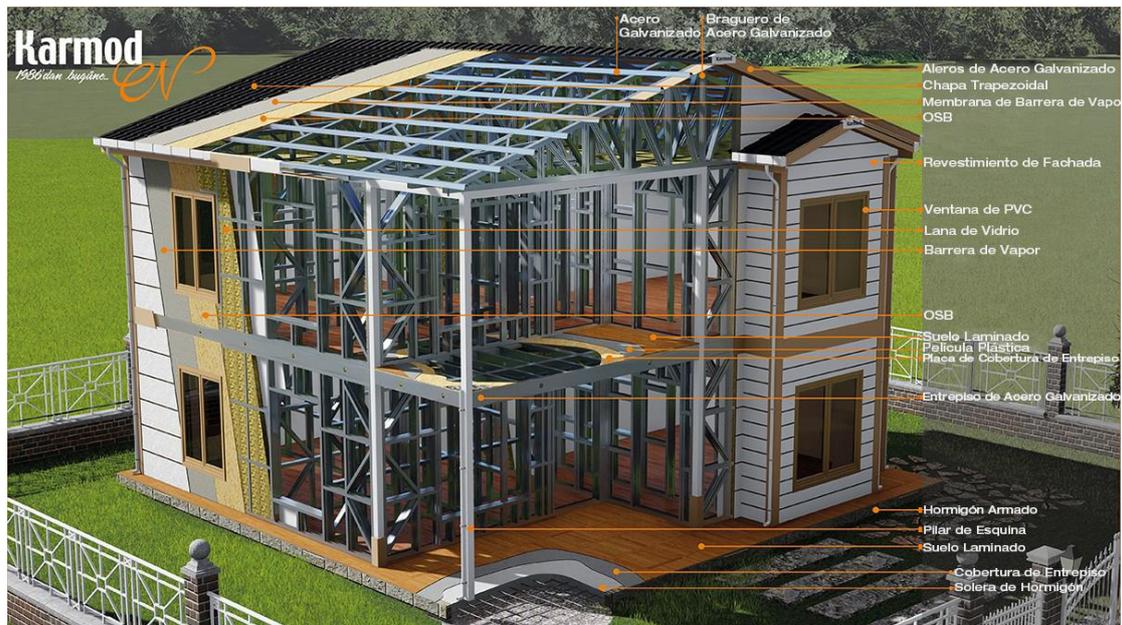


Figura 5. Estructura de una vivienda prefabricada de acero. Fuente: Empresa Karmod.

Comparativa con otros tipos de casas prefabricadas.

Todo esto confiere a las casas prefabricadas de acero de una ventaja comparativa en cuanto a su dureza superior, un mayor aislamiento frente a las condiciones climatológicas y una construcción rápida.

Como desventaja debemos destacar que es el material menos utilizado para este tipo de viviendas, ya que las piezas y aislamientos son más caros que en otras opciones.

3.3.2. Casas prefabricadas en hormigón.

Este tipo de casas se caracteriza por el uso del hormigón como componente estructural principal, es decir, que la envolvente de la casa se realiza mediante paneles de hormigón con aislamiento.

En general, se recomienda el uso del hormigón por sus siguientes características:

- Precisión: ya que todo el proceso de fabricación se lleva a cabo en talleres, lo que otorga un mayor control en comparación con el uso del hormigón en viviendas tradicionales. Esto a su vez permite una mayor rapidez en cuanto a los plazos de ejecución de la obra.

- Aislamiento: el sistema de paneles de hormigón disminuye la cantidad de puentes térmicos, evitando las pérdidas de energía y aumentando su eficiencia. Así mismo estos paneles tienen un alto grado de aislamiento frente al ruido.

- Resistencia: este tipo de estructuras presentan una resistencia superior a otros tipos de casas prefabricadas. En este sentido son más resistentes al fuego, a las condiciones climatológicas adversas, y a efectos externos como impactos y animales. Todo esto se traduce en unos costes de mantenimiento mucho menores. Así mismo la gran resistencia del hormigón nos permite suprimir muros interiores o columnas necesarios en viviendas de tipo tradicional.

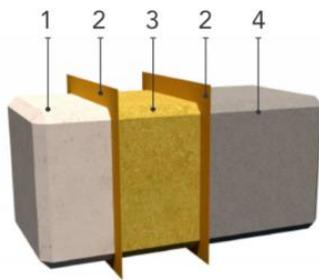
- Durabilidad: el sistema de construcción de hormigón resiste mejor el paso del tiempo que otros tipos de viviendas prefabricadas, diseñándose habitualmente para 100 años de uso, con un mantenimiento mínimo.

Todo esto conlleva una mejora energética, al aprovechar la inercia térmica del hormigón (disminuyendo la necesidad de climatización), y la resistencia térmica del aislamiento elegido.

En cuanto a la capacidad estructural, se usan muros portantes de hormigón armado, de grosor variable en función del cálculo, y placas alveolares presentadas. Estos elementos son estandarizados, lo que brinda un mayor control sobre la calidad del hormigón, y una mayor consistencia estructural gracias al sistema de unión de paneles, en el que se deberán tener en cuenta las juntas de alineación.

Estos paneles, que conforman la estructura de hormigón, cumplen una doble función, como elemento estructural y como cerramiento de la fachada de la vivienda. Además, permiten minimizar la cantidad de puentes térmicos al aumentar el tamaño de los paneles.

En la figura 6 podemos observar las capas que encontramos en los paneles que conforman la estructura.



1. Hormigón arquitectónico (Acabado pulido/fachada).
2. Revestimiento multicapa.
3. Aislamiento térmico de alto rendimiento.
4. Hormigón armado estructural (Interior/estructura).

Figura 6. Detalle de pared de hormigón con aislantes. Fuente: Empresa Hormitech.

Comparativa con otros tipos de casas prefabricadas.

Finalmente debemos destacar que, en comparación con otros tipos de viviendas prefabricadas, estas presentan una mejor resistencia a las condiciones climatológicas, tienen un mejor aislamiento frente al ruido, y requieren escaso mantenimiento (resistiendo mejor el paso del tiempo).

A pesar de esto destacamos que en zonas con clima extremo es muy importante reforzar el aislamiento, y que entre los tipos de vivienda prefabricadas es el menos ecológico (por el proceso de obtención del hormigón y su baja capacidad de reciclado).

3.3.3. Casas prefabricadas en madera.

Este tipo de casas se diferencian por su uso casi completo de la madera, tanto estructural (con un entramado de madera), como para acabados.

Las características por las que se destacan este tipo de viviendas son las siguientes:

-Económicos: por la naturaleza del material esta es la opción de casa más viable económicamente. El precio varía según la calidad final, pero sigue siendo menor que las estructuras multicapa de los otros tipos de vivienda (en torno a un 20% más barata).

-Energéticamente eficientes: la madera tiene una naturaleza aislante, lo que nos permite disminuir el gasto en calefacción y aire acondicionado. Además, durante su construcción se minimiza la cantidad de residuos generados, siendo la mayoría reciclables.

-Ligero: es un material muy ligero en comparación con los de otras estructuras, lo que nos permite un proceso de montaje, construcción y transporte más rápido y sencillo. A su vez esto se traduce en una mayor versatilidad en cuanto a diseños disponibles.

En general son una alternativa de calidad, además, la simpleza de su estructura, que usualmente es un entramado ligero de madera, nos permite tener una vivienda de este tipo lista y configurada muy rápidamente.

En función del tipo de madera que escojamos incluso podremos llegar a prescindir de algunos acabados (tanto aislantes como estéticos).

En la figura 7 se puede ver un detalle de la estructura de una vivienda prefabricada en madera.

