GUÍA DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA SOSTENIBLE DEL PAÍS VASCO



EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO

ihobe
ingurumen hobekuntza
mejora ambiental

Sprilur

visesa

Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitatea

© Ihobe, diciembre 2021

EDITA

Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental
Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente
Gobierno Vasco
Alda. de Urquijo 36 – 6ª planta
48011 Bilbao
info@ihobe.eus
www.ihobe.eus

CONTENIDO

Este documento ha sido elaborado por Ihobe con la colaboración de la empresa Oneka Arquitectura, de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de San Sebastián (ETSASS) y la Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao de la Universidad del País Vasco, así como de las sociedades públicas VISESA y SPRILUR del Gobierno Vasco.

ÍNDICE

01 PRÓLOGO 3

–1– INTRODUCCIÓN A LA GUÍA Y USO DE LA HERRAMIENTA 7

02 HISTORIA Y CONTEXTO EN EUSKADI 11

–1– CONTEXTO DE LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA 12
1.1 BREVE RECORRIDO HISTÓRICO 12
1.2 CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL 13
1.3 CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA EN ESPAÑA 15
1.4 CONTEXTO DE LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA EN EUSKADI 17
1.4.1 CONCLUSIONES DE LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA EN EUSKADI 19

03 ESTUDIO ECONÓMICO Y DE INNOVACIÓN EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN 21

–1– ESTUDIO ECONÓMICO E INNOVACIÓN EN EL CONTEXTO INTERNACIONAL 22

–2– ESTUDIO ECONÓMICO E INNOVACIÓN EN EL CONTEXTO ESTATAL 31
2.1 SEGMENTACIÓN DEL MERCADO NACIONAL DE LA EDIFICACIÓN INDUSTRIALIZADA RESIDENCIAL EN ACERO 33

–3– CONTEXTO DE LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA EN Euskadi 35
3.1 GASTO EN I+D EN RELACIÓN CON EL PIB 35
3.2 GASTO EN INNOVACIÓN POR SECTORES DE ACTIVIDAD EN EL PAÍS VASCO 36

04 SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA 39

–1– CONCEPTOS BÁSICOS DE LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA 40
1.1 CONCEPTO DE INDUSTRIALIZACIÓN 40

–2– SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA Y GRADOS DE PREFABRICACIÓN 43
2.1 ELEMENTOS LINEALES O UNIDIMENSIONALES 43
2.1.1 EN BASE A MADERA. PILARES Y VIGAS DE MADERA 43
2.1.2 EN BASE ACERO. PERFILES DE ACERO LAMINADOS EN CALIENTE 46
2.1.3 EN BASE A HORMIGÓN. PILARES Y VIGAS DE HORMIGÓN PREFABRICADO 48
2.1.4 TABLA COMPARATIVA DE LAS CAPACIDADES ESTRUCTURALES DE CADA MATERIAL 50
2.2 PANELES O COMPONENTES BIDIMENSIONALES 50
2.2.1 PANELES INDUSTRIALIZADOS EN BASE A MADERA 51
2.2.2 PANELES INDUSTRIALIZADOS EN BASE A ACERO (LIGHT STEEL FRAMING) 53
2.2.3 PANELES INDUSTRIALIZADOS EN BASE A HORMIGÓN 58
2.3 MÓDULOS TRIDIMENSIONALES 60
2.3.1 MÓDULOS CERRADOS 60
2.3.2 MÓDULOS ABIERTOS 64
2.3.3 MÓDULOS ESPECIALES 67
2.4 EDIFICIOS MIXTOS O HÍBRIDOS 67
2.5 EDIFICIOS IMPRESOS EN 3D Y CONSTRUIDOS POR ROBOTS 69
2.5.1 EDIFICIOS POR IMPRESIÓN EN 3D 69
2.5.2 EDIFICIOS CONSTRUIDOS POR ROBOTS 69

05 PRESENTACIÓN DE APARTADOS Y FICHAS 71

–1– INTRODUCCIÓN A LA HERRAMIENTA DE LA GUÍA 72

–2– DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES 74

–3– DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS INDUSTRIALIZADOS 75
3.2. ENTRAMADO DE MADERA (WOOD FRAMING) 77
3.3. ACERO ESTRUCTURAL 80
3.4. LIGHT STEEL FRAMING 82
3.5. HORMIGÓN PREFABRICADO 85

–4– USO DE LA HERRAMIENTA 87

–5– CÁLCULO DE PUNTUACIONES 90

06 FICHAS 93

A.1. USOS DEL EDIFICIO 94

A.2. PROYECTO DE REFORMA 122

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN 131

A.4. FUTURAS REFORMAS 154

A.5. TIEMPO 162

A.6. MEDIO AMBIENTE 178

A.7. CONDICIONES EN OBRA 210

A.8. COMPONENTES DEL SISTEMA 238

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA 254

A.10. COMPORTAMIENTO MECÁNICO 286

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO 302

A.12. NORMATIVA 342

A.13. COSTO ECONÓMICO 346

A.14. COMPONENTES DEL EDIFICIO 366

07 CASOS PRÁCTICOS 402

–1– MADERA CONTRALAMINADA 403

1.1 ELEMENTOS LINEALES 403

1.2 PANELES 405

1.3 MÓDULOS 409

–2– ENTRAMADO DE MADERA (WOOD FRAMING) 412

2.1 ELEMENTOS LINEALES 412

2.2 PANELES 415

2.3 MÓDULOS 418

–3– ACERO ESTRUCTURAL 419

3.1 ELEMENTOS LINEALES 419

3.2 PANELES 426

3.3 MÓDULOS 427

–4– LIGHT STEEL FRAMING 428

4.1 ELEMENTOS LINEALES 428

4.2 PANELES 430

4.3 MÓDULOS 432

4.4 MIXTO 435

–5– HORMIGÓN PREFABRICADO 436

5.1 ELEMENTOS LINEALES 436

5.2 PANELES 437

5.3 MÓDULOS 439

5.4 MIXTO 443

5.5 ESTRUCTURA PREFABRICADA 444

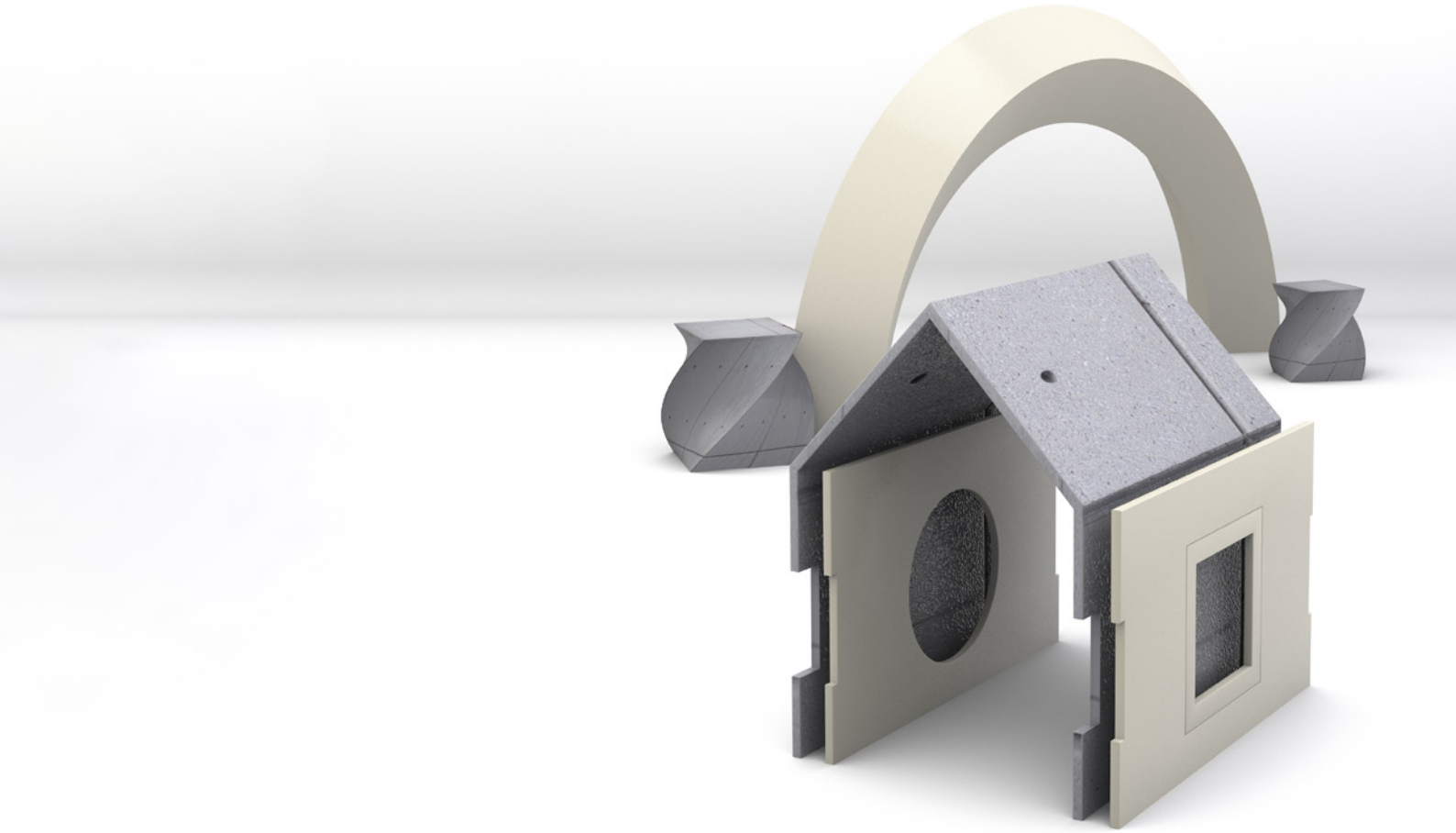
08 CONCLUSIONES 446

8.1 MAYOR PROTAGONISMO DE LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA 447

8.2 CREAR UN ENTORNO REFERENTE EN CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA 448

8.3 APUESTA POR LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA EN MADERA 450

1 PRÓLOGO



Con el siglo XXI ya bien entrado, el paisanaje constructivo mayoritario que la cadena de valor de la construcción genera y que el público recibe, contempla y usa es muy parecido al que protagonizó el siglo XX.

Aquel que desembocó en prácticamente un único sistema fuertemente optimizado pero preponderante en grado sumo: el conformado por **la estructura de hormigón de forjados planos (reticular o de vigas planas con viguetas y bovedillas) y cerramientos cerámicos.**

Más del 90% de los edificios de viviendas que se han construido en las últimas décadas responden a esta tipología. Tanto es así que la gran mayoría de la información de la que actualmente se tiene sobre rendimientos y costes de ejecución de obras se refiere casi exclusivamente a la experiencia en ese sistema. De hecho en nuestro entorno una muy pequeña proporción de los agentes implicados se plantean edificios de viviendas fuera de ese estereotipo.

Esa pauta se aligera levemente si se consideran edificios de tipología industrial o de servicios.

A pesar de esa inercia filosófica, formal y funcional del sector, por fin una revolución en todo su proceso, desde el diseño hasta el fin de vida está ya teniendo lugar. Esa revolución se llama construcción industrializada sostenible,

ahora ya madura, libre de encorsetamientos estilísticos, sustentada por una frenética evolución en los materiales y vehiculada por el milagro de la digitalización.

Así pues, la presente guía de construcción industrializada sostenible y su herramienta de cálculo asociada, se ha desarrollado con el principal objetivo de ayudar a tomar la decisión sobre la conveniencia de incorporar a un proyecto de arquitectura soluciones industrializadas.

Entendemos que es posible conseguir que esa decisión no se base en la intuición y/o convencimiento de los diseñadores y redactores de los proyectos, o de la "visión" de promotores con deseos innovadores. La guía pretende sistematizar y objetivizar la decisión de una manera imparcial.

Esa objetivización se logra a través de una herramienta que aporta unas valoraciones concretas para cada sistema constructivo propuesto, la que resulte clave para determinar el tipo de construcción adoptado. De esta manera, se van planteando diferentes preguntas que el proyectista o promotor debe ir respondiendo para obtener como resultado final una medida de cuáles son los sistemas industrializados o no que más se ajustan a una tipología concreta del edificio.

El uso de la guía debiera implicar el impulso de esta forma de hacer que no termina de expandirse, aplicándose sólo de forma residual a proyectos específicos como pueden ser los pabellones industriales, sistemas concretos las particiones de cartón yeso, o a proyectos piloto/proyectos innovadores promovidos por la administración pública. (Claros ejemplos de ello han sido las promociones de VISESA de edificación industrializada en Salburua y Zabalgana de Vitoria-Gasteiz o más recientemente en Hondarribia). El diferencial de implantación con nuestros vecinos europeos, especialmente con los países escandinavos, es muy importante.

Seguramente la principal razón de este hecho sea el **aspecto económico,** resumido en los costes directos de los sistemas construidos. Los sistemas industrializados no consiguen en muchos casos alcanzar valores competitivos con respecto a los sistemas convencionales. No obstante hay sistemas industrializados, especialmente los de entramado ligero de madera o acero, que sí consiguen ese vital objetivo con respecto a la construcción convencional.



Es decir, si consideramos todo el ciclo de costes del edificio desde el proyecto hasta su fin de vida y asumiendo esas externalidades entonces las cosas cambian. Es obvio que esa concepción no está implantada en el mercado debido a la dialéctica actual entre promoción y uso del edificio. Este escenario sin duda va a cambiar en los próximos años por el giro estratégico global propiciado desde la Unión Europea a través del New Green Deal y de la Nueva Estrategia Europea de Economía Circular recientemente presentados. Impulso secundado en Euskadi por la Estrategia homónima en este ámbito territorial.

En el transcurso de la guía se ilustran las ventajas principales de la construcción industrializada sostenible:

- Una reducción de más del 70% del tiempo necesario para la construcción.
- Hacer posible la filosofía "*cradle to cradle*" con cierre total de ciclos de materiales en el proceso.
- Facilitar la incorporación de la eficiencia energética con mejoras de más del 85%.
- Alarga la vida útil del edificio a través de diseño para uso flexible que minimiza la necesidad de rehabilitaciones.
- Eliminación de incidencias y modificados en la fase de obra por el exhaustivo control de calidad.
- Eliminar los desajustes presupuestarios entre el proyecto y la consecución de la obra.
- Minimización de onerosos contenciosos a posteriori por las no conformidades.
- La práctica eliminación de los accidentes en las obras.
- Una reducción del 90% en la generación de residuos respecto a la construcción tradicional, y la posibilidad de sistematizar y garantizar la reutilización de materiales y componentes.

El factor tiempo es el que hasta ahora ha sido determinante en muchos de los proyectos de construcción industrializada sostenible que se han llevado a cabo. Un ejemplo son los relacionados con centros educativos en los que las obras deben ceñirse a periodos vacacionales

Es obvio que para Ihobe el último factor enumerado es una de las claves para impulsar este trabajo, en tanto en cuanto la construcción industrializada sostenible es la única manera de conseguir impulsar en este sector el capítulo de la prevención, el más preciado dentro de la pirámide de gestión de residuos que acaba en el vertido. Simplemente no nos podemos permitir que por cada metro cuadrado de edificio se usen 6 toneladas de material y se generen 0,8 toneladas de residuo. Esto se relaciona directamente con un aumento importante de la competitividad económica del edificio construido industrializadamente respecto del tradicional. Esta guía culmina las tipologías de manuales que se han venido realizando relacionados con los residuos de construcción y demolición desde Viceconsejería de Sostenibilidad Ambiental de Gobierno Vasco e Ihobe.

Se detectan factores en el entorno del sector de la construcción que están facilitando el cambio:

- La acelerada introducción de los **sistemas BIM** en la construcción permite definir con mayor precisión los edificios y aumentar los controles en los procesos de obra. Es claramente un aspecto en el que se posiciona mucho mejor la construcción industrializada sostenible frente a la construcción in situ.
- Destaca también la apuesta por la **Industria 4.0** que se está realizando desde el Gobierno Vasco, traducida aquí en la **Construcción 4.0** a protagonizar sin duda por la construcción industrializada sostenible, o incluso robotizada. Y es que es preciso cambiar la percepción y perspectiva de la construcción en su relación con la innovación. El edificio se ha convertido en una de las principales fuentes y escenarios de la innovación.
- La **huella ambiental de la edificación** que está siendo definida desde la Unión Europea, será un factor clave. Esta metodología sistematizará la evaluación y comparación de los impactos ambientales de los edificios en todo su ciclo de vida, relacionables con los costes ambientales y sociales. Parece probable que de manera similar a como ha sucedido con el aspecto de la eficiencia energética de los

edificios, (promotoras público y privadas se marcan como objetivo construir edificios con calificación energética A), en unos años veremos cómo se persigue que los edificios tengan una huella ambiental reducida, valor que premiará el mercado..

En definitiva se generarán nuevas Directivas y Reglamentos desde Europa en el que se vaya limitando el **coste ambiental** que tienen los edificios, considerando todo el ciclo de vida del edificio en el coste inicial, de manera similar a como se actúa actualmente con muchos productos industriales integrando la responsabilidad ampliada del productor.

En ese marco, determinante, los edificios industrializados se verán favorecidos pues su huella ambiental es, reiteramos, muy inferior, y conseguirán previsiblemente el protagonismo que les corresponde, pues eficiencia ambiental correctamente considerada equivale a competitividad.



–1– INTRODUCCIÓN A LA GUÍA Y USO DE LA HERRAMIENTA

Tal y como se ha señalado, la presente **guía de construcción industrializada sostenible** pretende contribuir a la toma de decisiones de cualquier proyecto de edificación, para ayudar a valorar y a determinar si se debe optar por una construcción industrializada sostenible o por una convencional.

La guía realiza un breve recorrido histórico de la construcción industrializada y establece algunas claves relacionadas con el futuro e innovación de la misma para pasar a centrarse en la herramienta para la toma de decisión, formada por un conjunto de fichas organizadas en distintos apartados. La guía incluye además algunos casos prácticos y establece unas conclusiones del trabajo realizado.

El contenido más relevante y práctico de la guía es la herramienta que se ha desarrollado basada en una serie de fichas, que permiten recoger las características del proyecto para conocer la conveniencia o no de plantear un proyecto de construcción industrializada sostenible y de qué tipo. La herramienta está dirigida a cualquier agente relacionado con la construcción, como promotores públicos o privados, a equipos técnicos, como arquitectos, arquitectos técnicos o ingenieros, a constructoras públicas o privadas, fabricantes de productos o sistemas de construcción, etc. En definitiva, está dirigida a cualquier agente de la construcción dentro de la cadena de valor de la construcción de un edificio.

Las fichas se organizan en 14 apartados que tratan aspectos que definen el proyecto a evaluar:

¿Cuál su uso?	APARTADO 1. USOS DEL EDIFICIO
¿Es un proyecto de reforma?	APARTADO 2. PROYECTO DE REFORMA
¿Tiene forma poco habitual? ¿Grandes luces? ¿Grandes alturas? ¿Requiere de poco peso?	APARTADO 3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN
¿Existe la intención de futuras reformas?	APARTADO 4. FUTURAS REFORMAS
¿De qué tiempo se dispone?	APARTADO 5. TIEMPO
¿Le interesa el medio ambiente? ¿Le interesa que sea reutilizable?	APARTADO 6. MEDIO AMBIENTE
¿Dónde se ubica?¿Es de fácil acceso? ¿Hay espacio suficiente?	APARTADO 7. CONDICIONES DE OBRA
¿Le interesa usar pocos materiales?	APARTADO 8. COMPONENTES DEL SISTEMA
¿Le interesan las condiciones de trabajo?	APARTADO 9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA
¿Le interesa el comportamiento mecánico?	APARTADO 10. COMPORTAMIENTO MECÁNICO
¿Existe posibilidad de seísmo, incendio, explosiones, ruido severo o humedad?	APARTADO 11. COMPORTAMIENTO EN EL USO
¿Dudas con la normativa?	APARTADO 12. NORMATIVA
¿Le interesa el costo?	APARTADO 13. COSTO ECONÓMICO
¿De que elementos consiste su edificio?	APARTADO 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO

Cada uno de los apartados está compuesto por diferentes fichas que abordan aspectos concretos:



¿Cuál su uso?

APARTADO 1. USOS DEL EDIFICO

F1. Vivienda unifamiliar, pareada, adosada
F2. Residencial colectivo en bloque
F3. Docente y administrativo
F4. Comercial, pública concurrencia, hospitalario
F5. Aparcamiento
F6. Industrial
F.7 Obra civil



¿Es un proyecto de reforma?

APARTADO 2. PROYECTO DE REFORMA

F1. Reforma de edificios existentes
F2. Ampliación de edificios existentes



¿Tiene forma poco habitual? ¿Grandes luces? ¿Grandes alturas? ¿Requiere de poco peso?

APARTADO 3. DISEÑO/FORMA/ VOLUMEN

F1. Flexibilidad en la geometría
F2. Luces
F3. Alturas
F4. Huecos
F5. Acabados
F6. Peso del sistema



¿Existe la intención de futuras reformas?

APARTADO 4. FUTURAS REFORMAS

F1. Transformabilidad
F2. Ampliabilidad

¿De qué tiempo se dispone?

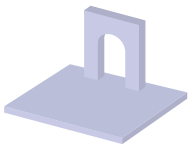
APARTADO 5. TIEMPO

F1. Tiempo diseño-fabricación
F2. Tiempo de construcción
F3. Tiempo fin de vida
F4. Control en plazos de ejecución

¿Le interesa el medio ambiente? ¿Le interesa que sea reutilizable?

APARTADO 6. MEDIO AMBIENTE

F1. Consumo energético
F2. Calentamiento global
F3. Impacto del transporte
F4. Residuos fin de vida
F5. Reciclabilidad
F6. Materia prima
F7. Reutilización (obra seca)
F8. Gestión de residuos en obra



¿Dónde se ubica? ¿Es de fácil acceso? ¿Hay espacio suficiente?

APARTADO 7. CONDICIONES DE OBRA

F1. Forma de la parcela
F2. Ubicación del solar
F3. Dimensiones de los elementos y transporte a la obra
F4. Maquinaria en obra
F5. Número de elementos en obra
F6. Espacio libre necesario en obra
F7. Afección a los vecinos

¿Le interesa usar pocos materiales?

APARTADO 8. COMPONENTES DEL SISTEMA

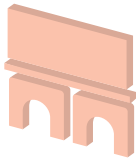
F1. Aplicación del sistema al mercado actual
F2. Fusión entre estructura/ cerramiento
F3. Autonomía del sistema constructivo
F4. Combinación con otros materiales



¿Le interesan las condiciones de trabajo?

APARTADO 9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA

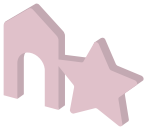
F1. Técnicos cualificados
F2. Condiciones climáticas
F3. Accidentabilidad en obra
F4. Calidad de ejecución/ mantenimiento
F5. Correcciones en obra
F6. Cantidad de gremios en obra
F7. Puesta en obra de piezas y materiales
F8. Integración de instalaciones



¿Le interesa el comportamiento mecánico?

APARTADO 10. COMPORTAMIENTO MECÁNICO

F1. Tensiones admisibles
F2. Relación peso/ resistencia a flexión
F3. Relación peso/ resistencia a compresión
F4. Monolitismo



¿Existe posibilidad de seísmo, incendio, explosiones, ruido severo o humedad?

APARTADO 11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

F1. Comportamiento frente al ruido
F2. Comportamiento frente al fuego
F3. Comportamiento sísmico
F4. Comportamiento frente a la humedad
F5. Comportamiento térmico
F6. Comportamiento higrotérmico
F7. Inercia térmica
F8. Confort en el uso
F9. Salud y calidad del aire
F10. Mantenimiento/ vida útil



¿Dudas con la normativa?

APARTADO 12. NORMATIVA

F1. Normativa
F2. Comportamiento frente al fuego



¿Le interesa el costo?

APARTADO 13. COSTO ECONÓMICO

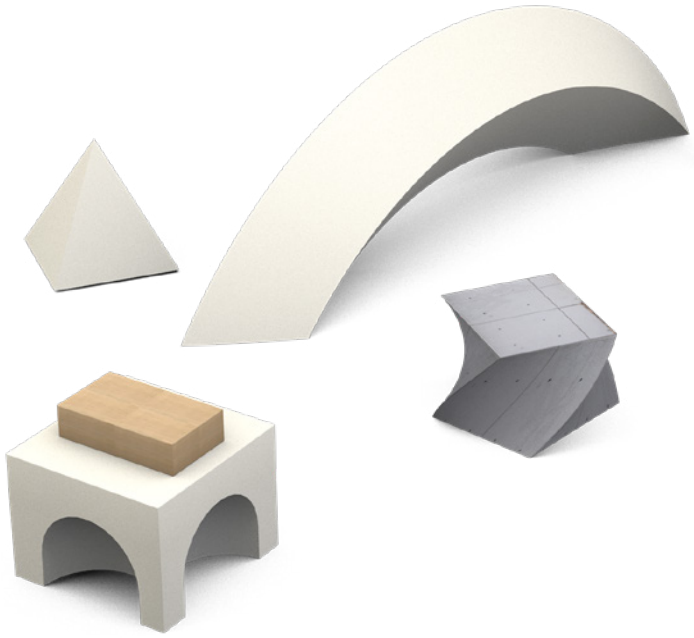
F1. Control de costos
F2. Costo total
F3. Condiciones para el aumento del costo
F4. Relación superficie construida/útil
F5. Estandarización
F6. Volumen mínimo
F7. Relación costo/ protección contra incendio



¿De que elementos consiste su edificio?

APARTADO 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO

F1. Cimentación
F2. Sótano
F3. Muro de cerramiento
F4. Medianera y muro divisorio de sectores
F5. Particiones interiores
F7. Cubierta
F8. Baños y cocinas
F9. Escaleras y huecos de ascensor



En función de las características del proyecto concreto, la guía evalúa como éste se ajusta a una solución industrializada desde cuatro perspectivas:

1. NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

La herramienta permite ver cómo de adecuado es para ese proyecto concreto optar por una solución **in situ, semi industrializada, o industrializada.** Estos diferentes niveles de industrialización se evalúan entre -2 (poco adecuado) y +2 puntos (muy adecuado) para las cuestiones planteadas en cada ficha.

2. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

La herramienta permitirá ver qué sistema constructivo se adapta mejor a un proyecto concreto. Los sistemas constructivos se dividen en 3 materiales base: Madera, Acero y Hormigón, que a su vez se dividen en 2 tipos de subsistemas: **Madera (CLT y Entramado Ligero), Acero (Estructural y Light Steel Framing) y Hormigón (Prefabricado e in situ).** En este caso se valoran en una escala de 0 (poco adecuado)-5 (muy adecuado las diferentes cuestiones planteadas en las fichas.

3. GRADO DE PREFABRICACIÓN

La herramienta permite conocer qué grado de prefabricación se ajusta mejor al proyecto concreto: por **elementos lineales,** por **paneles, mixto,** o por **módulos.** Recoge además la posibilidad de que los diferentes grados de prefabricación integren o no las instalaciones y acabados finales del edificio. En este caso la evaluación se realiza entre un rango de 0-3 para responder a la coherencia o no de plantearse cada grado de prefabricación para las diferentes cuestiones planteadas en las fichas.

4. MODO DE EJECUCIÓN

Contempla si el sistema de construcción seleccionado requiere de estructura adicional o no para su ejecución o si se trata de un sistema de **obra seca o semi húmeda.** La puntuación se realiza de la misma manera que en el caso anterior, es decir, dentro de un rango de 0-3 dependiendo de la coherencia o no del sistema seleccionado.

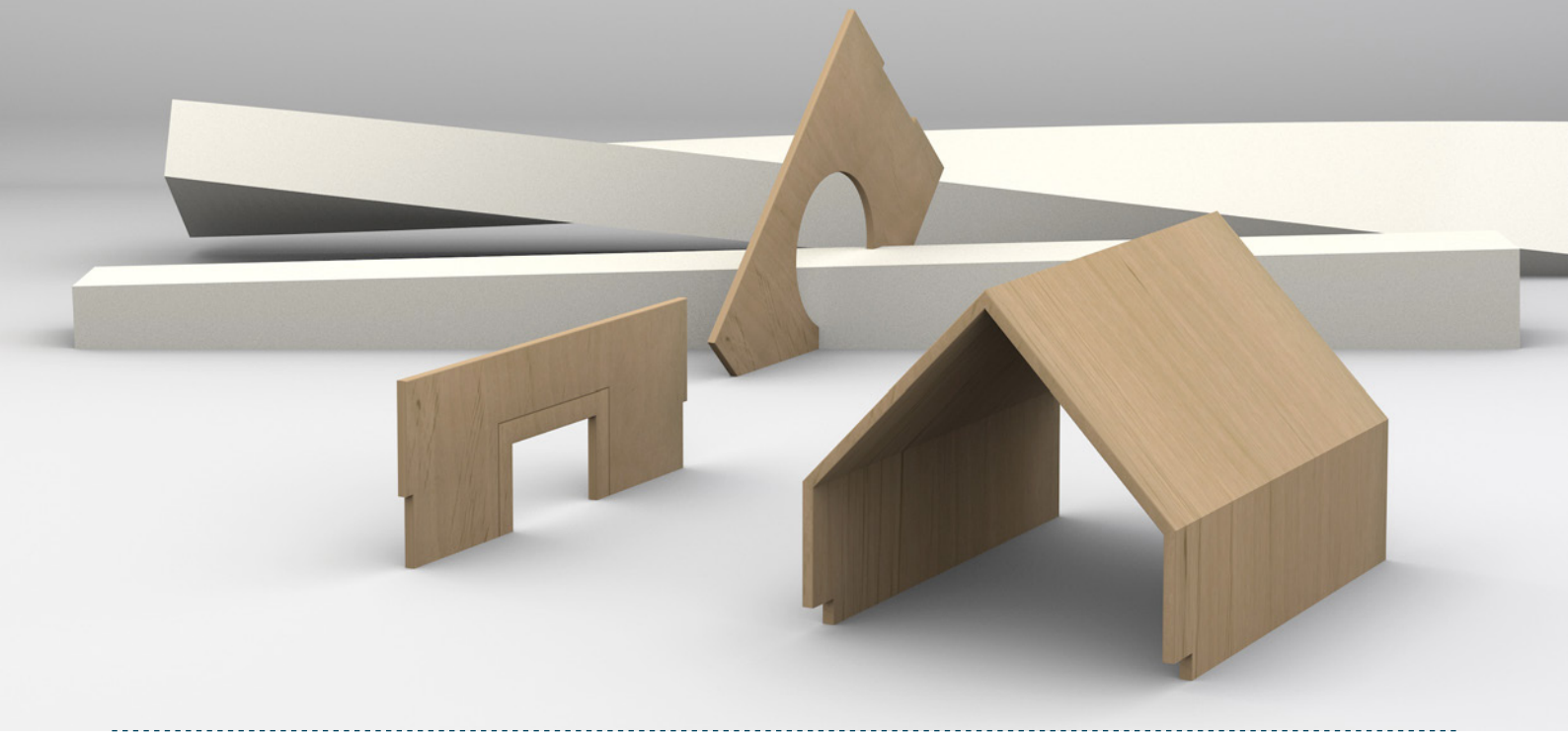
Las fichas incluyen también una pequeña descripción y explicación de la evaluación realizada así como una base bibliográfica que apoya dicha descripción.

Se estima que la elaboración de la presente guía y su herramienta es un primer paso importante para impulsar maneras de construir más innovadoras, y más acorde con las demandas sociales actuales de edificaciones de bajo impacto ambiental. Se trata además de una herramienta viva a la que se le irán añadiendo actualizaciones y novedades que vayan surgiendo en el sector. Se irá igualmente realizando una revisión de la evaluación de las puntuaciones y ponderaciones estimadas en la guía con el fin de seguir aportando y contribuyendo a seleccionar el sistema constructivo más conveniente para cada caso concreto.

El equipo de trabajo de la guía siente una satisfacción especial por ver culminado el esfuerzo de muchas personas que han contribuido en la elaboración de la misma, y espera y desea que resulte de utilidad para el sector de la construcción y ayude a su vez a impulsar la construcción industrializada sostenible en el mismo. Se espera por tanto que en un futuro próximo vaya creciendo su utilidad, y que, contribuya con su granito de arena, a que se vayan ejecutando edificaciones de bajo impacto ambiental.

En definitiva, esperamos y deseamos que resulte útil la guía de construcción industrializada sostenible y su herramienta, y animamos a toda persona y/o agente del sector de la construcción a hacer uso de la misma, para poder conocer con mayor detalle el tipo de construcción y sistemas industrializados que tienen sentido aplicar en cada proyecto concreto.

2 HISTORIA Y CONTEXTO EN EUSKADI



CONTENIDO

–1– CONTEXTO DE LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

1.1 BREVE RECORRIDO HISTÓRICO

1.2 CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL

1.3 CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA EN EL ÁMBITO ESTATAL

1.4 CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA EN EUSKADI

–1– CONTEXTO DE LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

1.1 Breve recorrido histórico

A principios del siglo XX comienza un movimiento arquitectónico en el que inspirados por los avances de industrialización y mecanización alcanzados en el sector del automóvil, se desea traducir y aplicar esta industrialización al sector de la construcción. Así importantes figuras del movimiento moderno como Le Corbusier y Walter Gropius postularán la idea de la estandarización de viviendas resultando ser una de las principales dedicaciones de este movimiento. Se tratarán incluso los principios de seriación, tipificación, normalización e industrialización de viviendas para abaratar los costes e incrementar los beneficios (*Jose Ramón Alonso Pereira, 2005 "Introducción a la historia de la arquitectura"*). Entendida la vivienda como la máquina para habitar, se empezarán a proponer proyectos como la casa Citroen, Schröder o posteriormente la unité d'habitation, reflejando la inquietud por estandarizar la vivienda. Entre estas experiencias destaca el conjunto de viviendas experimentales promovidas por el grupo Werkbund y construidas en Sttutgart (1927).

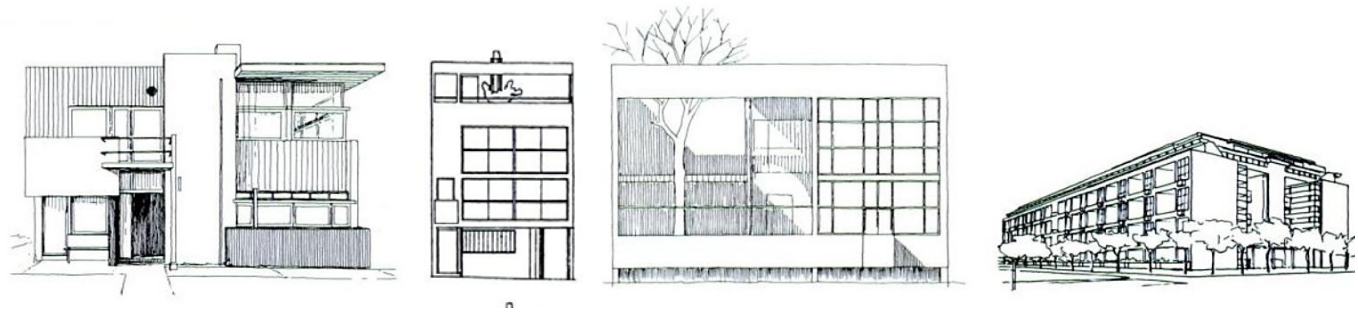


Fig 1. Casa Schröder, Casa Citrohan y la Unité d'habitation.

Caben destacar también los Congresos Internacionales de Arquitectura Moderna [CIAM], especialmente en su segunda conferencia de 1929 donde se estudia la vivienda mínima y su estandarización llegando incluso a negar el orden estético para dar paso al orden funcional de las viviendas.

Los años posteriores a la segunda Guerra Mundial tendrán también un importante protagonismo en la arquitectura industrializada. La necesidad de la reconstrucción de las ciudades devastadas por la guerra y la escasez de mano de obra impulsó unas soluciones constructivas de producción masiva que fueran capaces de satisfacer, en plazos muy cortos y de manera económica, la gran demanda existente.

Estas soluciones industrializadas se caracterizaron por la utilización masiva de elementos y módulos tridimensionales de hormigón prefabricado, resistente y duradero, pero poco versátil y poco económica para su remodelación y desmontaje.

Lo que comenzó como la única salida de una situación de emergencia se convirtió en unos años en una aburrida rigidez monotonía. Surgieron críticas como las del TEAM X, liderado por Aldo Van Pick, que exigían mayor variación y flexibilidad, aunque sus escasas construcciones no resultaron de excesiva relevancia.

Surgieron posteriormente movimientos como el GEAM (Grupo de Estudio de la Arquitectura Móvil), metabolismo japonés o el británico Archigram con propuestas utópicas de ciudades móviles, marinas o espaciales, en las que se incluían células habitables.

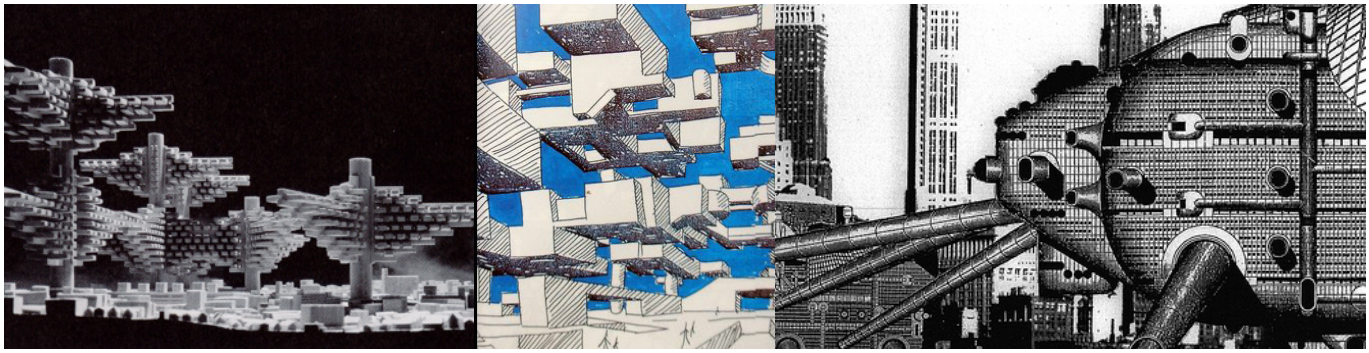


Fig 2. Propuestas utópicas de Yona Friedman (GEAM), Clusters in the air de Arata Isozaki (Metabolista) y Walking City (Archigram).

Destaca entre ellos la conceptualización de las viviendas como cápsulas habitables en el proyecto Nakagin Capsule Tower dentro de las teorías metabolistas de Kisho Kurokawa, 1972.



Fig 3. Nakagin Capsule Tower de Kisho Kurokawa, 1972.

1.2 Construcción industrializada en el ámbito internacional

Según el estudio de mercado de la construcción modular en el Reino Unido[1] realizado por el Instituto de la Construcción en Acero (SCI), el mercado actual en el Reino Unido para la construcción en acero de edificación residencial de baja densidad se estima en un 5%, mientras que para la edificación residencial en altura es significativamente más alta llegando al 20%. Tomando valores generales del sector de la construcción, en 2008 la edificación industrializada supone el 6% del total y las estimaciones apuntan a que suba cada año un 25%[2].

De manera similar en la guía para arquitectos de la construcción modular del SCI (SCI P-272) se presenta Japón como uno de los países donde más construcción modular se realiza seguido de EEUU y de los países Escandinavos. Mientras que en el caso de los EEUU se ha centrado principalmente en hoteles y vivienda económica, llegando a suponer en las últimas dos décadas el 25% de las viviendas unifamiliares, en el caso de Japón sin embargo las viviendas modulares están orientadas para una clase media-alta.

1 The Steel Construction Institute, 2007. "Market Study of Modular Construction in Europe and Design Residencial Building using Modular Construction".

2 Ogden, R., 2007. "Promoting building offsite". www.buildoffsite.com.

En EEUU, tras la Segunda Guerra Mundial, se hace un esfuerzo importante por conseguir una producción en masa de vivienda económica en base a acero. Este hecho hizo que se desarrollaran las técnicas de viviendas modulares a lo largo del país. Hoy, un dato interesante al respecto, es la necesidad de construir los módulos en una localización cercana al solar donde se va a implantar debido al encarecimiento por el transporte, dando como distancias límite de transporte las 200-300 millas (322-483 km). Debido a la tendencia de densificar más las ciudades, las empresas dedicadas a la construcción de vivienda modular, como Fleetwood, ya están ofreciendo también la posibilidad de edificación modular en altura.

En Japón la necesidad de diversificar que tenía la industria del acero en la década de los 50, provocó también una el crear una sección dedicada a la edificación modular. En los 70s el énfasis por producir importantes cantidades de viviendas modulares dio paso a producir vivienda modular de calidad. Así la edificación industrializada en Japón llega al 20% de la producción de viviendas anual, siendo la empresa Sekisui la más importante del sector.

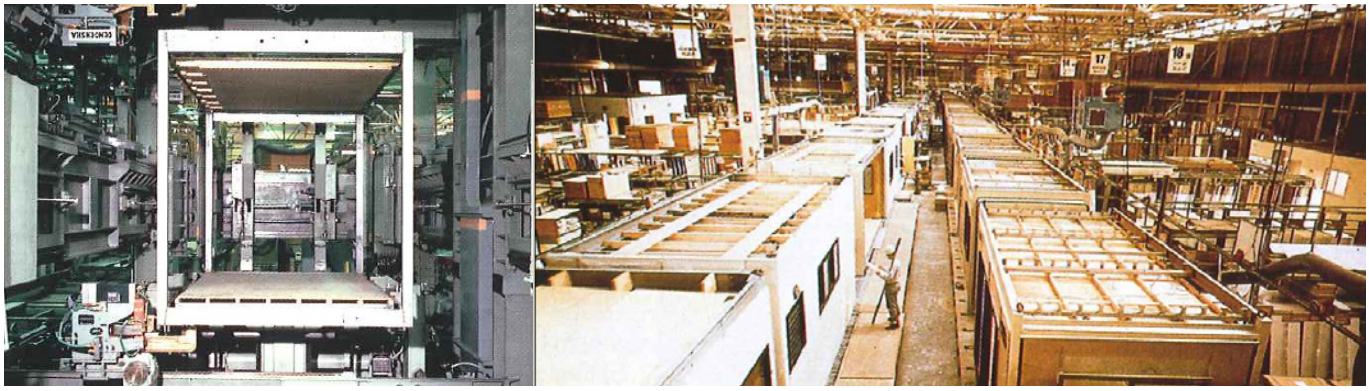


Fig 4. Planta de producción de la empresa japonesa Sekisui (SCI P-272).

Por último, considerando los datos aportados por el European Light Steel Construction Association (LSK-Arcelor 2005), es en Suecia y Japón donde mayor porcentaje de edificios se realizan en base a acero ligero (Fig 5).

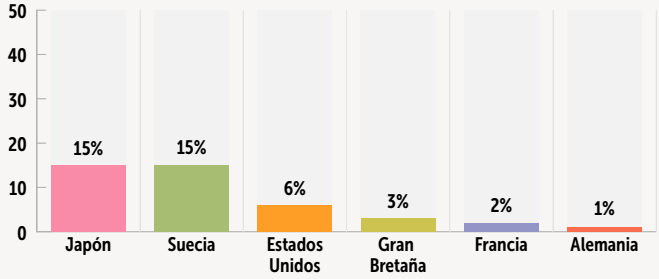


Fig 5. Porcentaje del uso de estructuras autoportantes en base acero en edificación residencial.

En el caso europeo no está tan extendida la utilización de la edificación industrializada como en el caso de EEUU y Japón, salvo en el caso de los países escandinavos. Es destacable la labor de la empresa finlandesa Rautaruukki en la construcción de viviendas industrializadas, la elaboración de unidades de baños, así como el nicho hallado para el caso de rehabilitación de edificios. En este campo Dinamarca también cuenta con ejemplos de aumento de densidad en edificios existentes, incorporado construcción modular en sus cubiertas. Alemania también cuenta con diversos ejemplos de edificación industrializada realizados por medio de la empresa Alho, y en el Reino Unido la empresa Tata Steel Europe (Corus Group) es una de las principales trabajando en este sector de edificación industrializada.

La siguiente tabla presenta los principales fabricantes Europeos de estructuras modulares. En el caso de España, solo se incluyen las empresas más significativas. El resto de empresas estatales que se dedican a la construcción industrializada se detalla en la siguiente sección 2.2 Edificación industrializada en España.

Reino Unido	Alemania	Finlandia	España	Otros
Portakabin	ALHO	Ruukki	Modultec	BUMA (Poland)
Caledonian modular	Cadolto		Palmiro	Sekisui (Japan)
Corus–Tata Steel			Nuevo Sistema Modular	Fleetwoodhomes (US)
Advanced Housing Systems				
Rollalong				
Elliott				
Kingspan				
Ayrshire				
Fusionbuild				

Tabla 1. Principales fabricantes europeos de estructuras modulares en acero.