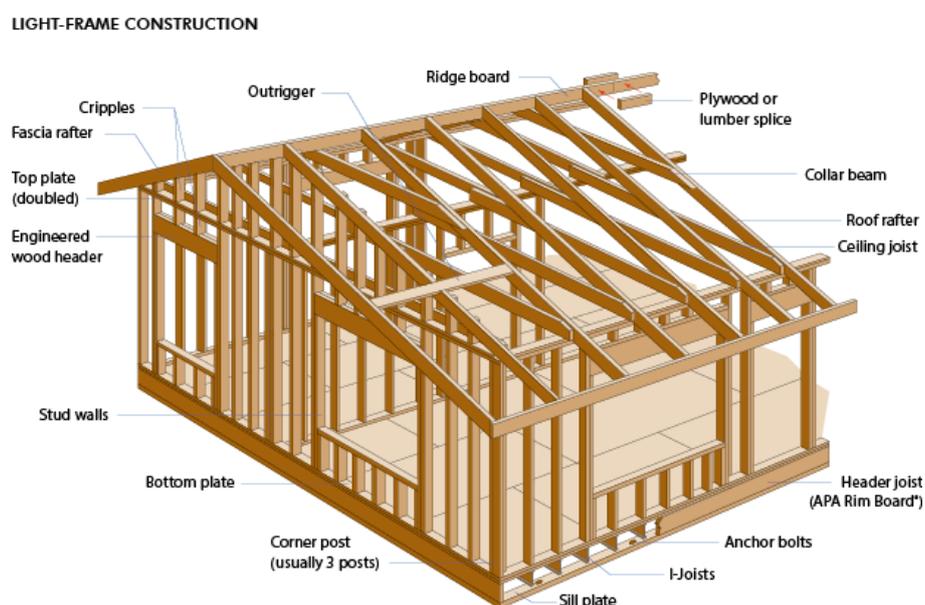


Figura 7. Estructura de casa prefabricada de madera. Fuente: Empresa Maderas Casais.

Comparativa con otros tipos de casas prefabricadas.

Tras esto, encontramos que las ventajas de las casas prefabricadas en madera yacen en su buena eficiencia energética (gracias a su capacidad de aislamiento), y en que es un material con un alto valor ecológico. Además, en caso de usar materiales “bonitos” para los cerramientos se puede llegar a prescindir de los revestimientos, abaratando los costes de construcción.

Como desventajas encontramos los típicos del trabajo en madera, un aislamiento acústico peor en comparación con otros tipos de viviendas prefabricadas, y la necesidad de un mantenimiento continuo para prevenir problemas asociados con la humedad, moho e insectos (termitas).

3.3.4. Casas prefabricadas ecosostenibles.

Dentro de los tipos de casas prefabricadas podemos definir un tipo especial que se caracteriza por el uso inteligente de los materiales para conseguir lo que se denomina una vivienda pasiva ecológica.

Este término indica que es una edificación de alta eficiencia, que reduce la demanda energética de la vivienda mediante estrategias de diseño global, además de usar materiales de origen natural y no tóxicos.

Esto se logra siguiendo las siguientes pautas:

- Investigando el diseño de cada espacio para obtener una regulación natural de la temperatura y humedad del ambiente, sin necesidad de aparatos de climatización.
- Minimizando el uso energético de la red pública instalando fuentes renovables de energía. Esto suele ir acompañado del uso de cables apantallados para toda la instalación eléctrica, de forma que se evite la contaminación electromagnética.
- Optimizando la calidad del aire interior mediante estrategias de renovación del aire para una climatización automática y un flujo continuo de aire fresco, y usando métodos de ionización para limitar la aparición de gérmenes y bacterias.
- Diseño inteligente de los cerramientos para maximizar la calidad acústica y lumínica.

Para lograr estos puntos se usan las siguientes técnicas:

- Uso intensivo de madera, ya que posee las características mecánicas suficientes, además de ser aislante, higroscópica (lo que ayuda a regular la humedad) y poco contaminante, ya que puede ser reutilizada o reciclada.
- Aislamientos de gran espesor, para disminuir al máximo las pérdidas de calor. En este tipo de vivienda dichos aislamientos están hechos de celulosa reciclada, algodón, corcho, o cualquier material de origen natural que cumpla los requerimientos. Se evita el uso de lana de roca o similares por su efecto nocivo.
- Eliminación de los puentes térmicos para disminuir las pérdidas de calor y evitar problemas asociados a la condensación. Esto se consigue mediante un amplio control de puertas y ventanas, que estarán hechas de madera laminada de alta calidad y en las que se garantizará estanqueidad, de modo que se aprovechen al máximo las propiedades aislantes de la madera.
- Mayor estanqueidad del aire, ya que los orificios en la envolvente del edificio causan problemas, tanto energéticos relacionados con pérdidas de calor o frío, como de condensaciones en la construcción. Esto se complementa con un sistema de ventilación con recuperador de energía, de forma que se asegure la calidad del aire al extraer el aire viciado de

las estancias húmedas y aportando aire nuevo filtrado a las estancias secas, a la vez que se incrementa la eficiencia, pudiendo llegar a usarse bombas aerotérmicas para la producción de agua caliente sanitaria.

En la figura 8 se puede apreciar el esquema de funcionamiento de una casa pasiva.

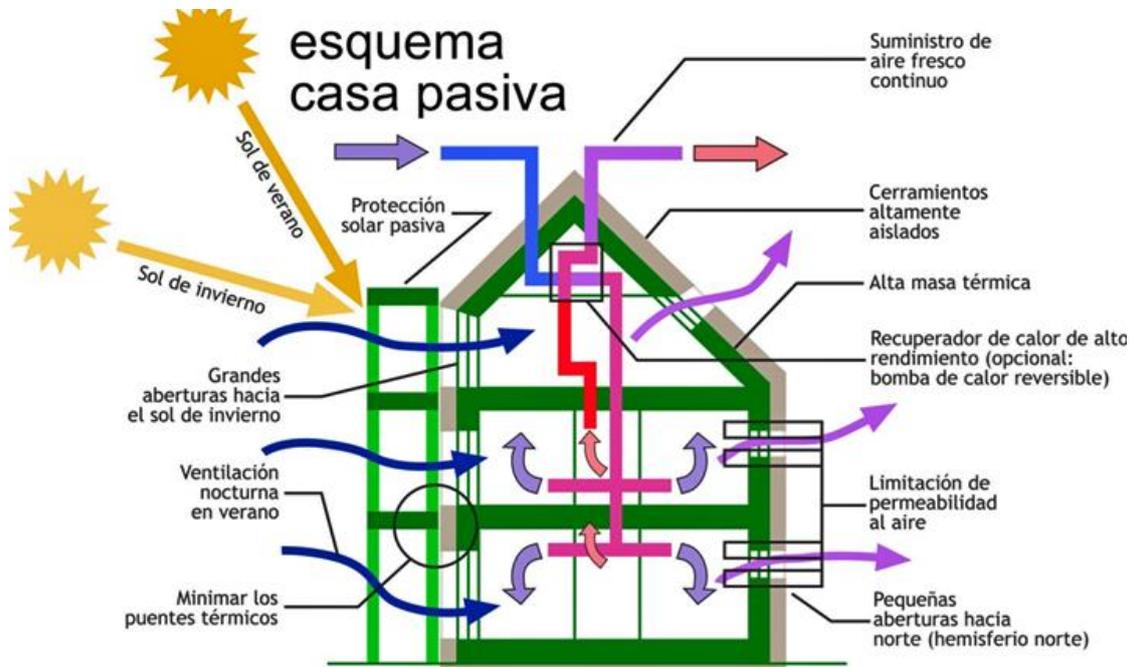


Figura 8. Esquema de las técnicas sostenibles en una casa pasiva. Fuente: <http://Construible.es>

3.4. FABRICACIÓN EN TALLER

3.4.1. Fases de la construcción.

La vivienda prefabricada modular tiene la ventaja de ser un proceso de construcción simultáneo, a diferencia del montaje lineal típico de la fabricación artesanal.

A pesar de ello, podemos dividir su fabricación en tres fases separadas, que en este caso se analizarán desde el punto de vista de una construcción estándar de acero y hormigón, como la que se desarrollará más adelante en el trabajo.

- Estructura: es lo primero que debemos montar en el taller, y vendrá impuesta por los cálculos estructurales y de los requerimientos de dimensiones del cliente.

En el caso de una vivienda habitual en España se compondrá de un entramado de perfiles laminados de acero estructural, normalmente acero galvanizado para evitar problemas de corrosión. Esta tecnología es también llamada "Steel-framing", y nos aporta rigidez y durabilidad.

En esta primera fase también fabricaremos un forjado de suelo de chapa colaborante con hormigón aligerado, sobre el que se construirán los diversos trabajos de tabiquería y acabados.

- Cubiertas: se fabricarán a base de cubiertas planas con protección de grava sobre tablero de madera-cemento.

En las viviendas prefabricadas se recomienda el uso de cubiertas invertidas, ya que colocar de esta forma el aislamiento térmico nos ayudará mejorar la estanqueidad de la estructura, disminuyendo la posibilidad de corrosión y envejecimiento prematuro.

En la figura x se observa un detalle de una cubierta invertida.

DETALLE DE UNA CUBIERTA INVERTIDA:

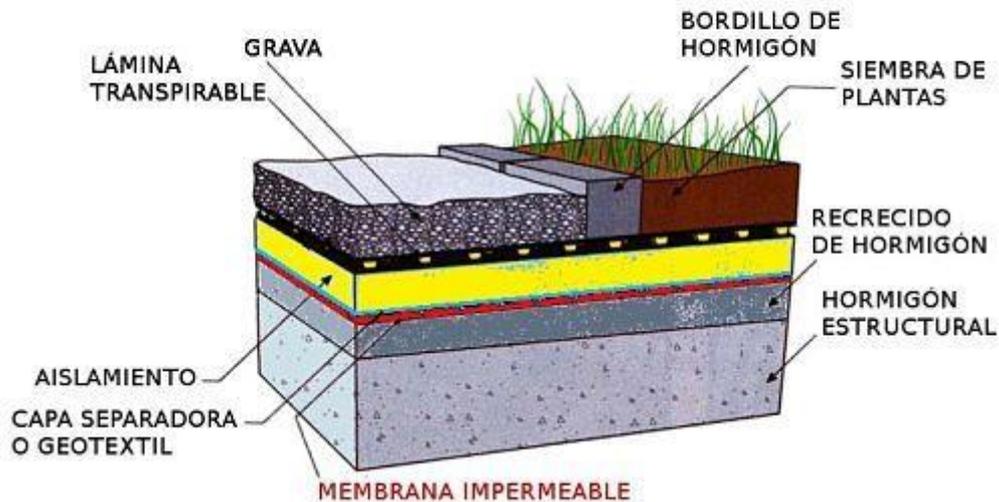


Figura 9. Detalle de una cubierta invertida. Fuente: <http://reformacoruna.com>

- Cerramientos y acabados: en esta última fase se completarán los cerramientos, tabiquería, aislamientos y acabados.

Así mismo se completarán las instalaciones de agua, luz y calefacción, atendiendo siempre a si será una vivienda autónoma o deberá conectarse a la red pública, además de seguir las pautas de máximo aprovechamiento energético (maximizar el uso de luz solar, mejoras en aislamientos, etc.)

3.4.2. Montaje en orden cronológico.

Si bien la fabricación puede ser simultánea, para poder visualizar mejor el proceso de montaje en taller se describe la guía básica de montaje de una vivienda prefabricada típica.

El primer paso será la fabricación de la estructura, esta se diseñará en función de los requerimientos del cliente, y de los requerimientos del cálculo estructural.

Se usará un sistema de vigas (en muchos casos ya limadas y granalladas). Estas vigas pasarán a la zona de corte del taller, donde se les dará la longitud necesaria.

Estas se colocarán sobre una superficie horizontal y se unirán para componer el bastidor inferior, sobre el que irá montado el resto de la estructura.

Posteriormente se soldarán y se acoplará el forjado colaborante que se unirá al forjado inferior.

En la figura 10 se aprecia la estructura una vez llegados a este paso.



Figura 10. Estructura de acero. Fuente: Empresa Hauss Modular.

Tras esto se prepara el bastidor de cubierta (en el que se tendrá en cuenta la inclinación) y el peto perimetral.

Por último, se coloca la estructura sobre los pilares, rematando la fase de estructura. En este punto se aplica la imprimación y pintura, que serán necesarios para evitar problemas posteriores de corrosión.

En cuanto a las cubiertas, una solución habitual es usar tableros de madera aglomerada con cemento, ya que es resistente a los ambientes húmedos. Sobre esta se coloca una cubierta invertida, que nos ayudará a evitar el envejecimiento prematuro de la impermeabilización al colocar el aislamiento térmico por encima.

En la figura 11 podemos ver la estructura con la cubierta ya preparada.

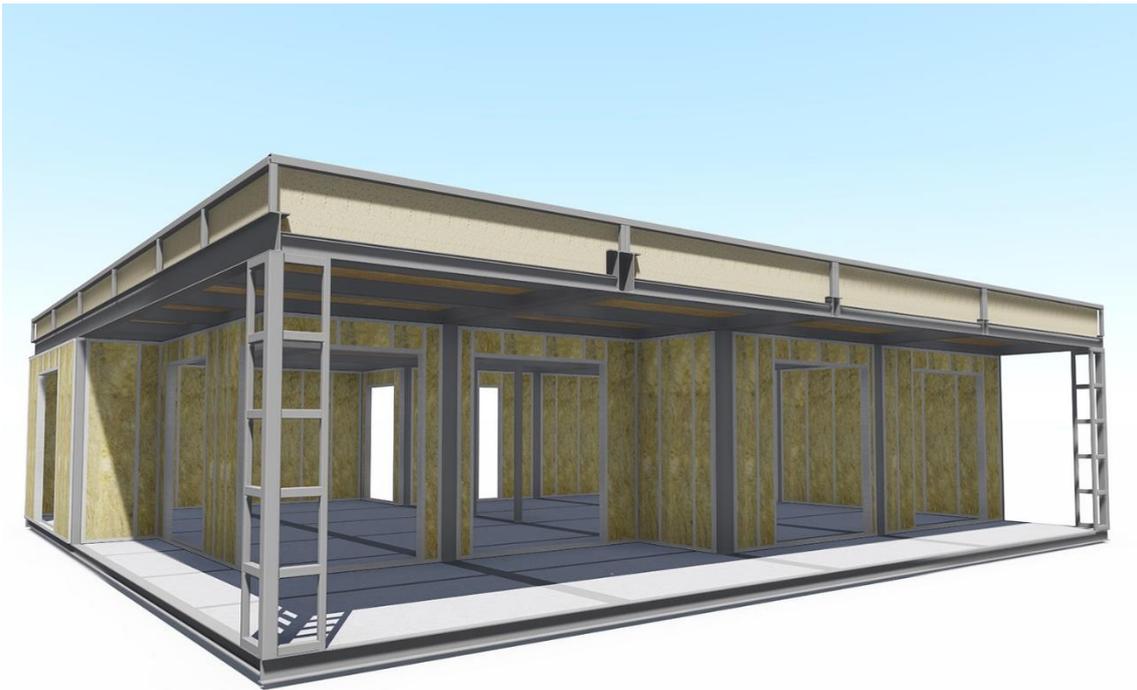


Figura 11. Estructura de acero con cubierta. Fuente: Empresa Hauss Modular.