En cuanto al sector investigador y académico es destacable también el interés que la construcción industrializada ha generado dando como resultado en 1991 la primera reunión del IGLC (International Group for Lean Construction). Entre las diversas publicaciones aparecidas en estos congresos, destaca la labor realizada por el investigador Lauri Koskela de la Universidad Tecnológica de Helsinki quien empezara a publicar en torno a esta temática en 1992 y quien realizara su tesis doctoral para el año 2000 (*An exploration towards a production theory and its application to construction*).

De la misma forma destaca la creación del Lean Construction Institute en el año 1997 o el Project Production System Laboratory en la Universidad de Berkeley (EEUU). Estos ejemplos no hacen sino enfatizar la necesidad de cambio que existe en el sector de la construcción, que se encuentra reclamando otra manera de hacer las cosas, diferente al estatus quo tradicional.

Actualmente una de las principales líneas estratégicas de la Unión Europea, apoyadas mediante los proyectos Horizon 2020, es la Eficiencia Energética de la Edificación alcanzada mediante la industrialización sostenible de elementos y componentes constructivos.

1.3 Construcción industrializada en España

La edificación industrializada en España no ha sido desarrollada con la misma intensidad que en otros lugares del mundo como Japón, EEUU o los países escandinavos. Mientras en Alemania Suiza, Francia o Inglaterra se habían iniciado en el camino de la producción en serie, consiguiendo racionalizar parte del proceso para 1937, en España la construcción seguía basada en los métodos artesanales[3].

Su falta de medios económicos y su abundante y barata mano de obra impidió alcanzar la racionalización científica del proceso arquitectónico. Si son destacables los diversos intentos realizados por GATEPAC (Grupo de Artistas y Técnicos Españoles para el Progreso de la Arquitectura Contemporánea) con ejemplos como la casa Bloc de J.L.Sert.

Mientras en otros países no solo el gobierno, sino también las propias empresas constructoras y productoras contaban con centros experimentales que podrían garantizar el progreso de la construcción con nuevos materiales

3 UPV/EHU Equipo de Investigación, 2012. Ideafabrik. Investigación para interpretar las calves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección oficial pública en el ámbito de Euskadi.

y elementos estructurales y constructivos, en España solo se contaba con Laboratorio Central para Investigación y Ensayos de Materiales Aplicables para el año 1943. En 1934, un grupo de ingenieros y arquitectos españoles entre los cuales se encontraba el insigne Eduardo Torroja, decidieron por su cuenta poner fin a esta lamentable "laguna científica". Este grupo tendría como objetivo investigar, promover, divulgar y fomentar el progreso en una anticuada industria. Tras la guerra civil se transformara en el Instituto Eduardo Torroja, liderando el desarrollo técnico y científico de España (María José Cassinello, 2000).

En cualquier caso, España cuenta con varios ejemplos dignos de mención, como son edificios que incluyen paneles prefabricados, principalmente de hormigón, como los comedores de la SEAT de los arquitectos Ortiz-Echagüe, Barbero y de la Joya, (Barcelona 1956), así como los Laboratorios Jorba de Miguel Fisac (Madrid, 1965).



Fig 8. Interior y proceso constructivo de los Comedores de la SEAT.

En la década de los 70 coincidiendo con el auge de la industria, se disparó la producción y se buscó el optimizar los plazos de ejecución, fundamentalmente en el caso de viviendas. Fue entonces cuando el progreso de la técnica se enfrento a la parte tradicional de la construcción, la cual contaba a su favor con el bajo precio de la mano de obra. Razón por la cual la mayoría de las construcciones se realizaron "in situ". Dando lugar a edificios de viviendas basados en el uso masivo de mano de obra, normalmente con una baja cualificación, la vuelta a la artesanía sin artesanos[4].

En la actualidad destaca el bajo grado de industrialización del sector de la construcción, incluso en épocas en los que ha habido una elevada producción de viviendas. A pesar de ello, cabe señalar una serie de iniciativas y proyectos innovadores que se han realizado, entre los que destacan las siguientes obras[5]:

- Viviendas de protección en el barrio de Sants, El Polvorí. (Barcelona).
- Carabanchel Housing, 102 viviendas de los arquitectos, dosmasuno arquitectos.
- 198 viviendas de protección oficial en Alcobendas (Madrid).
- 220 viviendas en el PAU de Vallecas sistema integrado en edificación "in situ".
- 36 Habitatges al Carrer Comte Borrel del Sector Castell I Promoción pública.
- S3C, Prototipos de viviendas construidos por componentes compatibles.

4 UPV/EHU Equipo de Investigación, 2012. Ideafabrik. Investigación para interpretar las calves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección oficial pública en el ámbito de Euskadi.

5 Ejemplos recogidos en el estudio desarrollado por Esteban García Marquina mediante el programa Eraikal. "Estudio-diagnóstico sobre las posibilidades de desarrollo de una edificación residencial industrializada dirigida a satisfacer las necesidades de vivienda pública y muy especialmente en alquiler en la Comunidad Autónoma del País Vasco"

— 27 viviendas de protección oficial de alquiler para jóvenes en Barcelona de López-Rivera.

— Proyecto INVISO, optimización de la producción de viviendas, industrialización de viviendas sostenibles.

— HABITAT 2030. Desarrollo de nueva tecnología en materiales y componentes orientados a mejorar la producción de viviendas (Acciona, PTEC).

Destacar también la iniciativa liderada por la UPM (Universidad Politécnica de Madrid), al organizar la versión europea del concurso internacional "Solar Decathlon", tras su experiencia participando en el Solar Decathlon Americano. Se trata de construir en una semana, entre diferentes universidades participantes del concurso, una pequeña vivienda industrializada y con altos conceptos de eficiencia energética.

En la actualidad, bajo el concepto de industrialización en la edificación puede buscarse la posibilidad de abaratamiento y reducción de tiempo de construcción la mejora de calidad y una construcción más sostenible y adaptable a los cambios de uso y ciclos. Los mayores retos a superar por la construcción con prefabricados, especialmente en edificios residenciales, será la superación de los limites, marcados por las normativas de edificación y la aceptación de la sociedad.

1.4 Contexto de la construcción industrializada en Euskadi

De manera similar al caso de España, en Euskadi también llegaron con retraso los desarrollos de construcción industrializada comparándolo con otros países o regiones de su entorno europeo. Mientras en países como Francia, Alemania o Inglaterra, ya a mediados del siglo XIX se empezaban a dar importantes transformaciones avances en la construcción mediante la incorporación de mejoras técnicas, en gestión y comercialización, en Euskadi se seguía con la misma estructura artesanal[6].

Tal y como apunta Esteban García Marquina en su estudio[6], a pesar de que los avances técnicos en los nuevos materiales de construcción como el hierro o el hormigón, llegaran más tarde que en otros países europeos, también en Euskadi supuso un importante cambio en la construcción. Sin embargo, y aunque Euskadi contaba con una importante implantación industrial, en sectores como el transporte, hierro, acero, la construcción, el cemento, etc., no participó de forma activa en los orígenes de este proceso de transformación de la construcción que en Europa y el mundo industrializado se estaba dando, y que se prolongó durante toda la primera mitad del siglo XX.

Por lo tanto, la industria siderúrgica, en nuestro ámbito, ha estado desde sus orígenes, más enfocada a otros sectores industriales al margen de la construcción, como la industria naval, la ferroviaria, la máquina herramienta,... con más tradición, arraigo, estabilidad, y mayor demanda que el sector de la construcción. Así la primera referencia que se tiene incluso en el ámbito sobre la construcción en hierro data de 1815, cuando el arquitecto J. B. Belaunzarán, tuvo que presentar en la Academia de San Fernando un proyecto para construir un puente sobre la ría de Bilbao, en sustitución de uno anterior incendiado, pero que no se construyó.

Esteban identifica diferentes ejemplos de obra civil ejecutadas en acero en Euskadi durante finales del siglo XIX y comienzos del XX, como el viaducto de Ormaiztegi o el Puente de hierro de Donostia; pero en este breve recorrido se destacan entre ellas el Mercado de la Ribera, la plaza de Vista Alegre de Bilbao, la estación de la Concordia de Bilbao y los teatros Arriaga y Campos Elíseos de Bilbao, así como el Victoria Eugenia de Donostia.

6 Esteban García Marquina mediante el programa Eraikal. "Estudio-diagnóstico sobre las posibilidades de desarrollo de una edificación residencial industrializada dirigida a satisfacer las necesidades de vivienda pública y muy especialmente en alquiler en la Comunidad Autónoma del País Vasco"

Con respecto a la construcción en hormigón, que en España se introduce con dos décadas de retraso con respecto a Alemania o Francia, entre las décadas de finales del XIX y comienzos del XX, se constituye desde entonces hasta nuestros días en el material básico para cualquier obra.

Entre los ejemplos de hormigón armado en Euskadi, de principios del siglo XX, destacan las Fábricas de Harinas, como la de Las Ceres de Bilbao y la de Ugalde y Cia en Pasajes Ancho. Destacan también la fábrica de Boinas Elósegui, la Papelera del Araxes en Tolosa, Almidones Remy en Hernani, Cerámicas Eguía en Donostia, la sede del Banco Guipuzcoano en Donostia y el Archivo Provincial en Tolosa.

En cualquier caso, este tipo de construcción no se considera industrializada, si no que es lo que conocemos como construcción tradicional, por tratarse de hormigón in situ. Por lo que los primeros ejemplos de construcción industrializada en hormigón se dan con las primeras obras en las que se incluyen los paneles prefabricados de hormigón. Si bien en Europa el auge de las viviendas prefabricadas se dio como respuesta a la necesidad de vivienda tras la Segunda Guerra Civil, en España y en Euskadi, se produjo debido a la necesidad de vivienda en la época desarrollista (50s-60s).

Entre los diferentes desarrollos de viviendas de estos años, cabe destacar el que se realizó en el "Poblado Dirigido de Ocharcoaga" en Bilbao, en el que se previeron 3.672 viviendas divididas en 114 edificaciones, entre las que solamente en uno de sus bloques de viviendas, y a modo experimental, se incluyeron paneles prefabricados de hormigón. Este mismo sistema se utilizó en pocos ejemplos más, como unas viviendas de cuatro plantas en Amorebieta, otra en Trápaga (entonces llamado San Salvador del Valle) y otro ejemplo en Vitoria; además de varios centros escolares. Otras dos construcciones de prefabricado de hormigón que destacan en los años 70 son las 95 viviendas en Ortuella, y las 160 viviendas del Instituto Nacional de la Vivienda de Txurdinaga. En cualquier caso, fueron ejemplos aislados, y la construcción tradicional siguió siendo la práctica habitual del momento.

En cuanto al contexto actual de la construcción industrializada en el País Vasco, cabe destacar la labor realizada por parte de **VISESA**, la principal promotora pública de viviendas del Gobierno Vasco, que es seguramente la que mayor apuesta ha realizado por la construcción industrializada en el sector; si bien sigue resultando un porcentaje residual con respecto a la construcción convencional. Entre los ejemplos más recientes destacan las 72 viviendas de Zabalgana, Vitoria (2008) construidas hormigón prefabricado (tanto estructura, como cerramientos), y la reciente promoción de 65 viviendas VPO industrializadas en madera de Hondarribia (2018), mediante paneles de CLT.

A continuación se identifican los fabricantes más importantes de sistemas constructivos industrializados de Euskadi, así como varias obras referentes en este tipo de construcción.

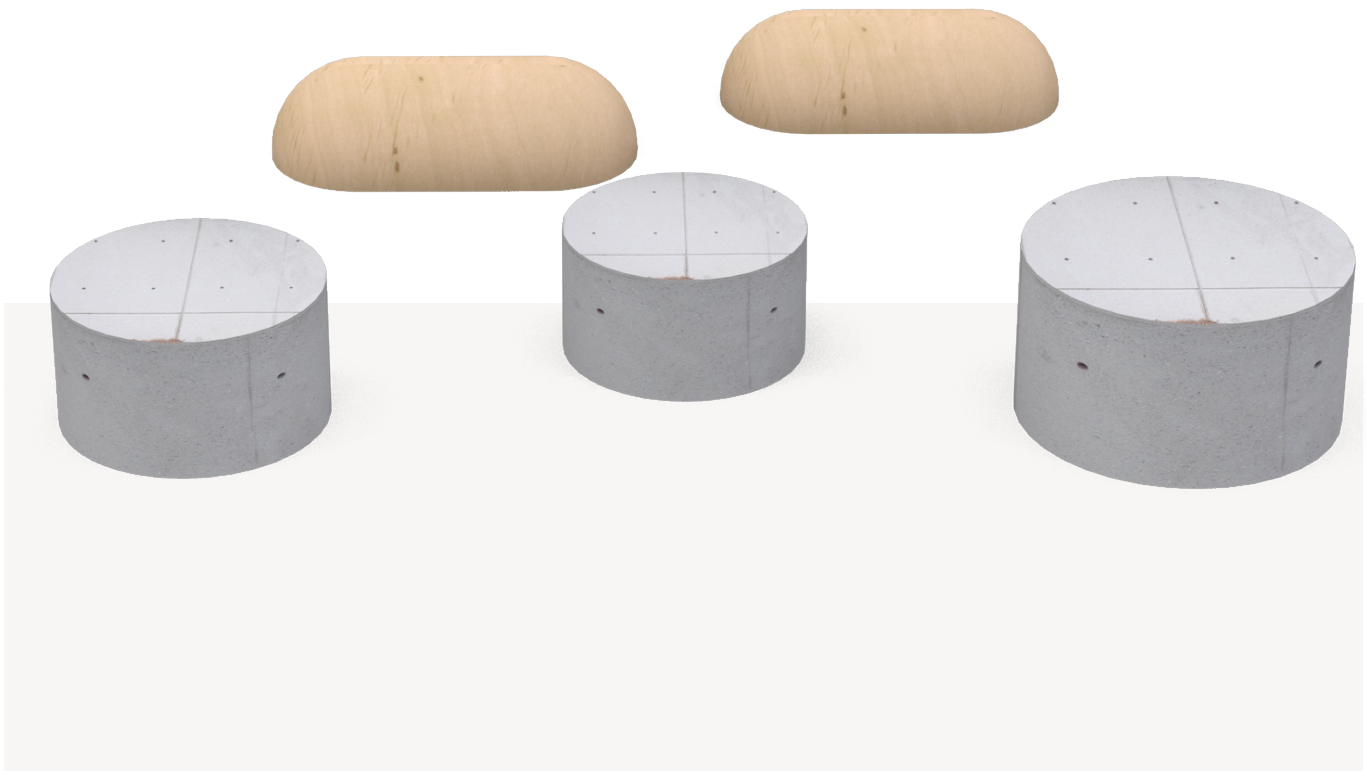


1.4.1 CONCLUSIONES DE LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA EN EUSKADI

Tras el análisis realizado sobre el estado actual de la construcción industrializada en Euskadi, se considera que la construcción en **madera** es la que mejor posicionada está tanto en el marco estatal, teniendo una empresa que es un claro referente, como en el mercado internacional, donde se han ejecutado varios proyectos innovadores (más de 30), entre los que destaca la escuela de Londres de 1.000m³ de madera, o las 40 viviendas en 6 alturas de Newcastle.

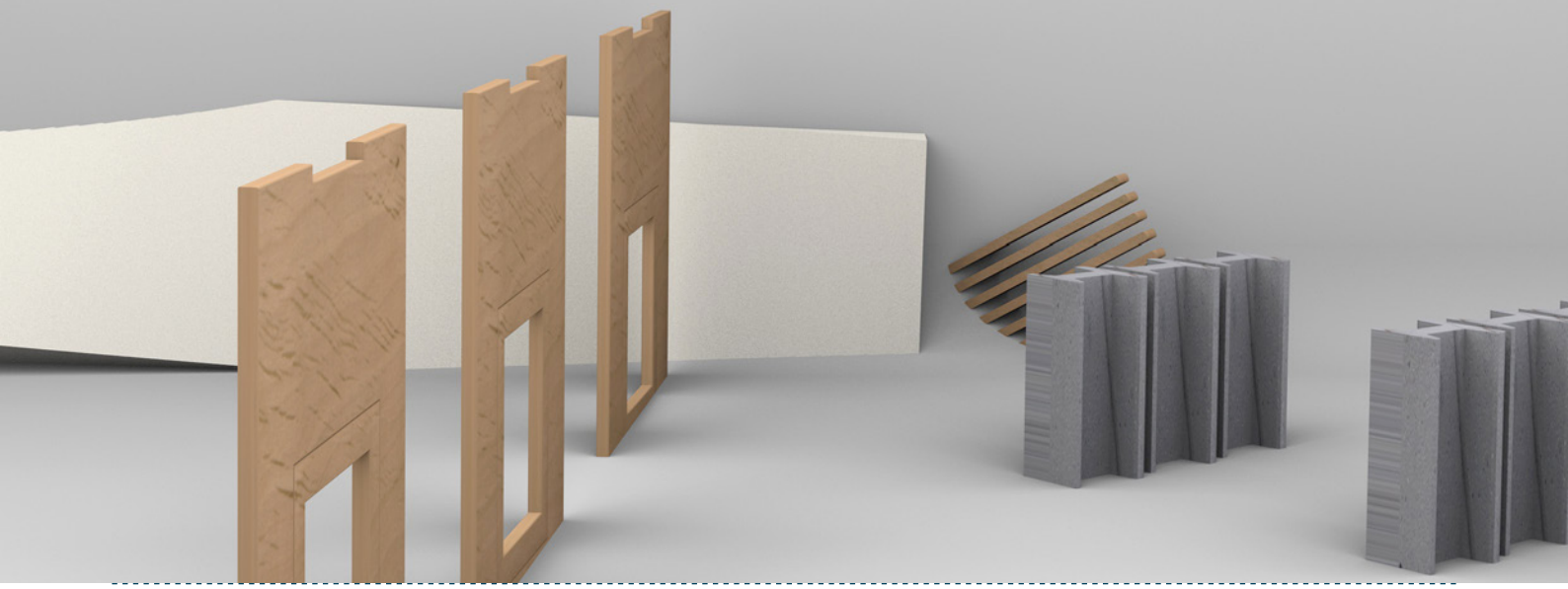
Es cierto que la aparición de nuevas empresas como homm de velatia, en la construcción industrializada en hormigón, supone un importante impulso hacia este tipo de construcción, pero, al igual que en el caso de la construcción industrializada en acero, no resultan empresas tan competitivas en el mercado estatal, como en el caso de la madera.

Teniendo además en cuenta que el peso medioambiental en la edificación va a ir cobrando cada vez más protagonismo, parece que la apuesta por convertirse en un referente en construcción industrializada en madera, podría tener bastante sentido, impulsando investigaciones en este ámbito. Por tanto se considera conveniente involucrar a la capacidad investigadora de la que dispone el país en cuanto a su red de parques tecnológicos, su apuesta por la Basque Industry 4.0, la reciente Alianza Vasca por la Bioeconomía y la reciente Estrategia de Economía Circular de Euskadi; enfocados en conseguir que Euskadi sea un referente como región altamente innovadora; para identificar realmente a la construcción industrializada en madera en Euskadi como nicho de innovación potente en el futuro de la construcción.





3 ESTUDIO ECONÓMICO Y DE INNOVACIÓN EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN



CONTENIDO

–1– ESTUDIO ECONÓMICO E INNOVACIÓN EN EL CONTEXTO INTERNACIONAL

–2– ESTUDIO ECONÓMICO E INNOVACIÓN EN EL CONTEXTO ESTATAL

2.1 SEGMENTACIÓN DEL MERCADO NACIONAL DE LA EDIFICACIÓN INDUSTRIALIZADA RESIDENCIAL EN ACERO

–3– ESTUDIO ECONÓMICO E INNOVACIÓN EN EL CONTEXTO DE EUSKADI

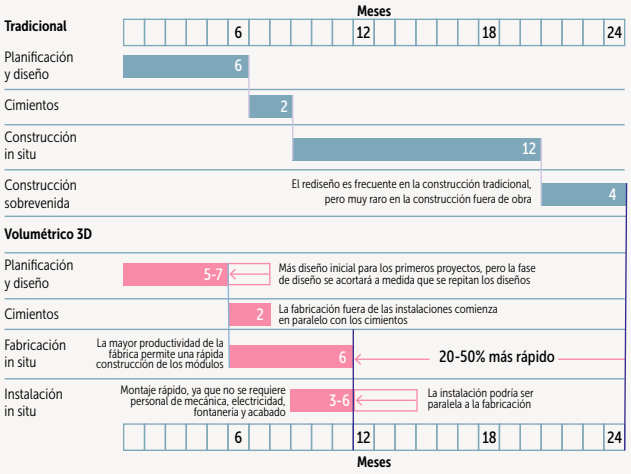
3.1 GASTO EN I+D EN RELACIÓN CON EL PIB

3.2 GASTO EN INNOVACIÓN POR SECTORES DE ACTIVIDAD EN EL PAÍS VASCO

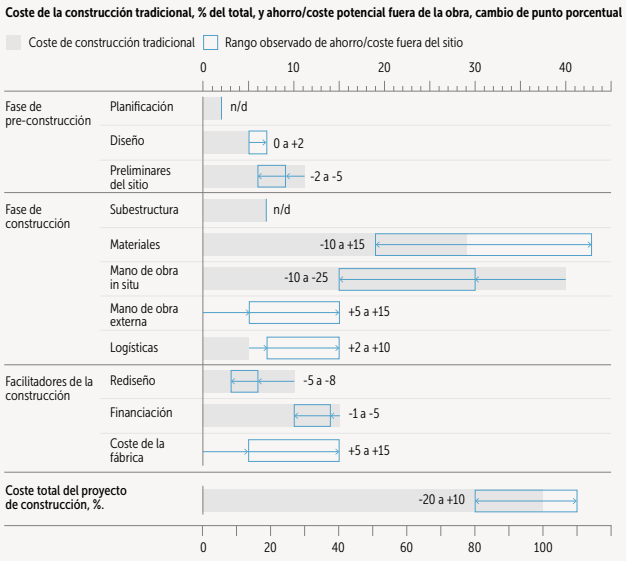
–1– ESTUDIO ECONÓMICO E INNOVACIÓN EN EL CONTEXTO INTERNACIONAL

Esta sección recoge las conclusiones de varios estudios realizados en el ámbito internacional, por las consultoras McKinsey y KPMG sobre la construcción industrializada.

El estudio de la empresa **McKinsey & Company** sobre la construcción industrializada en el panorama internacional[1], apunta a que la construcción industrializada puede reducir los tiempos de un proyecto de construcción entre un 20-50% y señala que con instaladores apropiados puede llegar a reducirse los costes en hasta un 20%; aunque reconoce que los ahorros de costes siguen siendo una excepción y no la norma. En una previsión moderada menciona, además, que para 2030 la construcción industrializada alcanzará los 130$ billones en Europa y Estados Unidos.



Estimación de reducción de plazos de una construcción en 3D según el informe.



Estimación de reducción de costes en una construcción en 3D según el informe.

1 McKinsey & Company, 2019. Modular Construction: From projects to products.

Destaca, sin embargo, que sólo es en Japón y los Países Escandinavos donde las viviendas industrializadas suponen ya la norma común, mientras que en otros mercados como el de Estados Unidos o del Reino Unido su desarrollo ha sido intermitente desde la segunda guerra mundial. Aún así, el estudio confía en que el sector y la industria se está actualizando, adoptando nuevos materiales y tecnologías digitales que mejoran la precisión, la productividad y los procesos de logística. Y apunta a que se está transformando la antigua asociación de la construcción industrializada con algo de baja calidad, barato, y poco estético; con una construcción sostenible, estética y de última generación en cuanto a diseño arquitectónico.

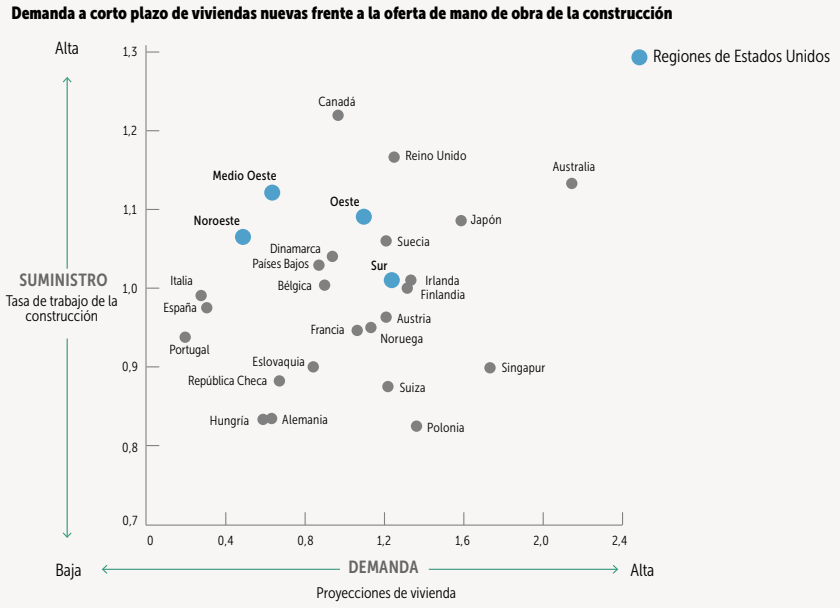
Son muchos los factores que determinan si el mercado va a aceptar la construcción industrializada. Dos de los más determinantes son la demanda del mercado y el coste de una mano de obra más cualificada. En mercados como el Oeste de Estados Unidos, el sur del Reino Unido, la costa este de Australia y en la mayoría de ciudades alemanas, la demanda de viviendas a gran escala y la reducción de los costes de mano de obra ha impulsado que resulte muy atractivo el decantarse por la construcción industrializada.

		Gasto de construcción bn $, 2017	Volumen direccionable adicional	Mercado potencial bn $, 2017	Potencial de ahorro	Volumen de ahorro bn $	RAZONAMIENTO Repetibilidad	Tamaño de la unidad	Densidad de valores
Residencial	Familia individual	376		30		5			
	Multifamiliares	277		45		6			
Comercial	Edificios de oficinas	77		10		2			
	Hoteles	40		10		2			
	Venta al por menor	42		5		1			
	Almacén logístico	46		10		1			
Público	Escuelas	59		15		3			
	Hospitales	41		5		1			
Otros edificios		70		5		1			
Total edificios		1.027		135		22			

Alto Medio Bajo

Mercado potencial de la construcción industrializada dividido en tipologías edificatorias.

En cualquier caso, para conocer realmente lo que supone un proyecto de construcción industrializada comparándolo con uno convencional, hay que realizar un minucioso análisis del coste total y los beneficios de cada tipo de construcción. El estudio debe analizar la optimización de los materiales seleccionados, buscando la solución adecuada de paneles en 2D y módulos en 3D, y los diseños híbridos. Así como los retos del diseño de este tipo de edificios, su fabricación, tecnología, logística y montaje, y de si la construcción puede ser replicada a cierta escala.

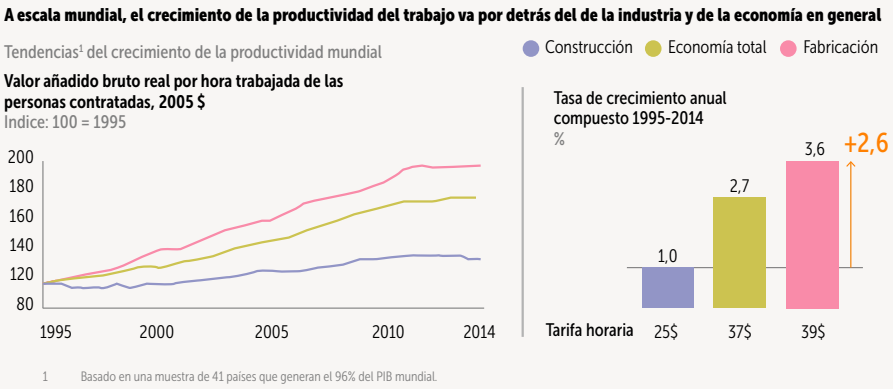


Relación de la demanda de nueva vivienda con respecto a la mano de obra proporcionada.

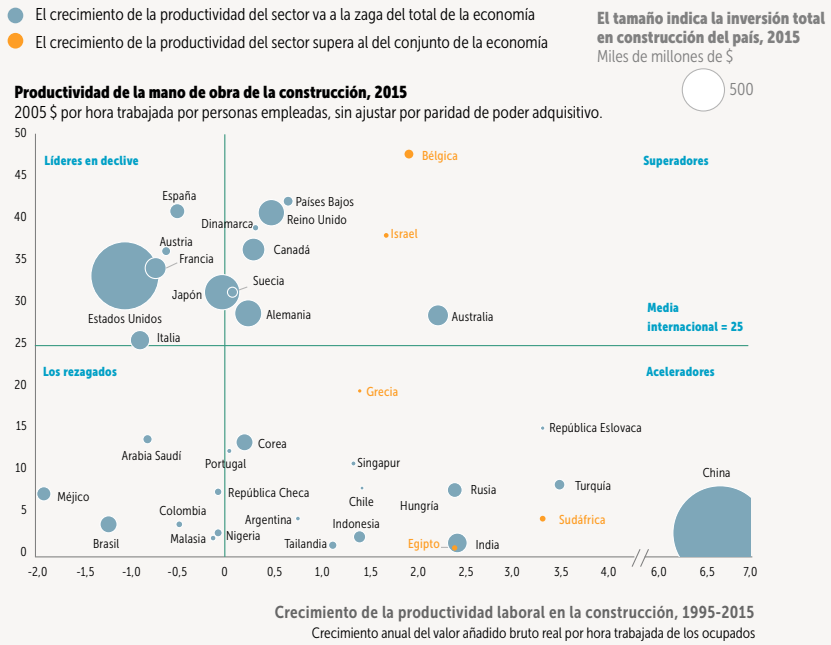
En muchos países la construcción industrializada sigue siendo la excepción, pero existen serios indicadores que apuntan a un significativo cambio en el proceso de construcción actual, en el que van apareciendo nuevos competidores que harán cambiar la manera habitual de construir hoy en día.

En otro estudio realizado también por la consultora **McKinsey&Company** en 2017[2], se remarca que la productividad en el sector de la construcción lleva más de 20 años sin avanzar, mientras que en otros sectores, como el industrial o comercial, el cambio ha sido enorme. Por ello, el informe señala que esta realidad representa una clara oportunidad para cambiar de modelo hacia una construcción más industrializada.

El informe arroja una serie de datos relevantes. Desde una escala global, afirma que la construcción representa el 13% del PIB mundial y supone un gasto de 10 trillones de dólares anuales, así como que emplea al 7% de la población mundial. Mientras la economía global ha crecido un 2,8%, y la industrial un 3,6%, la construcción se ha quedado prácticamente paralizada durante los últimos 80 años. Por ello propone 7 vías para mejorar la productividad en la construcción, que estima que se podría alcanzar una productividad un 50-60% más alta.



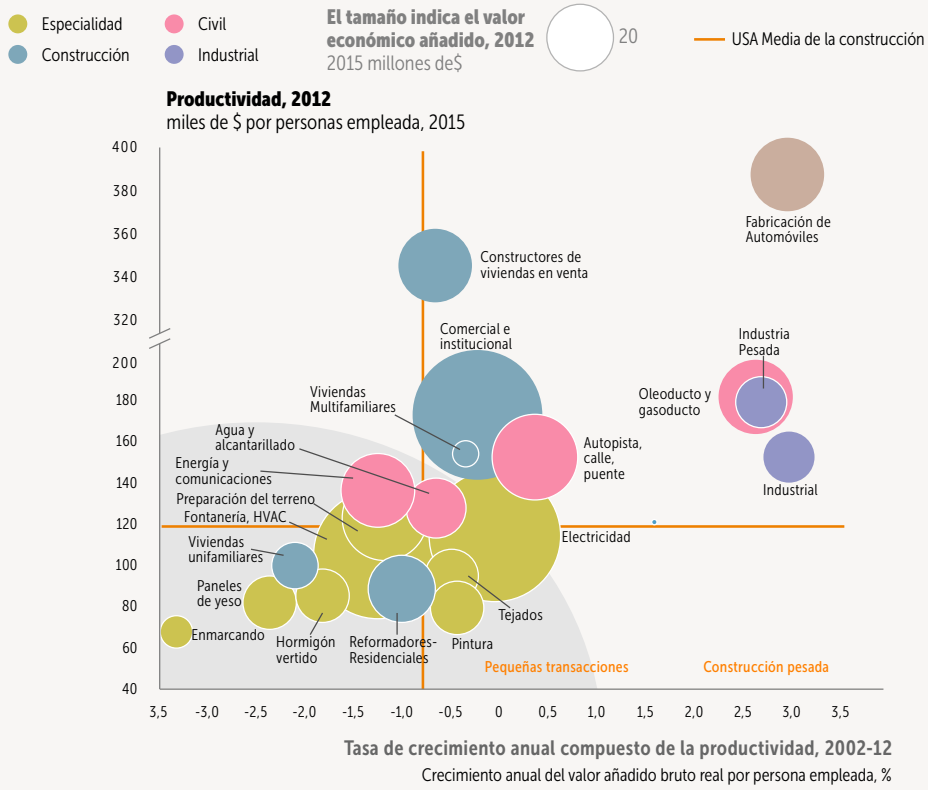
Crecimiento de la economía global (2,7%) y de la industria (3,6%) en comparación con la construcción (1%).



Aumento de productividad en el sector de la construcción por países, donde se comprueba que España aparece con decrecimiento del 0,5% en cuanto a la productividad en el sector.

2 McKinsey & Company, 2017. Reinventing Construction: A route to higher productivity

El informe señala que si la productividad del sector de la construcción subiera al mismo orden que la economía global, aumentaría su valor añadido en 1,6 trillones de dólares, añadiendo un 2% a la economía global. Además, divide los proyectos del sector en dos tipos de proyectos, los de gran escala, definiéndolos como construcción dura (trabajos de obra civil, industrial, y viviendas de gran escala), y que son mucho más productivos que los de las pequeñas obras como unifamiliares o reformas, compuestas por pequeños gremios (electricistas, fontaneros, albañiles, etc).



Diferencias de productividad dependiendo del tipo de obra y de los gremios involucrados. (Para el caso de Estados Unidos).

Identifica 10 razones principales por las que la productividad en el sector es tan baja, que se pueden resumir en que es un sector muy fragmentado, con clientes con escasa experiencia, que navegan en un mercado opaco. Además existe una desconexión entre el diseño, la constructora, las limitaciones en la estandarización, la escasa planificación del proceso constructivo, y la mano de obra poco cualificada. Añade que se trata además de un sector muy volátil con poco margen para poder invertir en nuevas tecnologías o digitalizaciones que podrían aumentar la productividad.



10 razones de la baja productividad del la construcción actual.

Por último el informe propone 7 vías de mejora para aumentar la productividad en el sector de la construcción; que, además, empresas innovadoras y regiones están ya poniendo en la práctica y están funcionando. Estas 7 vías son las siguientes:

- **Normativa y regulación que apoye la innovación y mayor transparencia.** Se trata de formular una regulación que incentive la implantación de productos y procesos innovadores, como en el caso de Alemania o Australia, así como mayor transparencia en los costes de las obras que garantice la inexistencia de corrupción.

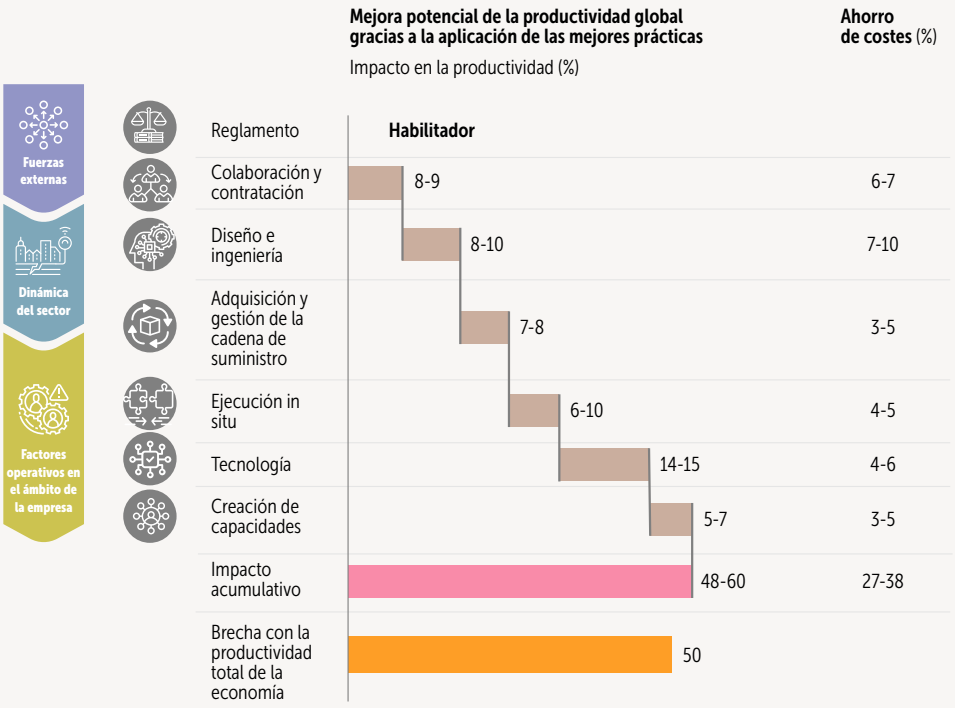
- **Renovar el marco contractual.** Se propone renovar el actual marco hostil de contratación caracterizado por un sistema de colaboración y resolución de problemas. Las licitaciones deberían basarse más en el valor y experiencia que aporta cada concursante, en lugar de basarse principalmente en el presupuesto. Se deberían establecer sistemas de monitoreo que comprueben cómo va evolucionando el proyecto, basado en tecnología colaborativa, y minimizando las acciones correctoras habituales. Apunta a los contratos de proyectos integrados (Integrated Project delivery, seguramente en España serían las licitaciones de proyecto y obra conjuntos), Propone también tomar de referencia las contrataciones en el sector automovilístico o aeroespacial.

- **Mejora en la gestión de la adjudicación de la cadena de proveedores.** Tomando también de base en cómo se funciona en otras industrias, y apoyado en la innovación y digitalización conllevaría cambios sustanciales en las entregas de los productos. Una mejora en el planning del proyecto y una mayor transparencia entre contratistas y proveedores, supondría reducir significativamente los retrasos de los proyectos. Incluye el ejemplo de Katerra, que recientemente ha lanzado un modelo global de tipo Big Data de la propia empresa, que ayuda a desarrollar la cadena de proveedores con la dinámica del mercado, con inventarios conectados con sistemas basados en el internet de las cosas.

- **Mejora en la ejecución in situ.** Propone cuatro claves para esta mejora: Un riguroso planning del proceso que garantice que se van cumpliendo los plazos y costes del proyecto. Se pone de ejemplo cómo este tipo de sistemas, en grandes proyectos de gas y petróleo, han aumentado un 70% la productividad del proyecto. La segunda es reformular la interacción de los propietarios y los contratistas, que mediante indicadores de comportamientos clave (KPI) se acuerden mediante reuniones periódicas soluciones in situ. La tercera es mejorar en la movilidad de los nuevos proyectos, para asegurar que los trabajos previos han sido aprobados y completados antes de empezar la obra in situ. Por último, está la necesidad de una mejor coordinación y planificación de las diferentes disciplinas in situ. La complejidad y variabilidad de los grandes proyectos actuales requieren de sistemas operativos holísticos, que integren sistemas técnicos y de gestión y las capacidades de los trabajadores.

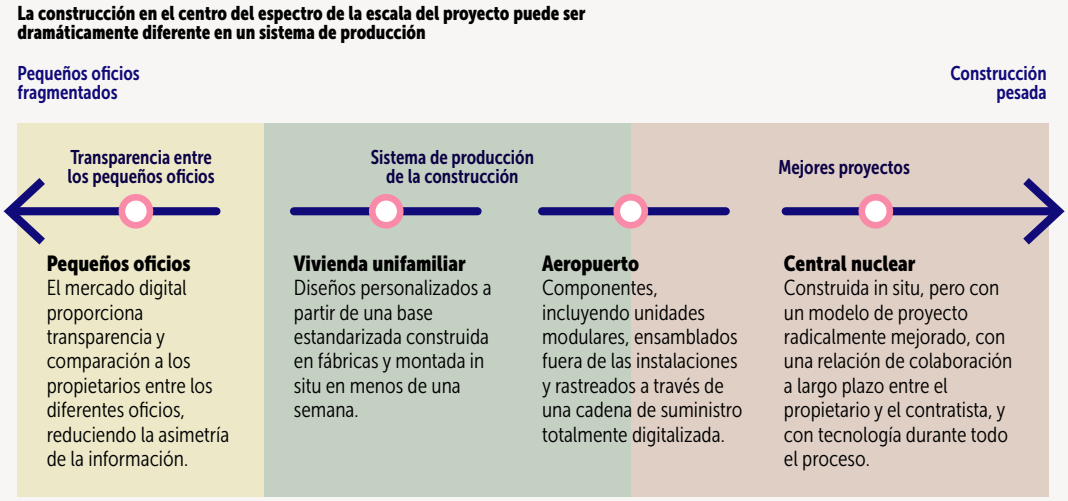
- **Infundir la tecnología digital, nuevos materiales y automatización avanzada.** Se trata de que se universalicen los proyectos diseñados mediante modelos 3D BIM, (Building Information Modeling), generalizándose el uso de herramientas de digitalización colaborativa, drones, y sistemas de monitorización y mapeado. El uso de las plataformas más modernas del 5D BIM establecerían la transparencia en el diseño, costes, visualización, y analítica avanzada que mejorarán los controles in situ de los materiales, la mano de obra, los equipos productivos, etc. Señala que implementando este tipo de sistemas basados en la "nube", se incrementaría la productividad in situ en un 50%.

- **Mano de obra más formada.** El cambio en la construcción no será realidad hasta que se invierta en tener una mano de obra más formada. Se deben realizar continuamente cursos de formación para el uso de los últimos equipos, y herramientas del mercado.



7 vías de mejora de productividad propuestas por el informe.

El informe augura que implementando estos 7 apartados la productividad se podría incrementar hasta en un 50-60%. Pero vaticina que podría incrementarse bastante más si se pasara de un sistema basado en cada proyecto, hacia un sistema basado en la fabricación de módulos estandarizados, y una construcción industrializada completa, pudiendo alcanzar unas mejoras en productividad 5 o 10 veces mayor. Destaca entre los ejemplos el de la empresa Barcelona Housing System que trabaja actualmente bajo estos parámetros.



Esquema para las mejoras en la productividad propuestas por el informe.

Por último se incluye en esta sección otro estudio sobre la construcción industrializada, realizado por la consultora **KPMG** en 2016, centrado en el mercado del Reino Unido, que recoge resultados similares[3]. Este estudio reconoce que sigue habiendo barreras importantes que salvar para que la construcción industrializada tenga una mayor presencia en el sector de la construcción (de un 7% en el Reino Unido). Esto se debe a que suponen un mayor coste inicial de la construcción. Señala también que los proyectos de construcción industrializada conllevan unos ahorros financieros del 7% debido principalmente a la reducción de los plazos de ejecución (lo cual conlleva también a un retorno más rápido y unos ahorros en los costes de inflación).

El informe señala que aplicando soluciones estandarizadas de catálogo se podrían reducir considerablemente los sobrecostes de la construcción industrializada y afirma que aporta mayor calidad de construcción y que el coste del ciclo de vida completo del edificio es menor en el caso de la construcción industrializada. Aún así remarca la necesidad de recabar más datos del ciclo de vida de los edificios industrializados, apuntando que el concepto del coste de ciclo de vida de los edificios es clave para el éxito de la construcción industrializada.

Destaca también que la construcción que usará métodos y modelos modernos y que integrará los diseños digitales y BIM será la construcción industrializada. Aporta además diferentes encuestas y acuerdos de agentes de la construcción tanto públicos como privados que apuestan por la construcción industrializada. Señala además que la industria que proporciona sistemas y productos para la construcción industrializada tiene capacidad para fabricar más productos y sistemas en caso de un aumento de demanda por parte de los clientes.

Por otro lado afirma que hay signos en el sector residencial que apuntan a un incremento de la demanda, así como de nuevas formas de garantizar menores riesgos y mayores seguridades a los clientes.

El sector de la construcción en el Reino Unido supone el 6,5% de la economía británica, dominado por una **construcción convencional**, que sin embargo sigue sin responder adecuadamente a las demandas de los clientes. Se trata de un sector muy fragmentado, con poca cohesión entre líderes industriales o políticos. Todo ello influye en que no sea capaz de responder convenientemente a los siguientes parámetros:

- **Productividad.** La industria de la construcción sigue sufriendo de bajos ratios de productividad que no consigue aumentar.