Llegados a este paso se impermeabiliza la estructura, con una capa de plástico EPDM de una única pieza por módulo, de forma que se minimice la cantidad de juntas para un mayor aislamiento (tanto de pérdidas por calor como por humedades).

En este punto es recomendable comprobar la estanqueidad. Ciertas empresas siguen protocolos de calidad como puede ser inundar dicha cubierta una semana y comprobar que no haya fugas.

Después se coloca el aislamiento térmico, por ejemplo, poliestireno de alta densidad.

Finalmente se aplica una cubrición de grava, con lo que habremos completado nuestra cubierta invertida, protegiendo así la capa impermeabilizante de los elementos externos y aumentando la vida útil de esta.

En la figura 12 se puede ver la estructura con varios cerramientos y aislantes ya preparados.



Figura 12. Vivienda prefabricada sin acabados finales. Fuente: Hauss Modular.

Respecto al sistema de cerramientos, la envolvente exterior del edificio será adaptado al tipo de vivienda que queramos construir, atendiendo siempre a sus características aislantes, tanto térmicas como acústicas, así como a su resistencia a la intemperie y al fuego.

En las soluciones típicas de España suelen ocupar hasta el 65% de su espesor en aislamiento térmico. Se puede usar por ejemplo paneles de hormigón con aislante interior.

Después de cubrir toda la estructura de la casa con los paneles de fachada, se colocan entre las paredes todas las instalaciones que sean necesarias, como fontanería, calefacción, luz, etc., siguiendo siempre las indicaciones del código técnico.

Se llevan a cabo los trabajos de tabiquería, enlucido, carpintería, y demás trabajos que podamos acabar en el taller.

Por último, se pinta la casa, de pinturas aislantes en caso de ser necesario, aunque con ciertos materiales esto puede no ser necesario (acabados de hormigón, por ejemplo).

En la figura 13 se aprecia la vivienda una vez terminado el proceso de montaje en taller.



Figura 13. Vivienda prefabricada. Fuente: Hauss Modular.

Una vez terminados todos estos pasos sólo será necesario usar una grúa para cargar los diferentes módulos en el sistema de transporte que los vaya a llevar a la parcela en la que se vayan a montar.

CAPÍTULO 4. PROCESOS EN OBRA

4.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describirán las diferentes cosas que deberemos tener en cuenta a la hora de instalar la casa en el terreno elegido, tanto desde un punto de vista de confort para el usuario, como desde un punto de vista técnico para asegurar la correcta instalación de la vivienda.

Se introducirán primero las características que tendremos que considerar para escoger un terreno adecuado para su construcción. Si bien no son de obligado cumplimiento todas, es importante tenerlas en cuenta para poder maximizar las ventajas de nuestra vivienda y asegurar un óptimo confort.

Después se explicará cómo llevar a cabo unas cimentaciones adecuadas para nuestra casa, siendo este uno de los puntos más importantes para tener en cuenta, ya que condicionará excepcionalmente la durabilidad y resistencia a largo plazo de la obra.

Por último, se comentarán el tipo de remates que serán necesarios llevar a cabo en la obra para darla por finalizada.

4.2. CONSIDERACIONES DE LA PARCELA

Las viviendas prefabricadas se caracterizan por su alta adaptabilidad en cuanto a la parcela en la que se ve a construir, sin embargo, hay ciertos puntos que, al igual que en una vivienda tradicional, se deben considerar para obtener el máximo provecho de este sistema:

- Capacidad de carga: es importante comprobar que la capacidad de carga del terreno sea suficiente para soportar el peso (tanto muerto como vivo) de la vivienda que vamos a construir. Para esto tendremos en cuenta el tipo que queremos construir (si es de hormigón, por ejemplo, tendrá un peso superior), y las dimensiones de la estructura de anclaje que estaremos dispuestos a asumir, por limitaciones de espacio o presupuesto.

- Normativa y legislación: como se ha comentado anteriormente este tipo de casas se considera un bien inmueble, por lo que estará sujeto a la misma legislación que una casa convencional. Esto implica que se deberá comprobar que la parcela es urbanizable, y que se necesitará obtener una serie de licencias y permisos del Ayuntamiento del área en la que vayamos a construir (según la normativa vigente).

- Disponibilidad de red pública: a pesar de los diferentes grados de autonomía que pueden presentar las viviendas prefabricadas, es importante que haya una adecuada disponibilidad de servicios de la red pública, como pueden ser agua o electricidad. Esto se

puede comprobar con las certificaciones correspondientes del terreno, o consultando las proyecciones a futuro de estas redes en dicha área. Además, es importante una correcta accesibilidad a la parcela, tanto para el confort futuro de los usuarios, como para las obras de instalación de la vivienda, que recordemos se construirá mayoritariamente en un taller separado de la parcela.

- **Clima:** se recomienda consultar las condiciones meteorológicas usuales de la zona, ya que así podremos adecuar los materiales usados para la construcción de la vivienda de forma que resistan el mayor tiempo posible la exposición al medio ambiente. Es importante comprobar cuál es el material predominante en nuestras estructuras, ya que a pesar de que ambas son viviendas con una alta fiabilidad, no se usarán las mismas técnicas de protección para una vivienda prefabricada en madera que para una prefabricada en hormigón. Usualmente muchos de los problemas asociados se previenen con un correcto aislamiento, y evitando condensaciones en juntas y zonas con flujo de aire.

- **Ventilación e iluminación:** una de las mayores ventajas de las viviendas prefabricadas radica en su alta eficiencia energética. Por ello es importante un diseño inteligente de la iluminación y asolación, de forma que se aprovechen las horas de sol para maximizar el uso de luz natural, tanto para disminuir el uso de luz eléctrica, como para usar el calor de la luz solar (evitando el uso del aire acondicionado). Así mismo, una correcta ventilación es importante, para evitar fugas de calor, que disminuirían la eficiencia energética, y problemas asociados con la humedad, especialmente relevantes en construcciones de madera.

4.3. CIMENTACIONES

Las cimentaciones son una de las partes más importantes de la instalación de la estructura prefabricada, ya que es la única que no podemos desarrollar en las condiciones controladas del taller. Además, será la que nos garantizará una correcta solidez de la estructura ante condiciones climatológicas muy adversas.

Los pasos que se seguirán serán similares a los de una vivienda tradicional, aunque ligeramente adaptados, ya que la mayor ligereza de las estructuras prefabricadas, sumado a su disposición modular (que optimiza la redistribución de cargas al terreno), nos permiten una gran simplificación en cuanto a la geometría y dimensionamiento de la cimentación.

A pesar de esto, sigue siendo de obligado cumplimiento tanto la norma sismo resistente nsce-02 como el CTE DB-SE/C Cimientos.

Para escoger correctamente el tipo de cimentación que necesitamos se deberán hacer cálculos del terreno (informe geotécnico), de la cohesión del terreno, el ángulo de rozamiento, el nivel freático, etc. de forma que se compruebe que este puede soportar las cargas sin producir fallo, ni por asentamiento ni por cortante.