- **Garantía en cumplimiento de plazos y costes.** En 2015 sólo en el 69% de los proyectos se cumplieron los costes y sólo en el 40% se cumplieron los plazos.

- **Baja cualificación.** La industria tiene problemas para encontrar suficiente mano no cualificada para responder a la demanda actual.

- **Falta de transparencia en los datos.** No se proporcionan datos concretos de los tiempos y costes que suponen este tipo de construcción lo cual afecta negativamente a la percepción de la construcción por los clientes.

Por lo tanto, aunque la construcción convencional permite adaptarse rápidamente y de manera efectiva a los cambios durante la obra del cliente y del diseño, supone mucha incertidumbre en cuanto a los sobrecostes y plazos de ejecución de los proyectos frustrando los objetivos de los clientes. Una mejor comprensión de estos aspectos, recogidos en la siguiente tabla, apunta a la necesidad de un cambio en el sector que debe venir de la mano de la construcción industrializada.

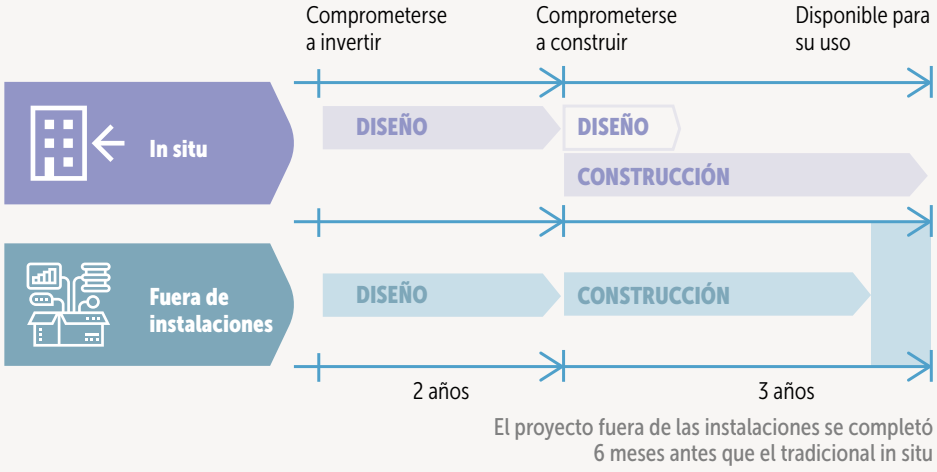
3 KPMG, 2016. Smart Construction: How offsite manufacturing can transform our industry.

Retos estratégicos de la industria	Factores causales in situ
Baja productividad	• La entrega de la construcción in situ depende intrínsecamente de las condiciones de la obra, el clima y la ubicación. • Las complejas interdependencias de los proveedores en la obra son difíciles de gestionar y conducen a imprevistos e ineficiencias. • Los diseños in situ a medida no pueden ampliarse a otros proyectos y carteras.
Poca seguridad en la entrega	• La existencia de muchos niveles de oficios y proveedores in situ crea incertidumbre en los plazos y costes de entrega. • La falta de compromiso de los contratistas de primer y segundo nivel para influir en el diseño aumenta el riesgo de problemas de construcción.
Escasez de personal cualificado	• La amplia gama de habilidades requeridas en la obra crea una dependencia excesiva de un gran número de pequeños grupos de recursos especializados. • La incertidumbre en los requisitos de competencias para los proyectos in situ reduce la capacidad de planificar con éxito y desplegar los recursos en toda la cartera.
Transparencia de los datos	• Las relaciones multicontractuales in situ reducen la capacidad de capturar e informar de los datos vivos y relevantes del proyecto. • Falta de plataformas digitales compartidas.

Problemas y oportunidades de mejora en la construcción in situ actual.

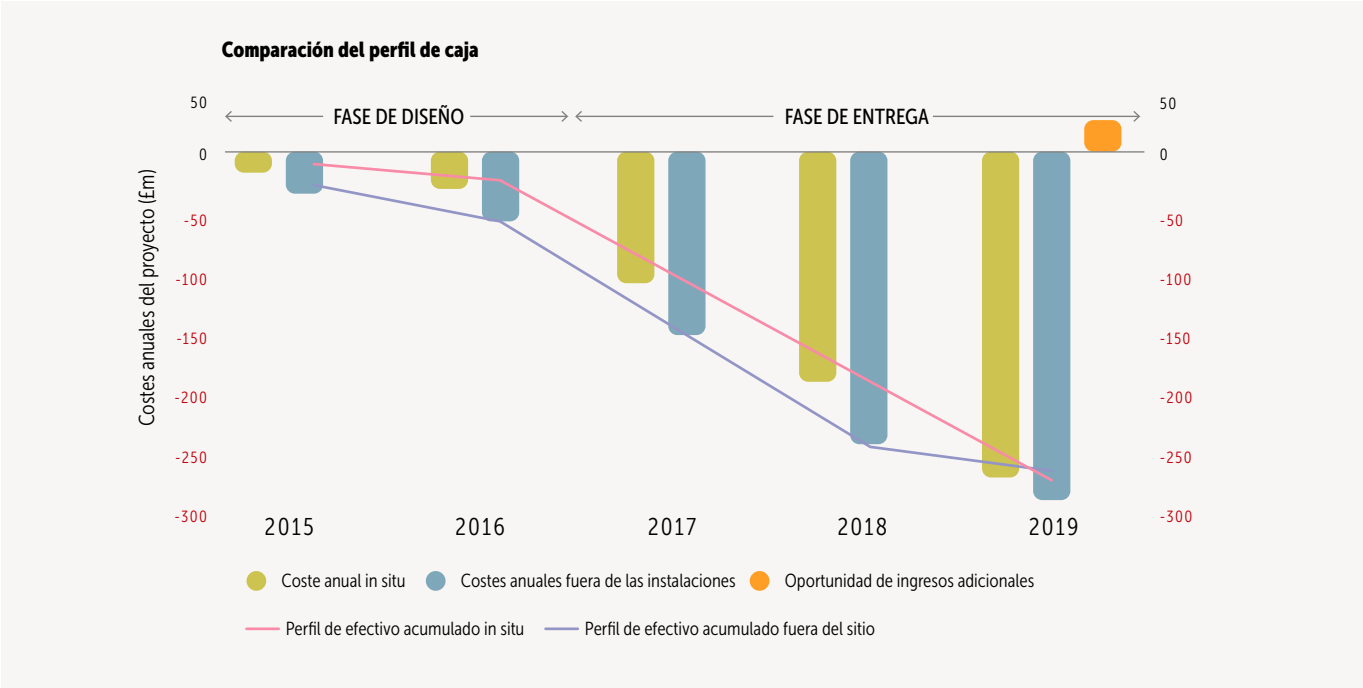
El informe recalca también que los beneficios de la construcción industrializada son la rapidez en la ejecución, la mejor calidad y la mayor seguridad laboral. Pero reconoce también que no son suficientes, ya que la gran mayoría de las construcciones se realiza mediante sistemas convencionales. El estudio contempla que la construcción industrializada tiene un sobrecoste con respecto a la convencional de alrededor de un 6%. El estudio añade los ahorros financieros que puede suponer la construcción industrializada basado principalmente en los recortes en los plazos de ejecución.

La construcción in situ comparada con la construcción fuera de las instalaciones (más de 5 años)

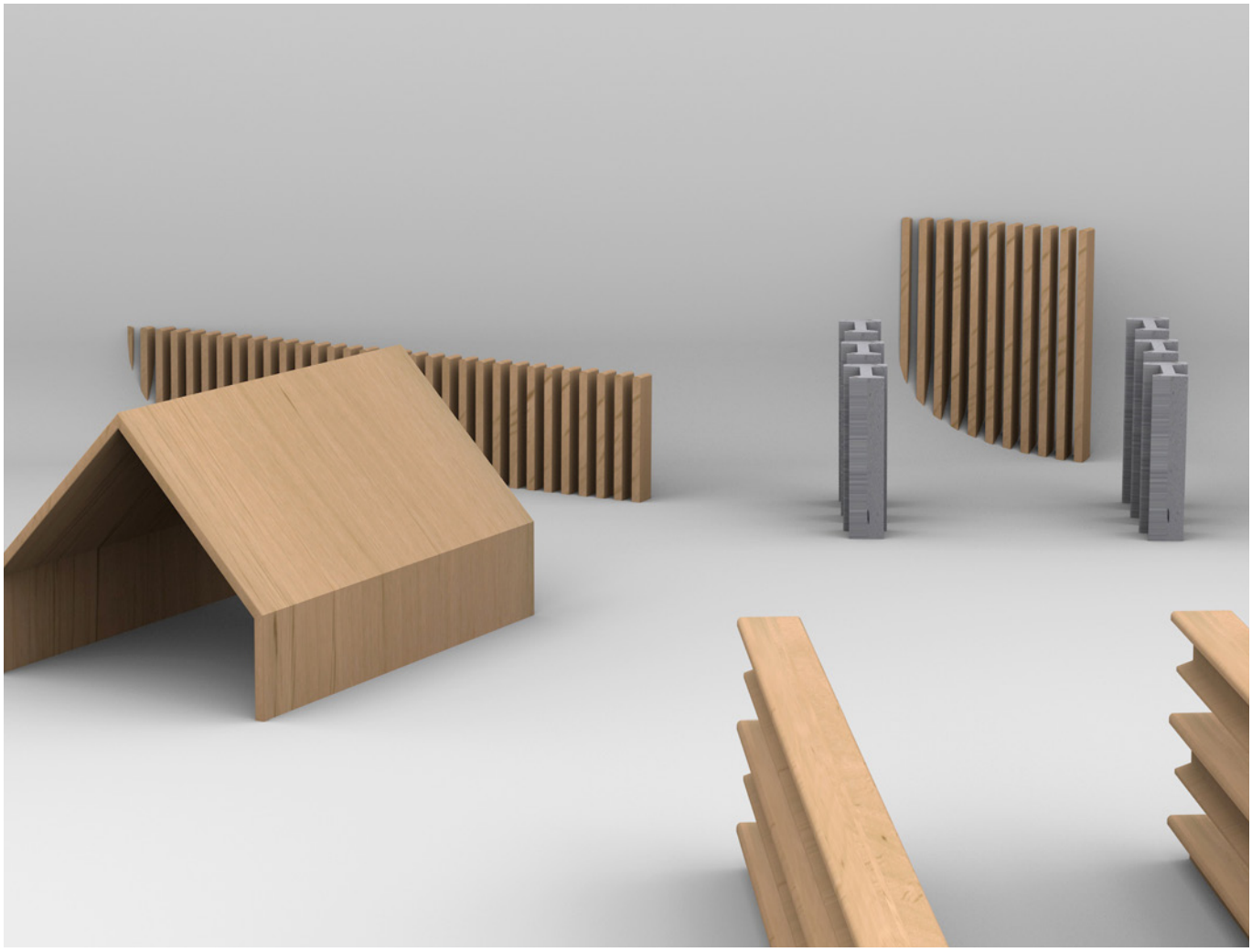


El estudio estima un recorte en plazos de ejecución del proyecto de 6 meses.

El estudio relaciona este recorte en plazos con los ahorros financieros, tanto por poder vender o alquilar antes el edificio como por los costes de inflación, que estima que supone un ahorro del 7%.



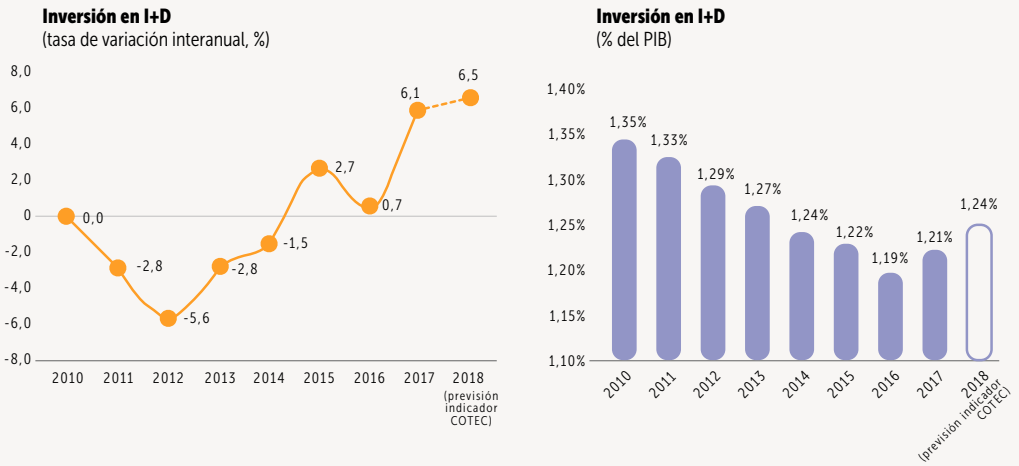
Oportunidad de retorno más rápido en el caso de la construcción industrializada.



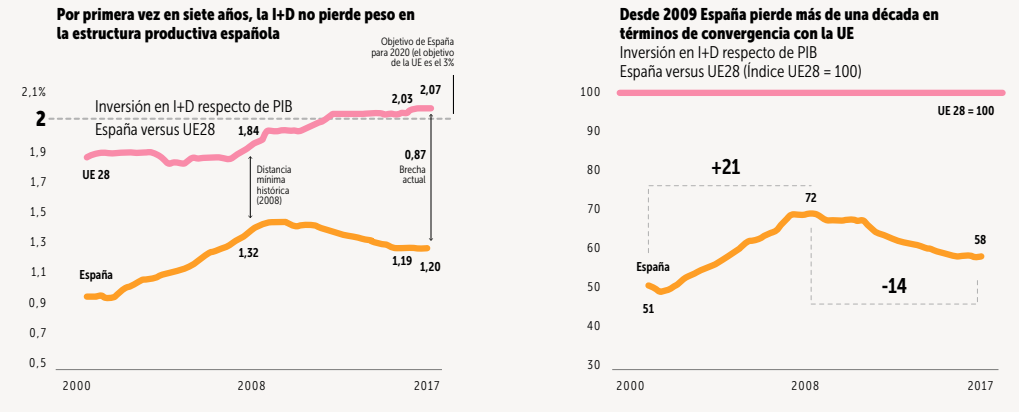
–2– ESTUDIO ECONÓMICO E INNOVACIÓN EN EL CONTEXTO ESTATAL

Tal y como se ha mencionado a lo largo de este documento, la construcción industrializada no se ha desarrollado en España como en otros países del mundo, norte de Europa, Países Escandinavos o Japón.

España siempre aparece a la cola de Europa en inversión en I+D, y además el sector de la construcción es en el que menos se invierte. Según datos del INE de 2017, España invirtió 14.052 millones de euros en I+D en 2017, lo cual supone el 1,2% del PIB. Si bien son datos que mejoran con respecto al año anterior (1,19%), y las previsiones del COTEC son que haya aumentado más en 2018 (1,24%)[4], sigue quedando bastante lejos de los datos de 2010 (1,35%) y lejos del objetivo marcado en el Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación para 2020. Además, la media europea en 2017 era del 2,07% y el objetivo comunitario se marca en el 3% del PIB para 2020.



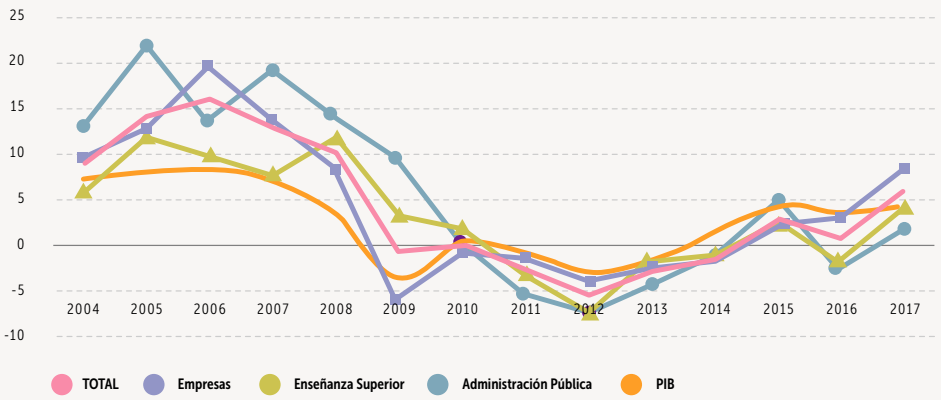
Previsiones de aumento de inversión en I+D en España en 2017 y 2018 según COTEC.[4]



Comparativa del gasto de I+D en España con la media Europea, datos del INE + COTEC.

4 Fundación COTEC para la Innovación
https://cotec.es/espana-recupera-los-niveles-de-inversion-en-id-previos-a-la-crisis-segun-un-nuevo-modelo-de-estimacion-de-cotec/

Desglosando los datos de inversión en I+D en España por los tres principales sectores de ejecución, en 2017 han aumentado su gasto en actividades de I+D respecto al año anterior[5]. De los tres sectores analizados, el empresarial es el que más aporta al gasto de I+D con un 54,9%, lo que supone el 0,66% del PIB. La máxima contribución porcentual del sector privado se registró en 2007 (55,9%). Le sigue el sector Enseñanza Superior, con un 27,1% del gasto total (el 0,21% del PIB). Por su parte, el gasto en I+D de la Administración pública es el que más ha aumentado su representatividad respecto del total, pasando del 16,6% en 2006 al 20,1% en 2009 y 2010, y descendiendo en los ejercicios posteriores hasta alcanzar el 17,8% en 2017.



Si bien en este informe de I+D de 2017 no se encuentra reflejado el peso de la **construcción** en los gastos de I+D, en el mismo informe de 2016 sí aparecía este dato, reflejando que representa únicamente el **1,3% del gasto empresarial el I+D.**

	Agricultura (%)	Industria (%)	Construcción (%)	Servicios (%)
Menos de 250 empleados	1,6	43	1,3	54,2
	(17,2)	(1,6)	(17,7)	(-1,7)
250 y más empleados	0,2	52,4	0,7	46,6
	(14,5)	(6,5)	(-28,5)	(-2,2)
TOTAL	0,7	49,3	0,9	49,1
	(16,6)	(5,1)	(-12,8)	(-2)

Peso de la construcción en el gasto empresarial en I+D.

Por lo tanto, se comprueba que España está a la cola de inversión en I+D e innovación, comparando con la media Europea, y además la construcción representa el sector en el que menos se invierte en I+D. A pesar de que no se trata de un sector en el que la innovación esté especialmente presente, siempre hay salvedades. En el ámbito empresarial destacan las empresas que llevan tiempo apostando por la construcción industrializada como son, clasificándolas según el material utilizado: Modultec, en el caso de la construcción industrializada en acero, Egoin, en el caso de la construcción industrializada en madera y CompactHabit y Homm en el caso de construcción industrializada en hormigón.

En cuanto al mundo investigador en el marco nacional destacan las iniciativas de investigación desarrolladas en los últimos años desde diversos centros de investigación, como es el proyecto estratégico INVISO (Industrialización de Viviendas Sostenibles), subvencionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (2008). También destacan los proyectos europeos MANUbuilding (Open Building Manufacturing) (2005-2009), y CETICA (Ciudad Eco-tecnológica)

5 Informe de I+D de la Dirección General de Industria y de la pequeña y mediana empresa. http://www.ipyme.org/Publicaciones/Informe-ID-2017.pdf

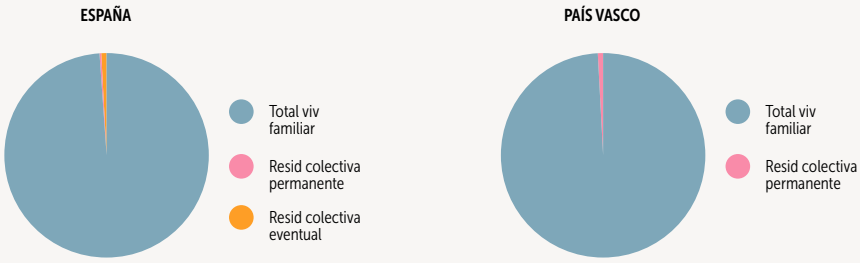
(2007-2010), de carácter nacional. Más recientemente destacan también las investigaciones que están apareciendo en torno a la impresión en 3D de edificios, como el proyecto bemore3D financiado por el CDTI o el proyecto europeo 3Dcons (2015-2018).

De manera similar la Plataforma Tecnológica Española de la Construcción PTEC, junto con la europea, ECTP, han identificado, en sus agendas estratégicas de investigación a la industrialización como medio para incrementar la competitividad del sector, racionalizar los recursos, energéticos y materiales, asociados a los procesos constructivos y minimizar los impactos medioambientales.

2.1 Segmentación del mercado nacional de la edificación industrializada residencial en acero

La siguiente tabla recoge una serie de datos con respecto al número de viviendas construidas en España en 2017, así como al material utilizado en las estructuras de las mismas. De estos datos se extrae la cantidad de viviendas construidas en España en base acero, de las otras características no se puede extraer si se han realizado de forma in situ o industrializada (en base a madera u hormigón). En el caso de estructura metálica, ésta representa un 2,7% del total (Ministerio de Fomento[6], 2017).

Zona	Edificación residencial de nueva planta (2017)			
	Total	Total vivienda familiar	Resid colectiva perm	Resid colectiva event
País Vasco	133 (100%)	**132 (99,9%)**	1 (0,75%)	0
España	24.946 (100%)	**24.778 (99,32%)**	19 (0,076%)	149 (0,59%)



Zona	Estructura Vertical de los edif resid (2017)				Estructura Horizontal	
	Hormigón armado	Metálica	Muros de carga	Mixta y otros	Unidireccional	Otros
País Vasco	112 (84,2%)	**3 (2,6%)**	9 (8%)	9 (8%)	64 (48,12%)	69 (51,8%)
España	17.931 (71,97%)	**2.361 (13,17%)**	3.103 (17,3%)	1.551 (9%)	17.732 (71,37%)	7.214 (28,23%)

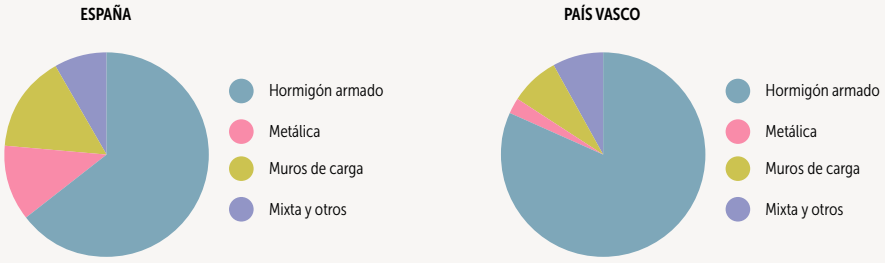


Tabla 3. Datos sobre construcción de viviendas en España, 2017.

6 Ministerio de Fomento, 2017. "Construcción de edificios 2013-2017 – licencias municipales de obra"

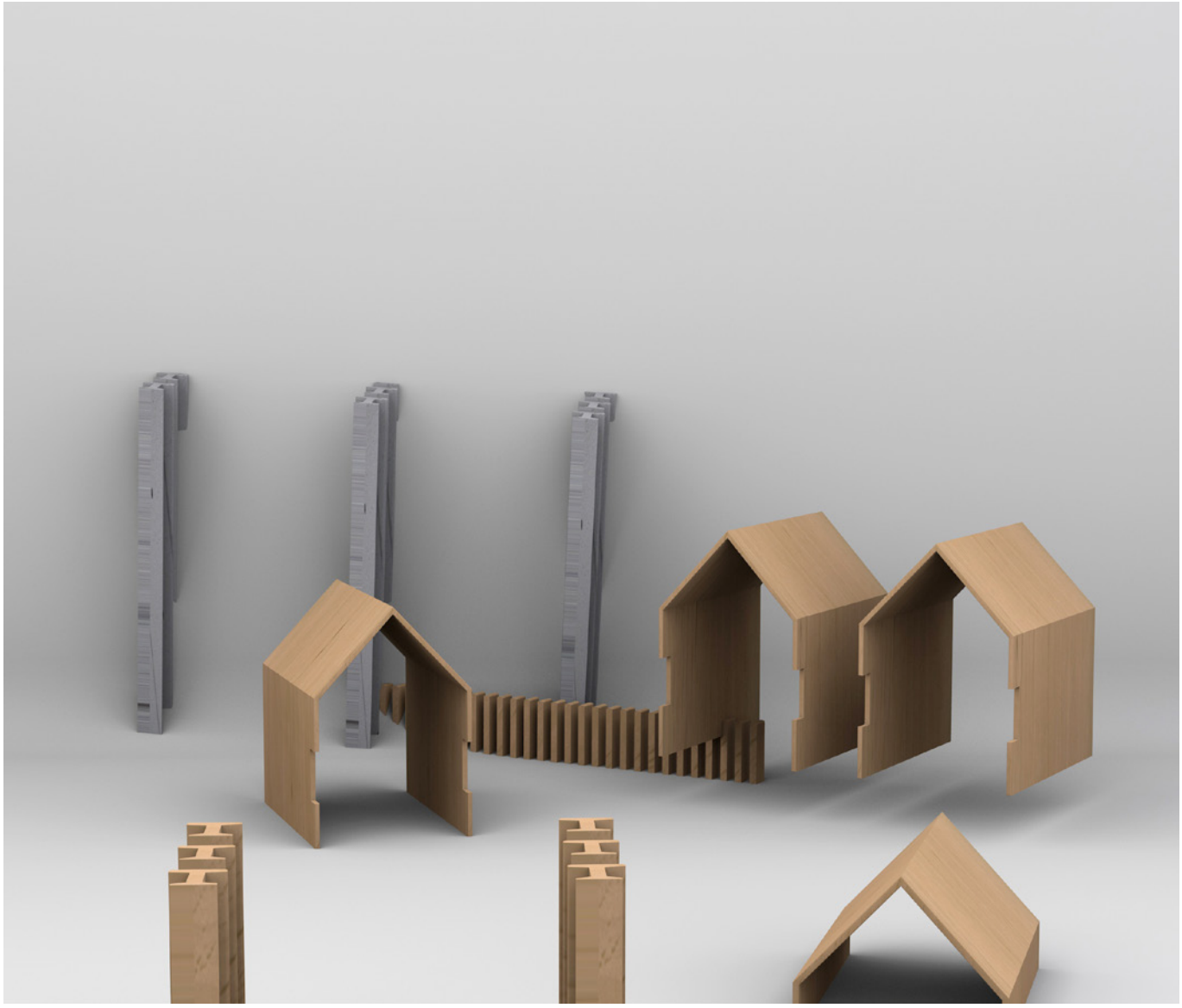
En el caso del acero, su cuota de mercado en el sector de la construcción en España es cercana al 50%, pero para el caso de la edificación residencial supone únicamente el 13,17%. La comparativa de estos datos con otros países europeos muestran que España está bastante por detrás del uso del acero en edificación.

Por lo tanto, en el caso del acero, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- **Mercado más consolidado en otros países** (Reino Unido, Japón, Suecia, Finlandia, etc). El documento refleja la evolución y el desarrollo que ha alcanzado la edificación industrializada en otros países, donde ya representa un importante nicho de mercado consolidado. Este aspecto sugiere que hay espacio en el mercado del país vasco para que integre y se consolide este tipo de edificación.

- Si bien la industria de madera y hormigón ofrece componentes industrializados en Euskadi, resultan escasos los componentes industrializados disponibles en acero. El tejido industrial vasco actual no ofrece una amplia gama de componentes constructivos industrializados en base a acero, exigiendo una mayor colaboración entre el proceso de diseño y la fabricación para definir dichos componentes.

- Tras el análisis realizado, parece que el tejido industrial está más desarrollado para realizar una edificación industrializada, por medio de **edificación por paneles (o componentes bidimensionales)**, más que módulos tridimensionales.



–3– CONTEXTO DE LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA EN EUSKADI

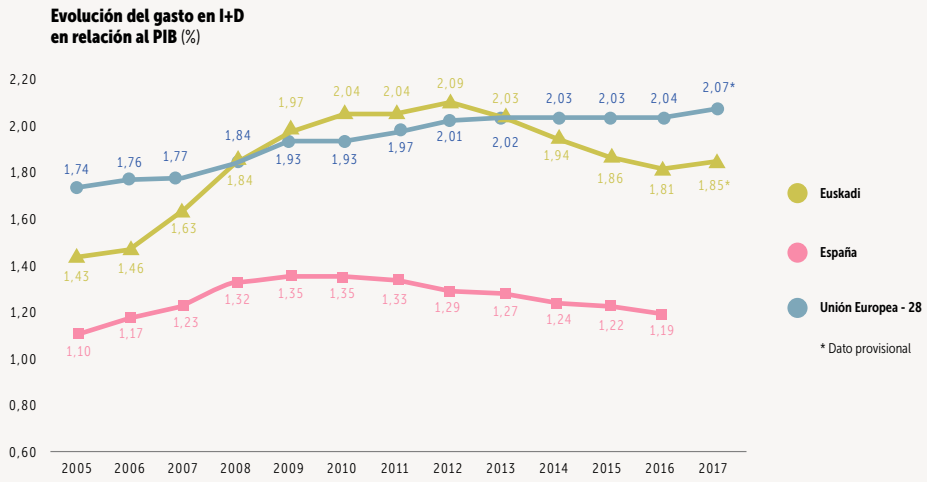
Euskadi se ha caracterizado siempre por su apuesta por crear un entorno propicio para la investigación e innovación, con la finalidad de convertirse en una economía del conocimiento y la innovación. Por ello uno de sus aspectos estratégicos clave en el desarrollo económico, social y cultural es **la innovación**, y cuenta para ello con una sólida base industrial y tecnológica.

Desde 2005, el País Vasco está inmerso en la denominada **Segunda Transformación Vasca**, que impulsa un **profundo proceso de transformación** del tejido industrial, económico y social, basado en **la Innovación**. Fruto de esta apuesta se han creado la **Fundación Vasca para la Ciencia** (Ikerbasque), la **Red Innovanet**, la formación del **Consejo Vasco de Ciencia Tecnología e Innovación**, la constitución de un Fondo de Innovación, la de la Agencia Vasca de la Innovación (Innobasque); así como las alianzas entre centros tecnológicos como **Tecnalia** y **IK4 Research Alliance**.

Entre los mecanismos puestos en marcha destacan **la estrategia Basque Industry 4.0**, y el **Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación (PCTI 2020)**, con los que apuesta en convertirse en **referente europeo**. El impacto conseguido se monitoriza, se sigue y evalúa a través de dos herramientas: **Indizea**, el Índice Vasco de Innovación, que mide el impacto de las inversiones empresariales en I+D+i en la productividad, y **Resindex**, el Índice Regional de Innovación Social.

3.1 Gasto en I+D en relación con el PIB

En relación al PIB, el gasto en I+D de Euskadi se ha situado en 2018 en el 1,85%[7], mismo porcentaje que el año anterior. En comparación a los datos provisionales para la UE-28, Euskadi se sitúa por debajo de la media europea, que alcanza el 2,07%, aunque disminuye una centésima la brecha existente entre ambas.



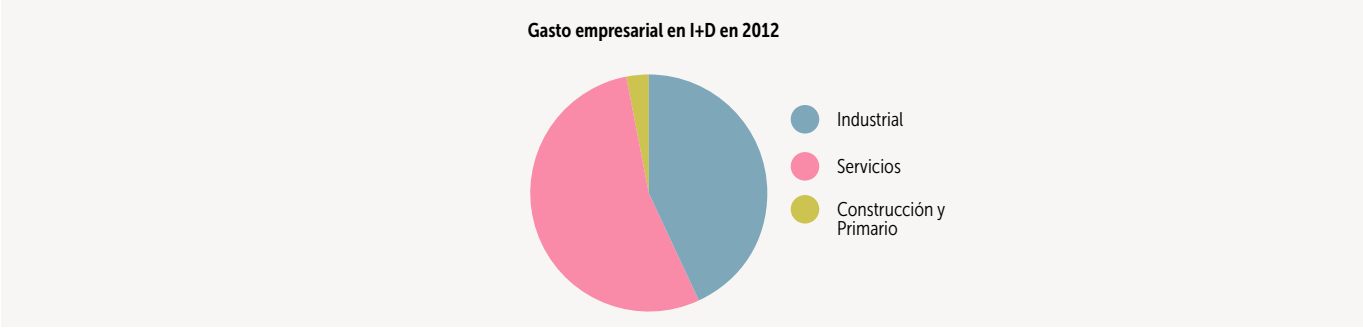
7 Eustat. https://www.eustat.eus/elementos/El_gasto_en_ID_de_la_CA_de_Euskadi_alcanza_su_maximo_historico_en_2018_cifrado_en_14234_millones_de_euros/not0017044_c.html

3.2 Gasto en innovación por sectores de actividad en el País Vasco

En cuanto al sector de ejecución del gasto en I+D interna, la mayoría, el **75,9%** (1.079,8 millones de euros), lo llevaron a cabo las **Empresas**, mientras que el **17,4%** (247,1 millones) correspondió a la **Enseñanza Superior** y el **6,8% restante** (96,5 millones) lo ejecutaron diversos Organismos dependientes de la **Administración**. Esta distribución sectorial de ejecución del gasto en I+D interna se mantiene relativamente estable en los últimos años.

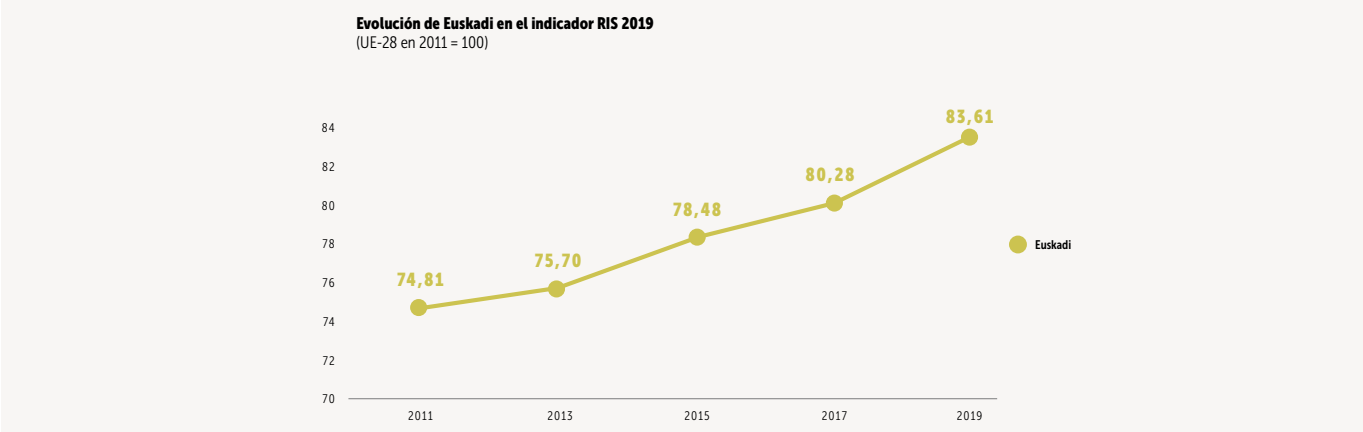
Respecto al año anterior, dos de los tres sectores, Empresas y Enseñanza Superior, presentan un aumento de su gasto en I+D interna del 5,5% y del 4,2%, respectivamente. Sin embargo, en el caso de la Administración Pública ha descendido un 6,2%, debido, en buena medida, a la reducción de sus gastos de capital que descienden de 19,5 millones de euros en 2017, a 7,1 millones el pasado año.

Si bien no se han encontrado datos más recientes que los generados para el 2012, resulta interesante destacar el gasto que realiza el sector Empresarial en I+D por sectores de actividad, el sector **industrial** concentró el **43,1%** del gasto en 2012, mientras que el sector **servicios** supuso el **54,1%**, quedando un **2,8%** para **construcción y sector primario**. Queda por tanto patente la escasa inversión en I+D en el sector de la construcción.



Por otro lado, el **País Vasco** es un polo de **eco-innovación**[8] en el que se pueden desarrollar, pilotar y aplicar nuevos conocimientos y tecnologías, gracias a las **condiciones favorables** que existen. Entendiendo por eco-innovación cualquier forma de **innovación que reduce los impactos ambientales** y optimiza el uso de los recursos.

En relación a las regiones europeas, según el "European Innovation Scoreboard" de 2019[9], Euskadi ha mejorado su rendimiento en innovación en los últimos 8 años.



8 Euskadi como polo de eco-innovación. Innobasque
https://www.innobasque.eus/uploads/documentos/presentaciones/DA31F357135A8579EDAF6A161DF0D57D25EA08B5.pdf

9 European Innovation Scoreboard, 2019. https://ec.europa.eu/growth/industry/innovation/facts-figures/scoreboards_en

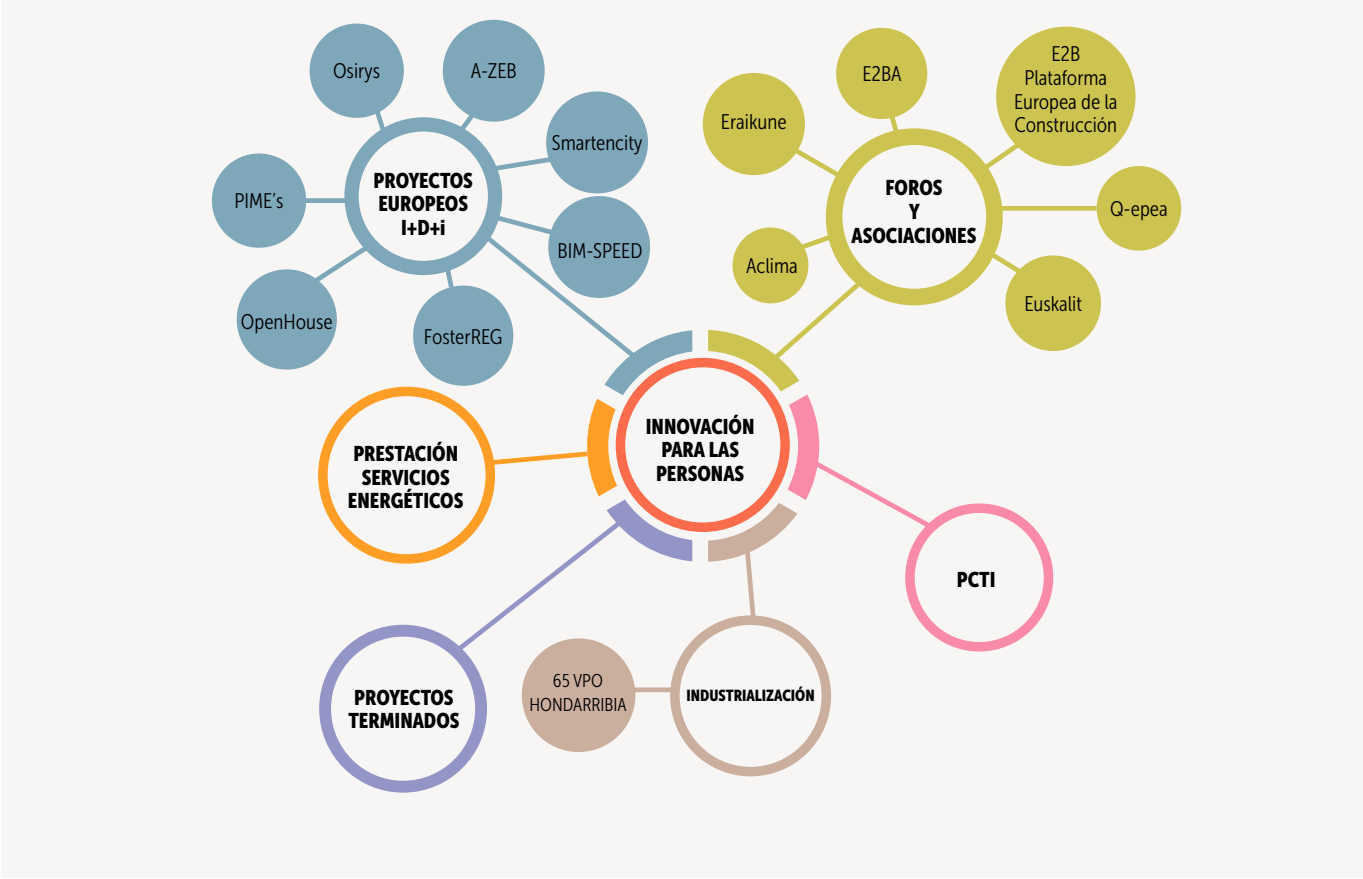
Si bien ha bajado en su posicionamiento como región innovadora europea, pasando a ser región de alta innovación notable en 2017 a región de innovación moderada en 2019, debido principalmente a que ha bajado la inversión en I+D en las pymes con respecto a sus competidores europeos, y al factor corrector aplicado a España.

Sin embargo, aunque Euskadi se posicione como una región innovadora dentro de Europa, no parece ser precisamente por las inversiones en innovación que se realiza en el sector de la construcción, ya que como se ha comentado, supone menos del 2% de la inversión en I+D que se realiza en Euskadi.

En cualquier caso, cabe señalar que en el **Plan Director de Vivienda** (2018-2020) presenta, en los Ejes Estratégicos del Plan, el número 5, busca "Promover la innovación en tema de vivienda, de cara a adecuar la oferta a la demanda" Se persigue implantar modelos que se adecúen a las necesidades de la población joven y otros colectivos. Cabe destacar, tal y como se ha mencionado anteriormente, el **Plan de Industrialización Basque Industry 4.0**, donde se debe ubicar la edificación industrializada.

En este sentido, quizás el agente de innovación vasco más importante del sector de la construcción sea **VISESA**, la principal promotora pública de viviendas del gobierno vasco. El objeto de la Política de Innovación de VISESA es el de impulsar la calidad, la sostenibilidad y la innovación en el sector. Para ello, VISESA ha participado y participa en diversos proyectos colaborativos de los Programas Marco de I+D+i de la Unión Europea.

Los proyectos desarrollados permiten viviendas que favorecen y mejoran la vida de las personas, incorporando la utilización de nuevas técnicas de gestión y construcción de viviendas urbanas en Euskadi basadas en 4 ejes fundamentales: **industrialización**, sostenibilidad, eficiencia energética y la accesibilidad.



Proyectos innovadores de Visesa.

Entre los proyectos innovadores realizados por VISESA, en los que se ha apostado por incorporar la construcción industrializada, destacan las 72 viviendas de Zabalgana, Vitoria (2008), y la reciente promoción de 65 viviendas VPO industrializadas en madera de Hondarribia (2018).

Del mismo modo es oportuno mencionar, dentro de las publicaciones del sector de la construcción, el monográfico de la revista "Informes de la Construcción" (2008) dedicado a la industrialización de la vivienda en el que se recoge que *"el interés por la industrialización de la vivienda en Europa, también en España, parece resurgir una vez más, en esta primera década del Siglo XXI"*[10]. En él se recoge también la superación de la prefabricación cerrada, marcando una nueva tendencia la construcción industrializada por componentes.

En esta línea destacan también diferentes proyectos de investigación llevados a cabo en este contexto, entre los que destacan, el proyecto "Ideafabrik" liderado por Visesa y la EHU/UPV, así como el estudio apoyado mediante el programa Eraikal del Gobierno Vasco de 2013: "Estudio-Diagnóstico sobre las posibilidades del desarrollo de una edificación residencial industrializada dirigida a satisfacer las necesidades de vivienda pública y muy especialmente en alquiler en la CAPV"[11].

Por último volver a señalar la apuesta del Gobierno Vasco en los últimos años en torno a la Industria 4.0, como una siguiente era de la robotización en la industria; y que se espera que tenga también un impacto importante en el sector de la construcción, robotizando y automatizando sus fábricas o incluso impulsando las construcciones por robots o por impresión en 3D. Concepto que se está dando a conocer como construcción 4.0.

En definitiva, se puede afirmar que tanto el sector de la construcción, el investigador y las administraciones entienden la industrialización como una de las vías para incrementar la competitividad, reducir los impactos medioambientales e incluso aumentar la seguridad laboral. Esto se resume en conseguir un sector de la construcción sostenible e innovador.



10 Oteiza I. 2008. *Industrialización de la vivienda*, Informes de la construcción, Vol. 60, Nº 512.

11 Esteban García Marquina, Eraikal 2013. Estudio-Diagnóstico sobre las posibilidades del desarrollo de una edificación residencial industrializada dirigida a satisfacer las necesidades de vivienda pública y muy especialmente en alquiler en la Comunidad Autónoma del País Vasco.

4 SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA



CONTENIDO

–1– CONCEPTOS BÁSICOS DE LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

1.1 CONCEPTO DE INDUSTRIALIZACIÓN

–2– SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA Y GRADOS DE PREFABRICACIÓN

2.1 ELEMENTOS LINEALES O UNIDIMENSIONALES

2.2 PANELES O COMPONENTES BIDIMENSIONALES

2.3 MÓDULOS O TRIDIMENSIONALES

2.4 EDIFICIOS MIXTOS O HÍBRIDOS

2. 5 EDIFICIOS IMPRESOS EN 3D Y CONSTRUIDOS POR ROBOTS

–1– CONCEPTOS BÁSICOS DE LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA[1]

Esta sección pretende definir y aclarar determinados conceptos generales sobre edificación industrializada, para de esta forma, establecer un punto de encuentro para afrontar el documento con una terminología clara y compartida.
Se trata de conceptos básicos que subyacen detrás de términos tales como industrialización, prefabricación, automatización, componente, elementos, sistemas, etc.