La cimentación estándar para este tipo de viviendas es de hormigón armado, que podrá configurarse en forma de losas de hormigón armado o de vigas continuas de cimentación, atendiendo siempre a un reparto uniforme de las cargas sobre el terreno.

Estas vigas continuas o losas tienen la ventaja de aislar al inmueble de la humedad, proporcionando un efecto aislante, y además permiten un anclaje de la vivienda modular a la cimentación mucho más sencillo.

Una cimentación típica, y suficiente mecánicamente para el tipo de viviendas que aborda este trabajo, se puede construir del siguiente modo:

Primero se hará una capa de firme, normalmente una subbase de zahorra compactada de 15 cm de espesor, sobre la que se colocará una solera de hormigón en masa de unos 10 cm de espesor medio.

El material del que se compone la solera puede estar sujeto a cambios, pero una buena solución es ser usar hormigón en masa H-175, consistencia blanda y árido de 20 mm de diámetro máximo. Este irá armado con un mallazo electrosoldado de 20x20cm de cuadro y varillas de 4 cm de diámetro.

En la solera deberán colocarse elementos de anclaje para la vivienda prefabricada, por ejemplo, varillas de acero corrugado de 10 mm de diámetro embutidas en la solera y conectadas al mallazo. Se aceptarán soluciones alternativas siempre que puedan garantizar la solidez de la estructura.

Se recomienda también el uso de una tela asfáltica o un aislante que proteja la estructura principal de la humedad.

Por último, se deben tener en cuenta las conexiones futuras de electricidad, agua potable, aguas residuales, etc., por lo que se dejarán tubos y conductos suficientes en la solera.

4.4. CONSIDERACIONES FINALES

Una vez terminada la vivienda en el taller, esta se llevará hasta la parcela en la que se haya hecho la cimentación a través de camiones. Si es necesario por sus dimensiones la vivienda puede separarse en módulos.

En la parcela, y usando grúas, se unirá la vivienda a los anclajes previamente construidos en la cimentación, en un proceso de ensamblado y soldadura de unas pocas horas y con el que se puede dar por finalizado el proceso de construcción. Se puede ver una imagen de este proceso en la figura 14.



Figura 14. Grúa montando una vivienda modular. Fuente: Grupo Eurocasa.

La estructura principal viene con todos los acabados de fábrica, incluyendo las diversas acometidas y trabajos de pintura, por lo que las únicas dos cosas que debemos tener en cuenta son:

- Completar las conexiones al servicio público: si nuestra vivienda no es de tipo autosostenible, deberemos conectar nuestra casa al suministro público de agua y electricidad. Para ello se dejan todas las acometidas listas durante el proceso de fabricación, y una vez nos demos de alta, sólo necesitaremos contratar a un profesional cualificado que complete la conexión exterior.

- Finalizar los trámites: como se ha mencionado anteriormente hay una serie de tasas que deberemos pagar al ayuntamiento para poder registrar nuestra propiedad. En este punto ya no habrá contratiempos, y en cuanto se abonen estas nuestra casa será igual a cualquier vivienda tradicional desde un punto de vista legal.

CAPÍTULO 5. VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA OBRA DE PREFABRICACIÓN

5.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se hablará de la viabilidad económica del proyecto de casa prefabricada, y de las diferentes características a las que deberemos prestar atención, ya que repercutirán en el precio final de la obra.

Se iniciará dando una introducción a por qué el mercado inmobiliario invierte cada vez más en este tipo de viviendas, y el precio habitual de mercado de este tipo de casa.

Después se detallará el precio aproximado por metro cuadrado que cuesta una vivienda en función del material con el que lo construyamos, en base a precios del mercado actual.

Por último, se presentan alguno de los gastos no contemplados cuando se contrata una empresa para fabricar una vivienda y que deberá pagar el consumidor final.

5.2. OPORTUNIDADES DE MERCADO

Según los datos del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, en el año 2021 las preferencias de los compradores fueron casas con una superficie de 60 a 90 m² con un valor de menos de 150.000 euros.

Esto coincide con el perfil de las viviendas prefabricadas, que destacan por su alta capacidad de personalización, capacidad de ampliación modular, materiales sostenibles y velocidad de entrega.

Además, este tipo de casas rondan precios de 800 a 1.000 euros por metro cuadrado en España, muy inferior a los 2.000 euros a los que ha llegado el mercado de la vivienda convencional.

Es importante destacar que mucha de la gente que compra vivienda actualmente lo hace teniendo en cuenta su segunda residencia, o la posibilidad de retirarse a zonas alejadas de las grandes urbes. En esto también destaca este tipo de viviendas, ya que pueden instalarse muy fácilmente en casi cualquier terreno, y con el equipamiento adecuado puede llegar a ser autosuficiente.

5.3. PRECIOS POR MATERIAL

Los diferentes materiales que se pueden usar en la vivienda prefabricada, además de tener diferentes ventajas e inconvenientes, también tienen diferentes precios.

Estos se deberán tener en cuenta a largo plazo, ya que no solo se paga el metro cuadrado construido, también el mantenimiento necesario.

Así, los gastos son aproximadamente los siguientes:

- Hormigón: es el material más resistente de los propuestos, y también el que requerirá de menor mantenimiento. Unido a su solidez y durabilidad, es una opción muy buscada en España.

Dependiendo de las características del proyecto y del nivel de personalización, su precio está usualmente entre los 800 y 1.400 euros por metro cuadrado.

- Acero: es un material muy ligero y versátil, además de permitir una puesta en obra muy rápida gracias a la facilidad con la que se puede manejar. Se puede conseguir además un alto nivel de aislamiento térmico al aprovechar los espacios en la estructura.

Tiene un coste medio que ronda los 900 euros por metro cuadrado, aunque aumenta sustancialmente conforme se añadan acabados de mejor calidad.

- Madera: es la opción más barata, que además destaca por su ligereza y alto nivel de sostenibilidad. Es un material muy valorado por sus capacidades aislantes, aunque por contra necesita más cuidados que otros tipos de viviendas, relacionados especialmente con humedades y dilataciones.

El precio medio oscila entre los 300 y los 600 euros por metro cuadrado, aunque hay que remarcar que este material se usa sobre todo para construcciones estructuralmente sencillas.

5.4. GASTOS AÑADIDOS DE PUESTA EN OBRA

Una vez contratamos una empresa para que construyan una vivienda prefabricada, hay muchos gastos que habitualmente se incluyen, como el arquitecto, la cimentación, transporte, vivienda terminada, etc.

Sin embargo, y siguiendo el apartado de la legislación, hay varios gastos que se deben valorar para hacer un presupuesto exacto de cuánto va a costar la obra terminada:

- Registro de la propiedad: las escrituras de la nueva propiedad se tendrán que presentar en el Registro de la Propiedad del municipio en el que se haya finalizado la instalación. Este tiene un coste de entre 100 y 300 euros, en función del valor por el que se ha hecho escritura de la vivienda. Además, se pagarán impuestos de actos jurídicos documentados (descritos anteriormente), con un importe del 1% aproximado del valor escriturado.

- Licencias de obra: de las licencias de obra se tendrán que pagar una serie de tasas municipales sobre la construcción de la vivienda. Estas se abonan en el Ayuntamiento previo a la instalación, y tienen un valor de entre el 2,5% y el 4,5% del coste de ejecución material, variando por comunidad autónoma y municipio.

-Gastos notariales: para realizar las escrituras de la nueva propiedad se tiene que acudir a una notaría para certificar la escritura de obra nueva o de obra finalizada. Esto tiene un valor aproximado de entre 1.000 y 3.000 euros, acorde con el valor por el que se haya

hecho la escritura de la vivienda. Si además hay financiación (hipoteca) estas cantidades pueden llegar a doblarse.

-Contratación de servicios: en caso de que nuestra vivienda no sea autosostenible se deberán contratar una serie de servicios de suministros. Estos tienen un coste aproximado de 500 euros por acometida (agua y electricidad), a los que habrá que sumarle los costes de alta en cada compañía.

CAPÍTULO 6. OPTIMIZACIÓN DE UNA VIVIENDA PREFABRICADA

6.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se expondrán las diferentes características económicas y técnicas de la vivienda prefabricada real escogida y diseñada.

Para ello primero se definirá el plano de la vivienda, en cuanto a metros cuadrados y tipo de vivienda, así como sus elementos, escogidos según la teoría estudiada anteriormente, y con las características ya citadas.

Después se definirán los diferentes capítulos de obra que puede tener nuestro proyecto de vivienda, así como los precios estimados de cada uno de ellos. Estos serán orientativos, pero nos permitirán tener una mejor comprensión del presupuesto real del proyecto.

Seguidamente se detallará el precio de la parcela en la que teóricamente ubicaríamos la vivienda, y algunos de los factores que afectan al precio de esta.

Por último, se darán algunas propuestas de optimización aplicables al modelo de nuestra vivienda.

6.2. MODELO PRESENTADO

En este apartado se buscará proyectar una vivienda prefabricada adecuada desde el punto de vista del usuario.

Para ello nos valdremos de la información ya expuesta en este trabajo para decidir cuáles podrían ser los materiales y las estructuras más adecuadas.

Además, se usará la herramienta “Configurador” de la empresa Eurocasas, que nos permitirá modificar uno de sus diseños estándar para que se adapte a nuestros requerimientos.

Como base se ha escogido el modelo Mod/A, de la serie Mod de la empresa Grupo Eurocasa, con unas dimensiones de 12,40m x 4,50m (55,78m²).

En la figura 15 se puede observar un detalle 3D de la vivienda.



Figura 15. Modelo 3D de la vivienda. Fuente: Grupo Eurocasa.

Por un precio de 129.845 euros en Agosto de 2022 (90.669 euros más 10% IVA), se escoge el modelo Mod/A, con un salón- cocina, dos dormitorios y un baño.

Esta casa se escoge teniendo en consideración que se plantea la obra en una parcela del ayuntamiento de Valencia, por lo que habrá una cierta restricción en cuanto al espacio disponible (60 m² en un terreno cerca de la ciudad es razonable).

La estructura será fabricada en acero y hormigón. Como se ha estudiado antes este sistema aportará resistencia y flexibilidad suficiente. Será necesario un aislante que proteja la estructura interna de la corrosión existente al vivir cerca del mar, pero a pesar de ser multicapa se sigue considerando una opción económica. En general, se usará un sistema similar al Steel framing expuesto, es decir, acero galvanizado con una capa de aislante (lana de vidrio) y una capa antihumedad, con una capa añadida de hormigón.

La cubierta será invertida, con un diseño similar al ya expuesto, es decir, una capa de grava, aislamiento, membrana impermeable y hormigón.

Los cimientos se compondrán de: una solera sanitaria, una losa de hormigón armado, una lámina impermeable, un aislante y el saneamiento horizontal.

Los techos se aíslan con poliuretano y cámara de aire. Además, tendrá una manta anticondensación para evitar humedades.

La pared exterior se realizará en hormigón de revestimiento.

Se recomienda que las ventanas sean oscilobatientes, con cristales aislantes para una mayor eficiencia energética. De forma similar la puerta deberá ser de madera aislante de alta calidad.

6.3. CAPÍTULOS DE OBRA

Siguiendo el modelo de la vivienda prefabricada escogida se desglosarán los diferentes capítulos de obra que se deberán llevar a cabo, con las soluciones específicas adoptadas y el

precio aproximado de cada uno de ellos, calculado con un generador de precios de obra (CYPE Ingenieros, S.A.)

Estos trabajos son orientativos, pero resumen los básicos que necesitará nuestra vivienda prefabricada para considerarse acabada usando las soluciones propuestas en el apartado anterior.

Finalmente cabe destacar que este es el precio habitual, al tratarse de un tipo de vivienda estandarizado e industrializado los costes tienden a disminuir, especialmente conforme se adapte el taller a esta fabricación y se optimicen recursos. Así, aunque aquí se describan todos los elementos de creación de una vivienda tradicional, la mayoría se realizarán en fábrica.

- Trabajos previos:

Movimiento de tierras - Valor de las excavaciones entre 2 y 15 euros por metro cúbico, excavado por medios mecánicos.

Vallado de obra – 12,71 euros por metro de valla.

Suministro e instalación del equipo de suministro eléctrico provisional de obras.

- Cimientos:

Cimentación con losa de hormigón armado – 185,06 euros por metro cúbico.

Lámina impermeable de polietileno – 1,15 euros por metro cuadrado.

Solera sanitaria modular de polipropileno – 27,58 euros por metro cuadrado.

Aislamiento térmico bajo pavimento a base de poliestireno – 21,35 euros por metro cuadrado.

Saneamiento horizontal y registros – 77,62 euros por metro de acometida de saneamiento.

- Estructura:

Estructura a base de perfiles de acero galvanizado – 94,04 euros por metro cuadrado.

Estructura para cubierta – 84,84 euros por metro cuadrado.

Escaleras, barandillas, peldaños, etc. – 112,15 euros por metro cuadrado de losa de escalera.

- Fachada:

Fachada con sistema constructivo estructural – 2,11 euros por kg de acero en vigas.

Aislamiento acústico y térmico a base de lana mineral – 5,30 euros por metro cuadrado.

Cerramiento de fachada con panel estructural hidrófugo – 20,87 euros por metro cuadrado.

Fachada de mortero sintético – 19,07 euros por metro cuadrado.

Acabado de fachada con paneles de cemento reforzado – 121,12 euros por metro cuadrado.

- Cubiertas:

Acabado de cubierta no transitable, con aislamiento térmico e impermeabilización – 59,17 euros por metro cuadrado.

- Carpinterías exteriores:

Carpinterías de aluminio – 360,77 euros por unidad de carpintería.

Acrisolamiento aislante – 40,93 euros por metro cuadrado.

Persianas de aluminio con aislamiento térmico – 69,51 euros por metro cuadrado.

- Carpinterías interiores:

Puerta de acceso a la vivienda – 949,38 euros por puerta exterior reforzada.

Carpintería puertas interiores – 184,60 euros por puerta interior de madera.

- Cocina:

Muebles de cocina de madera – 1.053,96 euros por mobiliario completo de cocina.

Encimera de cocina de piedra natural – 594,64 euros por unidad de encimera.

Fregadero – 195,57 euros por unidad de fregadero.

- Baños:

Lavabo y pie de ducha – 452,86 euros lavabo y pie de ducha.

- Acabados interiores:

Pavimento gres – 20,04 euros por metro cuadrado.

Techos de placas de yeso laminado – 23,31 euros por metro cuadrado.

Pintura – 5,20 euros por metro cuadrado.

- Instalaciones:

Agua – 430,97 euros por instalación de un cuarto húmedo.

Electricidad – 2.500,17 euros por instalación eléctrica completa.

Telefonía – 400,26 euros por unidad de recinto de instalaciones de telecomunicaciones inferior.

Climatización – 15.684,15 euros por instalación de calefacción, ACS y aerotermia.

Domótica – 258,14 euros por unidad de sistema centralizado de control.

6.4. PRECIO DEL TERRENO

Según datos del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, en el primer trimestre del año 2022 el precio medio del suelo urbano en España fue de 162,4 euros/m².