1.1 Concepto de industrialización

INDUSTRIALIZACIÓN

Organización del proceso productivo que implica la aplicación de tecnologías avanzadas al proceso integral de diseño, producción y gestión, bajo la perspectiva de una lógica nueva. Así, podemos definir industrialización como la combinación de:

RACIONALIZACIÓN + PREFABRICACIÓN + AUTOMATIZACIÓN

RACIONALIZACIÓN

Conjunto de estudios y análisis dedicados a la optimización del diseño, los métodos y las tecnologías de producción, así como de las técnicas de gestión, cuyo objetivo último es el incremento de la productividad y la rentabilidad económica de un proceso productivo.

La racionalización no implica industrialización y así, por ejemplo, puede darse una racionalización de las tareas en los procedimientos tradicionales de construcción. Sin embargo, cualquier tipo de industrialización requiere una racionalización previa.

PREFABRICACIÓN

Fabricación de elementos en tiempo y lugar no necesariamente coincidentes con los de utilización final.

Al igual que antes, la prefabricación no implica necesariamente industrialización, aunque vuelve a ser una condición necesaria.

AUTOMATIZACIÓN

Utilización de sistemas y tecnologías para controlar maquinaria y/o procesos industriales sustituyendo la intervención humana. La mecanización provee al operador humano de mecanismos que le asisten en los esfuerzos físicos del trabajo. La automatización reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano.

1 Para esta sección se toma de base el proyecto realizado para VISESA por parte de Tecnalia "VISIR: Asistencia Técnica de Viabilidad de la edificación industrializada basada en acero" 2009.

La automatización como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un mero sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistema de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

Se podría definir por tanto como **el proceso productivo que de forma racional y automatizada emplea materiales, medios de transporte y técnicas mecanizadas en serie para obtener una mayor productividad y calidad constructiva.**

El grado de industrialización aplicado a la construcción no depende de la precisión, calidad o nivel tecnológico aplicados en la fabricación de cada uno de sus componentes, sino de su integración para formar un todo. Así, pueden emplearse componentes de elevada tecnología como elementos de una construcción tradicional, sin que ésta se considere construcción industrializada.

En síntesis, actualmente las características básicas en una construcción industrializada son las siguientes:

- Aplicación de tecnologías avanzadas en la fabricación y ensamblaje de componentes. La industrialización no implica necesariamente el uso de materiales nuevos, sino nuevas formas de aplicación o combinación de los materiales.

- Prefabricación de los componentes y elementos constructivos en instalaciones ajenas al lugar de montaje definitivo.

- Producción en serie de los componentes y elementos constructivos.

- Reducción e incluso eliminación de tiempos de espera y acopio en obra: concepto just-in-time.

- Racionalización y mecanización de las operaciones de montaje de los componentes en obra.

- Introducción de nuevas técnicas de gestión de la producción.

De esta manera la edificación industrializada supone una revolución respecto a los métodos tradicionales, incluso ha revolucionado el uso del prefabricado. La filosofía por tanto, consiste en convertir la construcción de una Nave, Hotel, Edificio, Vivienda,... en una producción industrial, es decir una cadena de montaje. Obtener las ventajas que ofrece un trabajo en cadena implica mejorar la calidad de los materiales y acabados, y mejorar en plazo y precio. Un símil histórico sería las mejoras que introdujo Henry Ford en el mundo del automóvil cuando se empezaron a producir en serie.

No obstante, la construcción industrializada hoy en día no es todavía como la fabricación de un vehículo ni como cualquier producto que se pueda producir en cadena, por eso, las distintas metodologías de construcción industrializada intentan introducir el trabajo en cadena en alguna de las fases de la construcción para así eliminar las tareas más manuales, caras y requirentes de mano de obra no cualificada.

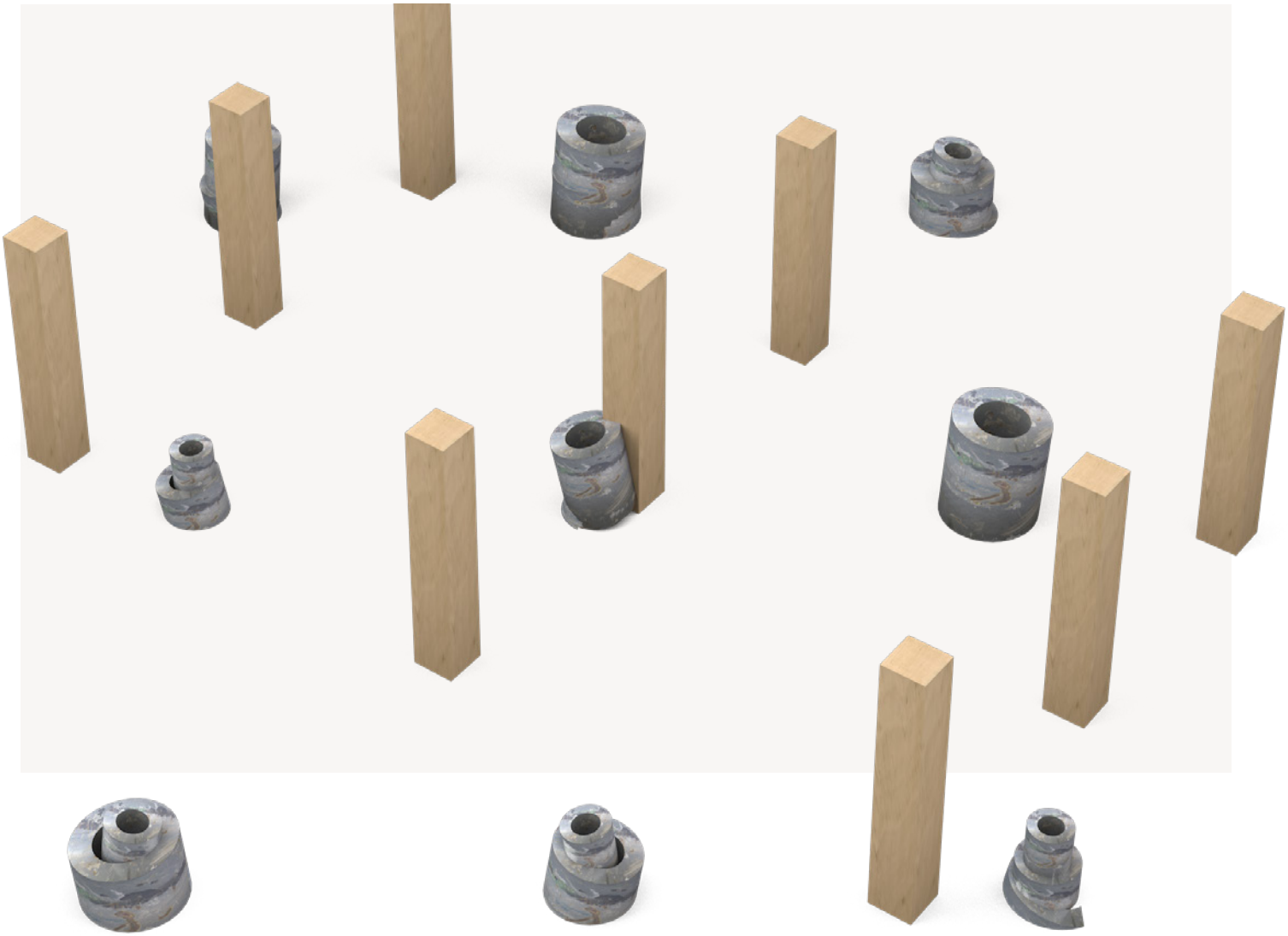
Con este concepto se intenta pasar la mayor parte de trabajo en obra a una factoría. Esto tiene varias ventajas como un aumento de la productividad, una especialización de la mano de obra, una reducción de los accidentes, un aumento de la calidad debido al mayor control en la producción y lo que es más importante, una reducción de plazos (entendido como tiempo en obra) y costes.

Para incorporar el concepto de "cadena de producción" al mundo de la construcción, se tiene que adaptar el diseño de los edificios y realizar una producción flexible, también es necesario que no quede nada sin definir con

perfección ya que las modificaciones una vez empezada la producción son más difíciles que para el caso de la construcción tradicional.

Sin duda, el aspecto burdo, rígido, repetitivo, monótono y simplista de los edificios prefabricados del norte de Europa en los años 70's y 80's reforzó la mala imagen que ya se tenía de la construcción prefabricada. Sin embargo los sistemas constructivos industrializados y prefabricados han evolucionado muchísimo desde entonces, y en la actualidad las posibilidades de diseño son ilimitadas.

De hecho, pueden identificarse tres etapas diferentes en su evolución. En una primera etapa se desarrollaron productos con un diseño constructivo y soluciones tipológicas muy rígidas que verdaderamente limitaron los procesos creativos de los arquitectos. En esta época, las soluciones arquitectónicas se centraron fundamentalmente en la organización espacial del conjunto, más que al diseño de las construcciones. Sin embargo, en una segunda etapa se desarrollaron productos que permitieron una cierta elección de los diseños, y su objetivo era crear sistemas de componentes semiabiertos. Estos sistemas posibilitaban el desarrollo de una variedad limitada de tipologías por parte de los proyectistas, a partir de diseños de componentes muy elaborados pero de poca flexibilidad. Por último, en la actualidad estamos asistiendo a una tercera etapa en el uso de sistemas prefabricados. Actualmente se construyen sistemas prefabricados, completamente abiertos, que son capaces de proporcionar una gran variedad de posibilidades de desarrollo de diseño de tipologías. Con la tecnología actual, y los avanzados sistemas de CAD/CAM/CAE prácticamente se puede construir en fábrica cualquier componente de un edificio o nave, para ser montado, con posterioridad, en el lugar que le corresponda en obra.



–2– SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA Y GRADOS DE PREFABRICACIÓN

Este apartado clasifica y ordena los diferentes sistemas actuales de industrialización en el sector de la construcción, así como sus ejemplos. Para ello se diferencian cuatro principales grados de prefabricación o industrialización: elementos lineales o unidimensionales, por paneles o componentes bidimensionales, módulos tridimensionales y mixto. A su vez, cada grado de prefabricación se agrupa dependiendo su sistema constructivo y el material utilizado: **Madera (contralaminada o entramado ligero), Acero (estructural o acero ligero), y Hormigón (prefabricado o in situ).**

2.1 Elementos lineales o unidimensionales

Son los más sencillos –unidimensionales– pero también los más implantados en la edificación industrializada. En definitiva se tratan de elementos viga y elementos pilar que configuran las estructuras principales de los edificios. Se fabrican completamente en naves de prefabricación o en talleres de estructuristas de forma que tan sólo es necesario ejecutar sus uniones en obra. Se exponen a continuación diferentes ejemplos dependiendo del material del elemento lineal: madera, acero y hormigón.

2.1.1 EN BASE A MADERA. Pilares y vigas de madera

Existen también gran cantidad de productos prefabricados de madera como elementos lineales estructurales, tanto **pilares, vigas o viguetas de madera**. Los diferentes tipos de elementos lineales de madera: pilares, vigas y viguetas, se han clasificado dependiendo del tipo de madera utilizada, en cuanto a que sea madera maciza, madera laminada, madera microlaminada, perfiles de aglomerado de astillas (LVL), y laminado de fibras (LSL) y mezcla de OSB con microlaminada.

ESTRUCTURA DE MADERA MACIZA

Ha sido el principal tipo de estructura utilizada en la construcción tradicional. La mayoría de los cascos históricos de nuestras ciudades están construidos mediante estructuras de madera maciza, generalmente de roble, tanto para los pilares como para las vigas. Las viguetas pueden alternar entre madera maciza de roble o pino.



Fig 1. Estructuras de madera maciza (vigas y pilares).

ESTRUCTURA DE MADERA LAMINADA

La madera laminada, consistente en la unión encolada de tablas o láminas de madera, en una misma dirección. Resultó un avance importante para las estructuras de madera, ya que permite alcanzar luces mucho mayores que mediante la madera maciza. Ofrece además gran variedad de formas, curvaturas, y dimensiones aportando mucha flexibilidad en los diseños estructurales.



Fig 2. Piezas lineales prefabricadas de madera laminada.

ESTRUCTURA DE MADERA MICROLAMINADA (LVL)

La madera microlaminada o LVL (del inglés Laminated Veneer Lumber), se trata de una material compuesto por chapas de madera encoladas en la misma dirección de la fibra. Además de su ligereza, proporciona gran resistencia a flexión y uniformidad de las propiedades. Sin embargo es más habitual en el mercado americano que en el estatal, en el que no resulta fácil encontrar proveedores de este material.



Fig 3. Elementos lineales de madera microlaminada.

PERFILES DE AGLOMERADO DE ASTILLAS (PSL)

Perfiles aglomerados de astillas o PSL (del inglés Parallel Strand Lumber), generados mediante la unión de láminas de astillas paralelas, pegadas entre sí bajo calor y presión. Se usan principalmente para vigas que requieren alta resistencia a flexión.



Fig 4. Perfiles de aglomerado de astillas (PSL).

LAMINADO DE FIBRAS (LSL)

Las piezas de laminado de fibras o LSL (del inglés Laminated Strans Lumber) son finas astillas orientadas en paralelo y adheridas a presión y vapor, fabricadas a partir de la unión de largas hebras de madera (hasta 30 cm). Permite más aplicaciones estructurales que la madera maciza. La madera proviene de árboles pequeños o de crecimiento rápido.



Fig 5. Piezas de laminado de fibras (LSL).

VIGUETAS DE MADERA CON OSB O PIEZA MICROLAMINADA

Se trata de combinar los tableros de OSB actuando como alma de las viguetas de madera, y de panel microlaminado en la cabeza de las viguetas. No es tampoco habitual encontrarlo en el mercado estatal.



Fig 6. Piezas combinando panel de OSB con madera microlaminada.

En cualquier caso la madera más comúnmente utilizada en el País Vasco, para los elementos lineales de estructura, es la madera laminada, y en alguna ocasión concreta también la madera maciza. Tanto el LSL y el LVL se pueden usar como elementos estructurales, si bien se debe analizar cuándo conviene más uno u otro elemento dependiendo del proyecto concreto. Por ejemplo los paneles de CLT tienen menor capacidad de resistencia a carga vertical que los LVL o LSL, pero se pueden producir en mayores espesores. Se adjunta a continuación una tabla comparativa de las diferentes capacidades estructurales de los diferentes elementos estructurales de madera mencionados, aunque varían algo dependiendo del fabricante de la madera.

	Madera de construcción No.1/No.2 perno, SPF	Madera de construcción SS, D.Fir	Glulam douglas fir 24f-E	LVL 2.0E	LSL 1.55E	PSL D.Fir	CLT pared 5-Chapa
Tensión de compresión paralela al grano, f_c (MPa)	11,5	19,0	30,2	35,2	22,5	31,9	11,6 (largo) 5,4 (trans)[1]
Tensión de compresión perpendicular al grano, f_{cp} (MPa)	5,3	7,0	7	9,4 (viga) 6,9 (tablón)	10,0 (viga) 6,1 (tablón)	9,4 (viga) 6,0 (tablón)	5,3[2]
Corte longitudinal, f_v (MPa)	1,5	1,9	2	3,7 (viga) 1,8 (tablón)	5,2 (viga) 2,0 (tablón)	3,7 (viga) 2,7 (tablón)	2,2[3]
Flexión en la fibra extrema, f_b (MPa)	11,8	16,5	30,6	37,6 (viga) 37,6 (tablón)	29,6 (viga) 33,3 (tablón)	37,0 (viga) 35,7 (tablón)	N/A[4]

1 Se supone que las lonas longitudinales tienen una f_c de 19,3MPa (madera MSR), y que las lonas transversales tienen una f_c de 9,0MPa (No.3 / Stud). Para la tensión longitudinal, se espera que sólo contribuyan las láminas longitudinales, y viceversa, por lo que la capacidad de compresión global se reduce en función del número de láminas en la dirección de la carga.

2 Fuera del plano.

3 Sobre la base de una capacidad de corte de 5,5 MPa resistida sólo por las capas longitudinales.

4 Las láminas tienen diferentes fb en función de la orientación, por lo que la capacidad de flexión de la pared debe calcularse como una sección compuesta.

2.1.2 EN BASE ACERO. Perfiles de acero laminados en caliente

Existe en el mercado una gran oferta de secciones, dimensiones y tipos de acero de perfiles para la construcción que, además están perfectamente estandarizados y reconocidos en normas de producto internacionales: los tipos de acero según la UNE-EN 10025 y las secciones de los perfiles según su norma correspondiente, UNE-EN 10024:1995, UNE-EN 10034:1994, UNE-EN 10051:1998, UNE-EN 10056-2:1994, UNE-EN 10079:1994, UNE-EN 10279:2001, UNE 36559:1992.

A continuación se describen de forma breve las secciones más empleadas de perfiles de acero laminados en caliente.

PERFILES DE SECCIÓN TIPO H

Son perfiles de sección en forma de doble T y, hasta alcanzar un canto de 300 mm, cuyas dimensiones del ala y del ala son coincidentes. Existen diferentes tipos de secciones en H:

- **HE**. Perfiles H de alas anchas: HEB (Perfiles de largas alas o perfil base), HEA y HEAA (Perfiles de alas aligeradas), HEM (Perfiles de alas reforzadas). Cantos comprendidos entre 100 y 1.000 mm, espesores de alma entre 4 y 36 mm y espesor del ala entre 5,5 y 64 mm.
- **HL**. Perfiles H de alas extra anchas. Altura entre 920 y 1.100.
- **HP**. Perfiles H de alas y caras paralelas para pilares. Altura entre 200 y 400.
- **HD**. Perfiles de alas anchas. Altura entre 260 y 400, espesores de alma hasta 80 mm y de ala hasta 125 mm.

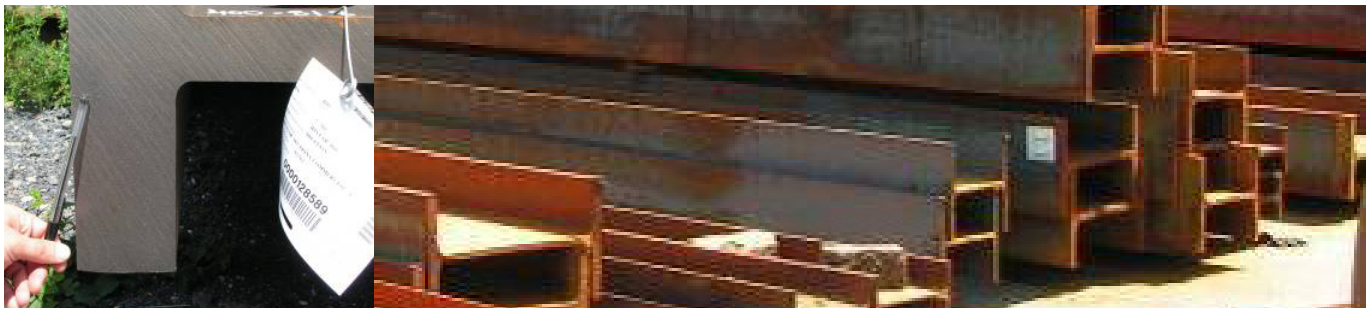


Fig 7. Ejemplo de pilares tipo H.

PERFILES EN I

Al igual que los perfiles tipo H, son secciones en forma de doble T pero en éstos la dimensión del ala es siempre menor que la del alma. Se pueden encontrar en el mercado las siguientes variantes:

- **IPE**. Alas paralelas de canto comprendido entre 80 y 750 mm., espesores de alma entre 3,3 y 15,6 mm. y espesor de ala entre 4,2 y 25,4 mm.
- **IPN**. Alas inclinadas, caras exteriores perpendiculares al alma e interiores con una inclinación del 14% respecto a las primeras, con espesor decreciente hacia los bordes. Canto entre 80 y 600 mm, espesores de alma entre 3,9 y 21,6 mm y espesor del ala entre 5,9 y 32,4 mm.

La imagen siguiente presenta una aplicación típica de perfiles tipo IPE y HEB como vigas y pilares de una estructura de acero.



Fig 8. Ejemplo de pilares tipo I. Fuente: Arcelor Mittal ITEA, Juan Mª Sansinenea.

PERFILES EN U



De sección en forma de U, alma única y semi alas, existen desde el punto de vista comercial:

- **U de alas inclinadas**. Caras exteriores de las alas perpendiculares al alma e interiores con inclinación del 8%, espesor decreciente hacia los bordes. Dimensiones: canto desde 40 hasta 65 mm, espesor del alma desde 5 hasta 6 mm y de ala desde 5,5 hasta 7,5 mm.
- **UPN**. Alas inclinadas con un 8% para alturas inferiores o iguales a 300 mm y del 5% para mayores. Cantos desde 80 hasta 400 mm, espesores de alma entre 6 y 14 mm. y espesores de ala desde 8 hasta 18 mm.
- **UPE**. Alas paralelas, sin inclinación. Rangos dimensionales similares a las UPNs.

ANGULARES

Son perfiles más ligeros que los anteriores, de sección en forma de L, y se pueden encontrar dos tipos de secciones:

- Angulares de **lados iguales**.
- Angulares de **lados desiguales**.

PERFILES ALIGERADOS

Principalmente se emplean en soluciones para vigas fabricadas a partir de perfiles en H o en I laminados en caliente que "aligeran" al eliminar material del alma del perfil. La forma de fabricar estos perfiles se presenta en las figuras siguientes así como diferentes formas de los agujeros practicados en el alma.

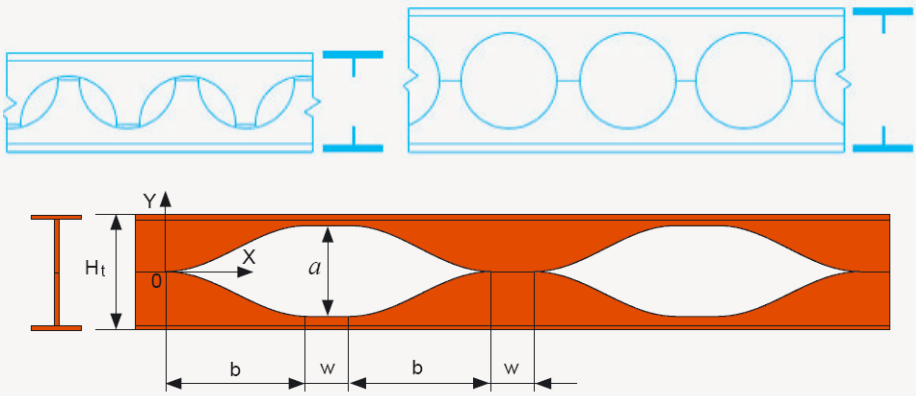


Fig 10. Ejemplo de perfiles aligerados. Fuente. Arcelor Mittal.