El precio medio del suelo en la provincia de Valencia (Comunidad Valenciana), donde se tiene previsto llevar a cabo la obra es de 168,3 euros/m² en el primer trimestre del año 2022.

La vivienda proyectada tiene una superficie construida de 55,78 m² (12,40m x 4,50m), y se necesitará un 20% de terreno extra para garantizar el confort del usuario en esta obra una vez finalizada, lo que nos indica que necesitaremos 67 m² aproximadamente.

Al precio del suelo urbano en la provincia de Valencia, nos da un valor aproximado de 11.275 euros.

Se deben de tener en cuenta dos puntos:

- El precio tiene una variación interanual del 17,8% (2021 a 2022), movimiento motivado por la reciente crisis del 2020, por lo que se espera que baje el precio, o al menos decelere su subida, en un futuro próximo.

- Este es el precio medio del suelo urbano, que baja conforme vayamos a zonas más rústicas o menos pobladas, lo que encaja con el perfil de clientes que buscan una casa prefabricada de estas características como su segunda residencia. Así que podemos esperar un precio final menor.

6.5. PROPUESTAS DE OPTIMIZACIÓN

- Se deberá diseñar la ventilación y la forma de las ventanas de forma que se produzca una regulación natural de la temperatura, con aberturas en la parte inferior de la casa, por donde entrará aire frío, y en la parte superior, por donde saldrá el aire caliente. Es importante que estas se puedan cerrar para evitar pérdidas cuando el ambiente exterior tenga un gradiente de temperatura demasiado fuerte.

- Se minimizará el uso energético de la red pública instalando fuentes renovables de energía. Con el uso de paneles solares o fuentes eólicas se puede conseguir una autonomía casi total, sólo siendo necesario conectarse a la red en momentos puntuales de mucho consumo.

- Se pondrán aislamientos de gran espesor para disminuir al máximo las pérdidas de calor. De esta forma se reducirán el consumo de energía al mínimo, sobre todo en meses de mucho calor o mucho frío. Así mismo, estos aislamientos podrán proteger la estructura de climas adversos y corrosiones, aumentando la vida útil de la vivienda y disminuyendo su costo de mantenimiento.

- Se deben eliminar los puentes térmicos para disminuir las pérdidas de calor y evitar problemas asociados a la condensación. Esto se realizará instalando ventanas y puertas que garanticen la estanqueidad, además de ser altamente aislantes térmicamente. Una buena opción podría ser madera laminada de alta calidad.

- Mayor estanqueidad del aire, ya que los orificios en la envolvente del edificio causan problemas, tanto energéticos relacionados con pérdidas de calor o frío, como de condensaciones en la construcción. Esto se complementa con un sistema de ventilación con recuperador de energía, de forma que se asegure la calidad del aire al extraer el aire viciado de las estancias húmedas y aportando aire nuevo filtrado a las estancias secas, a la vez que se incrementa la eficiencia.

- Se podrán instalar bombas aerotérmicas, que extraerán energía del medio ambiente exterior y lo convertirán en calor o frío. Esta es una tecnología con rendimientos de hasta el 400%, que genera un importante ahorro económico y no precisa de caldera. Se puede usar además para calentar agua sanitaria.

CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA

- Hauss. Ejemplo Vivienda Hauss Alpha (s.f).
<https://haussmodular.es/projects/vivienda-hauss-alpha/>
- Hauss. Ejemplo fases de construcción y sistema constructivo (s.f).
<https://haussmodular.es/sistema-hauss/>
- Miguel A. Perez (20 de Octubre de 2020). Así es la cimentación de una vivienda modular prefabricada. <https://www.mangelperez.com/2020/10/cimentacion-vivienda-modular.html>
- Autopromotores. Requisitos para construir en España. Trámites y licencias. (s.f.)
<https://www.autopromotores.com/tramites-y-licencias/>
- Manuj, A. (s.f.). Cubierta invertida transitable – Aislamiento térmico natural para terrazas. <https://reformacoruna.com/cubierta-invertida-transitable/>
- González, P. (10 de Febrero de 2021). La importancia de materiales derivados del hormigón en nuestras casas prefabricadas.
<https://casasprefabricadascofitor.com/blog/1/La-importancia-de-materiales-derivados-del-hormigon-en-nuestras-casas-prefabricadas/17>
- Hormitech. Ejemplo sistemas constructivos de hormigón (s.f.)
<https://hormitech.es/sistema/>
- House Habitat. Características y técnicas de casas pasivas (s.f.).
<https://www.househabitat.es/casa-pasiva/>
- Inarquía. Estructuras para construcción industrializada (s.f.)
<https://inarquia.es/estructuras-construccion-industrializada/>
- Inarquía. Estructuras de acero Steel Frame para construcción Industrializada (s.f.)
<https://inarquia.es/estructuras-acero-steel-frame-construccion-industrializada/>
- Tekdom. Proceso constructivo de las casas modulares de acero (s.f.)
<https://www.tekdom.es/es/casas-acero-modulares-proceso-constructivo>
- Casas prefabricadas Mobi. ¿Cómo escoger un terreno para construir una casa prefabricada? (s.f.) <https://www.casasprefabricadas.mobi/como-escoger-un-terreno-para-construir-una-casa-prefabricada/>
- Karmod. Casas Steel Frame | Con Estructura De Acero Galvanizado. (s.f)
<https://karmod.com/es/productos/casas-steel-frame>
- García Barbero, M. (7 de Agosto de 2014) Aplicación de un sistema prefabricado con entramado de madera para Edificios de Energía Casi Nula • CONSTRUIBLE.

Construible. <https://www.construible.es/comunicaciones/aplicacion-sistema-prefabricado-entramado-madera-para-edificios-energia-casi-nula>

- Arquitecturasteel. Que es steel framing? – Arquitectura Steel. (s.f.) <https://www.arquitecturasteel.com.ar/portfolio/que-es-steel-framing/>
- Maderas Casais. Entramado Ligero | Madera estructural | Maderas Casais | Materiales de Carpintería en A Coruña - Galicia. (s.f.) <https://www.maderascasais.com/madera-estructural/entramado-ligero>
- Ministerio de Fomento. Boletín estadístico online - Información estadística - Apps. <https://apps.fomento.gob.es/BoletinOnline2/?nivel=2&orden=34000000>
- Configurador Eurocasa | Tu casa donde tu quieras. Configurador. (s.f.) <https://configurador.eurocasas.com/?toolbar=opened>
- Consultancy. Prefabricated housing market in Central and Northern Europe on the rise. (28 de Marzo de 2021) <https://www.consultancy.eu/news/639/prefabricated-housing-market-in-central-and-northern-europe-on-the-rise>

PRESUPUESTO

PRESUPUESTO

1. NECESIDAD DEL PRESUPUESTO

El presente TFG tiene un objetivo doble, primero analizar las técnicas y sistemas disponibles, dando la oportunidad al lector de escoger la que mejor se adapte a su vivienda, y segundo calcular el precio de la obra física de una vivienda.

Así, se asumirá una labor de consultoría por cada capítulo investigado en el proyecto.

La dedicación en horas tendrá un valor mínimo de 300 horas, que corresponden a los 12 ETCS invertidos en la creación del TFG.

Se debe tener en cuenta:

- De ahora en adelante se usará el término MOIJI para sustituir “Mano de obra ingeniero industrial junior”. Se usará MOT como “Mano de obra tutor”.

- Se tendrá en cuenta un porcentaje de Beneficio Industrial del 6% del presupuesto de ejecución material, al asumirse que una empresa privada o persona física serán los que utilizarán este proyecto.

- Se valorará un porcentaje de Gastos Generales igual al 15% del Presupuesto de Ejecución Material. Este calculará los gastos relacionados con electricidad, telecomunicaciones, consumibles de oficina, etc.

- Se añadirá un porcentaje de Costes Directos Complementarios igual al 1%.

2. PRECIOS POR CAPÍTULO

En este apartado se resumen los precios y gastos derivados de cada capítulo:

Número	Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Análisis inicial del proyecto						
1.1 01.01		Ud	Reunión inicial entre promotor y ejecutor para decidir el alcance del proyecto.			
	MOIJ	h	Ingeniero Industrial Junior	3.00	25.00	75.00
	CDC	%	Costes Directos Complementarios	1.00	75.00	0.75
			Precio total:	75.75		
1.2 01.02		Ud	Reunión para determinar la estructura y tareas que compondrán el desarrollo del proyecto.			
	MOIJ	h	Ingeniero Industrial Junior	3.00	25.00	75.00
	CDC	%	Costes Directos Complementarios	1.00	75.00	0.75
			Precio total:	75.75		
1.3 01.03		Ud	Estudio y presentación de objetivos a cumplir y de información necesaria para com			
	MOIJ	h	Ingeniero Industrial Junior	4.00	25.00	100.00
	CDC	%	Costes Directos Complementarios	1.00	100.00	1.00
			Precio total:	101.00		

Número	Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
2 Caracterización de la tecnología en el ámbito histórico y legal						
2.1 02.01		Ud	Estudio de las puntos históricos que explican el desarrollo actual.			
	MOIJ	h	Ingeniero Industrial Junior	3.00	25.00	75.00
	CDC	%	Costes Directos Complementarios	1.00	75.00	0.75
			Precio total:	75.75		
2.2 02.02		Ud	Análisis de las diferentes tendencias en el mercado global y local.			
	MOIJ	h	Ingeniero Industrial Junior	12.00	25.00	300.00
	CDC	%	Costes Directos Complementarios	1.00	300.00	3.00
			Precio total:	303.00		
2.3 02.03		Ud	Búsqueda de información comparativa y ventajas de la tecnología frente a las opciones ya disponibles.			
	MOIJ	h	Ingeniero Industrial Junior	11.00	25.00	275.00
	CDC	%	Costes Directos Complementarios	1.00	275.00	2.75
			Precio total:	277.75		
2.4 02.04		Ud	Investigación del marco legal necesario para la construcción e instalación de las viviendas prefabricadas.			
	MOIJ	h	Ingeniero Industrial Junior	20.00	25.00	500.00
	CDC	%	Costes Directos Complementarios	1.00	500.00	5.00
			Precio total:	505.00		

Número	Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
3 Análisis de la tecnología disponible actualmente						
3.1 03.01		Ud	Búsqueda de información relacionada con los tipos comunes de estructuras prefabricadas y sus ventajas individuales			
	MOIJJ	h	Ingeniero Industrial Junior	20.00	25.00	500.00
	CDC	%	Costes Directos Complementarios	1.00	500.00	5.00
			Precio total:	505.00		
3.2 03.02		Ud	Investigación de las características relevantes de cada tipo de vivienda prefabricada, en función del material			
	MOIJJ	h	Ingeniero Industrial Junior	24.00	25.00	600.00
	CDC	%	Costes Directos Complementarios	1.00	600.00	6.00
			Precio total:	606.00		
3.3 03.03		Ud	Análisis y presentación de los diferentes procesos de la fabricación en taller.			
	MOIJJ	h	Ingeniero Industrial Junior	18.00	25.00	450.00
	CDC	%	Costes Directos Complementarios	1.00	450.00	4.50
			Precio total:	454.50		

Número	Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
4 Presentación de los procesos en obra						
4.1 04.01		Ud	Búsqueda de información relevante para escoger una parcela adecuada.			
	MOIJJ	h	Ingeniero Industrial Junior	12.00	25.00	300.00
	CDC	%	Costes Directos Complementarios	1.00	300.00	3.00
			Precio total:	303.00		
4.2 04.02		Ud	Análisis de las cimentaciones necesarias para llevar a cabo el proyecto físico			
	MOIJJ	h	Ingeniero Industrial Junior	14.00	25.00	350.00
	CDC	%	Costes Directos Complementarios	1.00	350.00	3.50
			Precio total:	353.50		
4.3 04.03		Ud	Estudio de las consideraciones finales para poder dar por finalizada la obra.			
	MOIJJ	h	Ingeniero Industrial Junior	9.00	25.00	225.00
	CDC	%	Costes Directos Complementarios	1.00	225.00	2.25
			Precio total:	227.25		

Número	Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
5 Investigación de los gastos asociados a la finalización de la vivienda						
5.1 05.01		Ud	Búsqueda de las diferentes oportunidades de mercado presentes actualmente.			
	MOIJJ	h	Ingeniero Industrial Junior	10.00	25.00	250.00
	CDC	%	Costes Directos Complementarios	1.00	250.00	2.50
			Precio total:	252.50		
5.2 05.02		Ud	Análisis de los diferentes precios por material que se pueden encontrar en el mercado.			
	MOIJJ	h	Ingeniero Industrial Junior	17.00	25.00	425.00
	CDC	%	Costes Directos Complementarios	1.00	425.00	4.25
			Precio total:	429.25		
5.3 05.03		Ud	Investigación de los gastos de puesta en obra de la vivienda prefabricada.			
	MOIJJ	h	Ingeniero Industrial Junior	14.00	25.00	350.00
	CDC	%	Costes Directos Complementarios	1.00	350.00	3.50
			Precio total:	353.50		

Número	Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
6 Ejemplificación práctica de una vivienda prefabricada						
6.1 06.01		Ud	Investigación del modelo óptimo para ejemplificar el trabajo			
	MOIJJ	h	Ingeniero Industrial Junior	15.00	25.00	375.00
	CDC	%	Costes Directos Complementarios	1.00	375.00	3.75
			Precio total:	378.75		
6.2 06.02		Ud	Resumen de los diferentes capítulos de obra que podemos encontrar			
	MOIJJ	h	Ingeniero Industrial Junior	23.00	25.00	575.00
	CDC	%	Costes Directos Complementarios	1.00	575.00	5.75
			Precio total:	580.75		
6.3 06.03		Ud	Investigación de los diferentes precios de mercado asociados al terreno.			
	MOIJJ	h	Ingeniero Industrial Junior	13.00	25.00	325.00
	CDC	%	Costes Directos Complementarios	1.00	325.00	3.25
			Precio total:	328.25		

Estudio de las técnicas y aplicación de la fabricación de viviendas prefabricadas modulares.

Resumen del presupuesto total del proyecto.

Capítulo	Importe:
1. Análisis inicial del proyecto	252.50
2. Caracterización de la tecnología en el ámbito histórico y legal	1161.50
3. Análisis de la tecnología disponible actualmente	1565.50
4. Presentación de los procesos en obra	883.75
5. Investigación de los gastos asociados a la finalización de la vivienda	1035.25
6. Ejemplificación práctica de una vivienda prefabricada	1287.75
Presupuesto de ejecución material	6186.25
6% Beneficio Industrial	371.18
15% Gastos Generales	927.94
Total sin IVA	7485.36
IVA (21%)	1571.93
Presupuesto de ejecución por contrata	9057.29

Ascendiendo el total del presupuesto de ejecución por contrata a la cantidad de NUEVE MIL CINCUENTA Y SIETE EUROS CON VEINTINUEVE CÉNTIMOS.

Ingeniero Luis Felipe Avilés Vélez.

Valencia, Agosto 2022.