PERFILES ASIMÉTRICOS

Empleados principalmente para construir soluciones de forjado en las cuales el perfil de acero quede "integrado o embebido" en la propia losa de forjado. Se fabrican partir de perfiles de sección I o H a los que se les suelda una platabanda inferior que proporciona un ala más ancha que la superior. Existen las siguientes variantes:

- **IFB**. Fabricadas a partir de media I o H y una platabanda para el ala inferior.
- **SFB**. Fabricadas a partir de una I o H más una platabanda soldada al ala inferior.
- **USFB**. "Ultra Shallow Floor Beam": Vigas aligeradas complementadas con platabandas soldadas al ala inferior.

OTRAS SECCIONES

Los perfiles presentados anteriormente son los denominados comúnmente "europeos", también existen en el mercado internacional secciones similares a las presentadas pero con variaciones que hacen necesario relacionarlos con normas específicas de producto:

- Secciones **británicas** (UB, J, UC, UBP, PFC, CH, UB, J, UC, UBP, PFC, CH).
- Secciones **americanas** (W, S, HP, C, MC, L).
- Secciones **japonesas** (H).

Podemos concluir, respecto a los perfiles de acero laminados en caliente, que existe una amplia gama disponible en el mercado capaz de ofrecer solución a prácticamente cualquier estructura de edificación. Sin embargo, su aplicación en edificación residencial es limitada y los proyectistas siguen encontrando dificultades para resolver aspectos tales como la prescripción de los revestimientos necesarios para la protección anticorrosiva y contra el fuego y el diseño de las uniones en obra.

2.1.3 EN BASE A HORMIGÓN. Pilares y vigas de hormigón prefabricado

Al igual que para el caso del acero y la madera, existen también una gran cantidad de productos prefabricados de hormigón, tanto de pilares, como de vigas. Se trata de elementos lineales prefabricados muy utilizados principalmente en edificio de tipo industrial como los pabellones, en los que existen una amplia gama de tipos de pilares y vigas de hormigón prefabricado para dar respuesta a las diferentes luces y dimensiones. En el sector residencial, si bien se han hecho algunas obras con este sistema, no está tan extendido su uso. Este apartado se divide por tanto entre los diferentes **pilares y vigas de hormigón prefabricado:**

PILARES DE HORMIGÓN PREFABRICADO

Tal y como se ha comentado existe una amplia gama de pilares prefabricados de hormigón utilizados principalmente para dar respuesta a las necesidades particulares de los pabellones industriales, en cuanto a luces y dimensiones. Se han desarrollado también diferentes tipos de unión entre las vigas y los pilares prefabricados, resolviendo las uniones por medio de ménsulas añadidas a los pilares, y armadura de acero que, en forma de "esperas" reciben el vertido posterior de hormigón in situ para la mejora del empotramiento; o uniones combinadas con placas metálicas dependiendo de las articulaciones o empotramientos que se quieran conseguir.

Se incluyen a continuación varios ejemplos de los diferentes tipos de pilares de hormigón prefabricado, así como de las diferentes uniones planteadas.








Fig 11. Diferentes tipos de pilares prefabricados de hormigón, y las uniones planteadas con las vigas también prefabricadas de hormigón.

VIGAS DE HORMIGÓN PREFABRICADO

De manera similar al caso de los pilares de hormigón prefabricado, el mercado ofrece también una gran variedad de vigas de hormigón prefabricado. Pequeñas viguetas prefabricadas que se integran en los forjados de hormigón in situ, que pueden ser también pretensadas o postensadas, y combinadas con las bovedillas de hormigón prefabricado, o vigas más grandes para salvar mayores luces, utilizadas normalmente en pabellones industriales; o vigas de doble TT que proporcionan diferentes opciones de luces y resistencias. Se adjuntan varios ejemplos de este tipo de vigas de hormigón prefabricado.



Fig 12. Diferentes tipos de viguetas de hormigón prefabricado integradas normalmente en los forjados de hormigón in situ.



Fig 13. Vigas de hormigón prefabricado de mayor tamaño utilizadas habitualmente en pabellones industriales o incluso en vivienda.

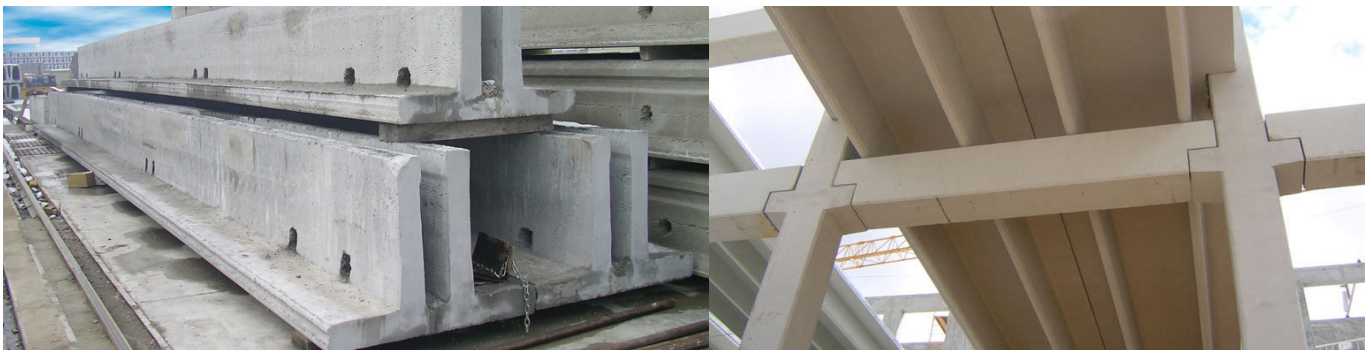


Fig 14. Vigas de doble TT de hormigón prefabricado.

2.1.4 TABLA COMPARATIVA DE LAS CAPACIDADES ESTRUCTURALES DE CADA MATERIAL

La siguiente tabla compara las capacidades estructurales de la madera, acero, y hormigón, en la que se muestra que por ejemplo el acero funciona mejor que la madera a tensión, mientras que la madera funciona mejor que el acero a compresión. Mientras que el hormigón y la madera tienen capacidades similares a compresión cuando la carga es paralela a las láminas de madera, sin embargo si la carga es perpendicular a las láminas de madera, el hormigón resulta más eficiente. Esta tabla puede ayudar a un primer análisis para determinar una estructura híbrida en un edificio en altura.

	Madera de construcción No.1/No.2 perno, SPF	Glulam douglas fir 24f-E	Hormigón f'_c=45MPa	Acero f_y=350MPa
Tensión de compresión [1] (MPa)	11,5	30,2	45	350 (la estabilidad gobernará probablemente)
Estrés por tensión [1] (MPa)	5,5	20,4	4 (las barras de refuerzo soportan la tensión)	350
Módulo de elasticidad (MPa)	9.500	12.800	31.000	200.000
Peso unitario (kN/m^3)	4,1	4,8	23,5	77,0
Relación resistencia/peso a la compresión	2,8	6,3	1,9	4,5 (relación resistencia a la tracción-peso)

1 La tensión de compresión y la tensión de tracción se refieren a la capacidad paralela al grano de la madera.

Las capacidades de esta tabla son los valores indicados de las resistencias espaciales del material y no tienen en cuenta los factores de ajuste de la resistencia del material ni los efectos de esbeltez.

2.2 Paneles o componentes bidimensionales

Se trata de paneles o componentes bidimensionales que configuran fachadas, particiones, cubiertas y forjados. Se realiza una distinción entre paneles portantes y no portantes. Los portantes son aquellos capaces de soportar las cargas del edificio pudiendo así completar la estructura principal del edificio, mientras que los paneles no portantes pueden emplearse como elementos de cerramiento. Pueden incluso construirse edificios sólo con componentes bidimensionales portantes, con el concepto de muros de carga y forjados apoyados en los mismos, alcanzando alturas de hasta 6 plantas, dependiendo de los materiales estructurales empleados.

Los componentes son fabricados de forma industrializada en talleres y ensamblados posteriormente en obra como componentes prefabricados. Ofrecen una gran flexibilidad para su montaje y es tolerante a modificaciones en obra. Permiten trabajar con subestructuras o componentes fácilmente compatibles con otras soluciones estructurales industrializadas o no y basadas en otros materiales estructurales. La ejecución de las uniones es sencilla y barata. Existe además una gran variedad de acabados para el cerramiento exterior: ladrillos, bloques de piedra, hormigón polimérico, cerámica e incluso integración de paneles fotovoltaicos en el panel de cerramiento.

Las instalaciones, carpinterías, acabados interiores y exteriores pueden integrarse durante la fase de fabricación en taller. Sin embargo, el nivel de integración que puede alcanzarse no suele ser muy elevado teniendo que realizarse habitualmente trabajos adicionales en obra como raseos, aplicación de aislantes, pintado, montaje de instalaciones, etc. Requiere por lo tanto de importante trabajo en obra, lo cual significa que, aunque la producción de los perfiles es industrializada con elevados rendimientos en fábrica, los plazos de ejecución se ven afectados por el tiempo requerido de montaje.

En cuanto al transporte a obra, se realiza en paquetes y gracias al reducido peso de los perfiles, son fácilmente manipulables en obra sin necesidad de medios auxiliares. Permite el embalaje conjunto de un importante número de unidades abaratando los costes y reduciendo el espacio necesario para su acopio. También es obligado reconocer que al tratarse de elementos menos robustos que los módulos tridimensionales son más propensos a sufrir daños tanto en la fase de transporte como de ensamblado, más aún si incluyen elementos de carpintería o elementos de acabado frágiles.

Al igual que para el caso de los elementos lineales, se recoge a continuación una clasificación de diferentes paneles industrializados dependiendo del material utilizado: acero, madera u hormigón.

2.2.1 PANELES INDUSTRIALIZADOS EN BASE A MADERA

Existen dos sistemas principales de paneles industrializados de madera: Por un lado el **entramado ligero de madera** o Wood Framing. Por otro lado, como fruto de la tecnología desarrollada en los últimos años, son los **paneles contralaminados de madera o CLT.** Se trata de paneles conformados mediante listones de madera en diferentes capas en los que en una capa los listones van en una dirección y en la siguiente van en la dirección transversal, proporcionando mayor resistencia y posibilidad de salvar luces estructurales mayores. Por ello, este apartado se divide entre los paneles realizados mediante entramado ligero de madera y los paneles realizados mediante contralaminados de madera.

PANELES DE ENTRAMADO LIGERO DE MADERA (WOOD FRAMING)

Se trata de paneles compuestos por montantes y travesaños de madera, preferiblemente de madera laminada, tipo KVH (ya que la madera maciza sufre mayores variaciones de dimensionado), creando un marco que es arriostrado generalmente por paneles OSB con capacidad estructural (clase 3). A estos paneles base se les suelen añadir diferentes capas, como la capa de aislamiento térmico entre los montantes de madera, lámina impermeabilizantes o de freno de vapor, o el propio acabado de fachada. Se adjuntan a continuación varios ejemplos de este sistema.



Fig 15. Paneles mediante entramado ligero de madera.

PANELES CONTRALAMINADOS DE MADERA (CLT: Cross Laminated Timber)

Se trata de una fabricación similar a la de la madera laminada, pero cambiando la orientación de las láminas en cada capa del panel, siendo mínimo de tres capas. Se pueden usar para forjados, muros, vigas y pilares y se empezaron a fabricar en Austria y Alemania. Mejora la estabilidad dimensional del panel, reduciendo su variación dimensional.

Se pueden utilizar tanto en posición horizontal para generar los **forjados** de madera, como en posición vertical generando paneles de fachada o **muros de carga**, o incluso **losas inclinadas** para la generación de las escaleras o cubiertas. La unión de los paneles verticales y horizontales se realizan mediante unos angulares metálicos dispuestos a corta distancia (dependiendo de los cálculos estructurales de cada proyecto.

Se adjuntan a continuación varias imágenes de este sistema.



Fig 16. Forjados mediante paneles de contralaminado de madera.



Fig 17. Muros de carga y de fachada mediante paneles de CLT.

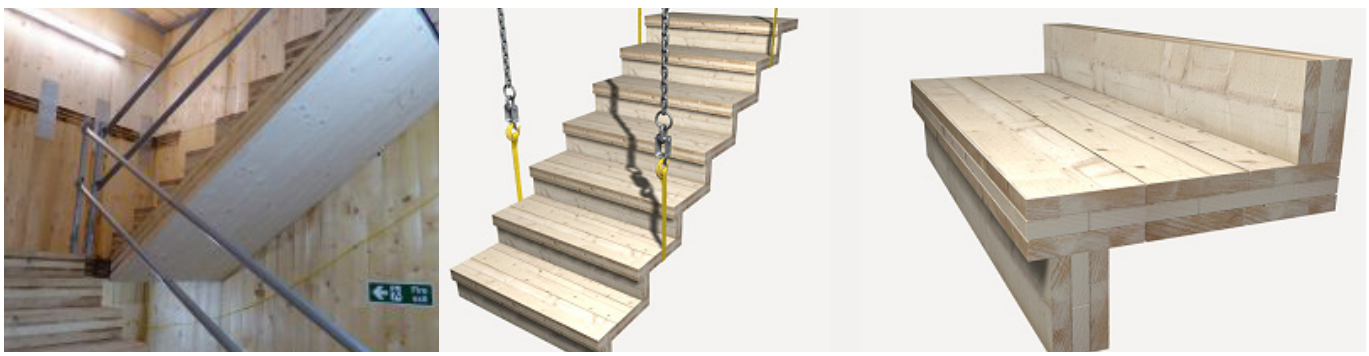


Fig 18. Losas inclinadas y peldaños mediante paneles de CLT.

Cabe destacar que los paneles CLT han abierto la opción de plantear edificios en altura mediante este sistema constructivo, generando nuevos proyectos de rascacielos de madera a lo largo de todo el mundo.



Fig 19. Rascacielos de madera mediante paneles de CLT.

2.2.2 PANELES INDUSTRIALIZADOS EN BASE A ACERO (LIGHT STEEL FRAMING)

A diferencia de los perfiles laminados en caliente, la tecnología de conformado en frío permite fabricar de forma económica prácticamente cualquier sección, mediante espesores inferiores a los 3mm. Son habituales tanto perfiles conformados en frío de secciones tipo C, Z, W, etc. como chapas perfiladas o nervadas, para forjados y cubiertas.

Sin embargo una desventaja de este sistema basado en los perfiles conformados en frío es la complejidad del cálculo y diseño de las estructuras. Aunque el Eurocódigo 3 proporciona metodologías y formulaciones, éstas hacen casi imperativo el empleo de software, no siempre disponibles para los proyectistas. La solución a este problema suele ser acudir directamente a fabricantes de estructuras de perfiles conformados en frío, quienes conocen sus perfiles y sus aplicaciones; resultando, en ocasiones, su "negocio" el "know-how" de la aplicación estructural de los perfiles conformados en frío, su solución estructural o producto suele estar incluso patentado.

Las siguientes imágenes presentan ejemplos de este tipo de paneles.

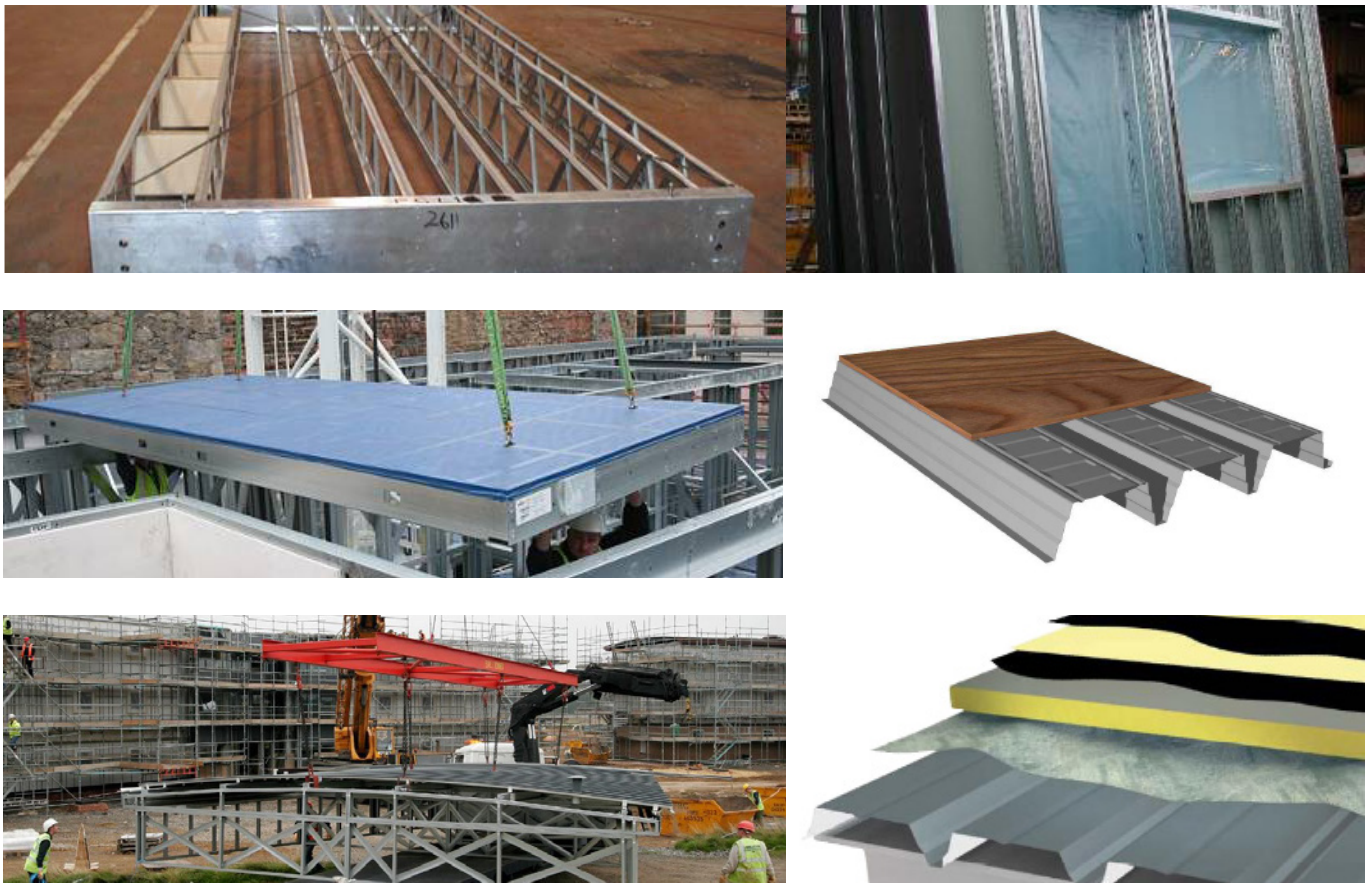


Fig 20. Ejemplos de construcción de paneles conformados en frío.

A continuación se recoge una clasificación de este tipo de paneles, divididos entre forjados, fachadas y particiones interiores y cubiertas.

FORJADOS INDUSTRIALIZADOS EN ACERO

Los componentes de forjado se apoyan sobre la estructura de vigas y pilares y en la actualidad suelen requerir trabajos adicionales en obra, ya que el grado de acabado no es total y al componente se le añaden en obra las instalaciones y los acabados de techo y/o suelo. En cualquier caso el empleo de estos sistemas permiten reducir el plazo de construcción de la estructura en más de un 80% frente a estructuras de hormigón in situ.



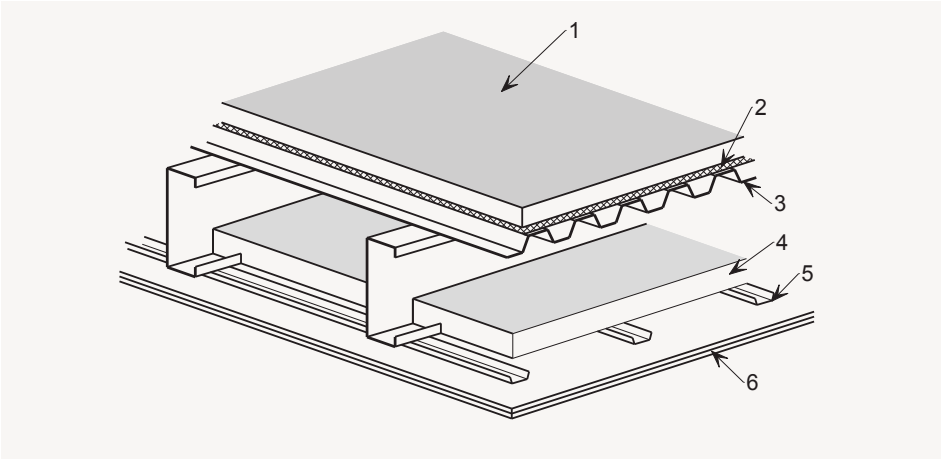
Fig 21. Forjado industrializados en base a acero (Proyecto Europeo EUR21420).



Fig 22. Montaje del elemento de forjado industrializado según el sistema de plataforma (Acces Steel).

Otra ejemplo de forjados industrializados de acero son aquellos que constan de una chapa de acero que supone el soporte estructural a la que se le añaden diversas capas de otros materiales para conseguir tanto aislamiento como reparto de cargas en el plano horizontal.

A continuación se muestran dos ejemplos en los que se puede apreciar cómo se pueden resolver los requisitos impuestos a forjados tanto en lo que se refiere a resistencia estructural como aislamientos acústicos y térmicos. En la siguiente figura se muestra un sistema para forjados de división entre apartamentos comúnmente utilizado en Suecia en base a perfiles en C acústicos.



Leyenda:

1. Tablas prensadas
2. Capa elástica
3. Chapas de acero perfilados
4. Aislamiento acústico
5. Perfil divisorio acústico especial
6. Dos paneles de yeso

Fig 23. Forjado de acero ligero con perfiles en C y una chapa de acero perfilado en la parte superior (Acces Steel).

El otro ejemplo, Suportsol, que combina chapa y madera, siendo la función de ésta el reparto de cargas. El Cofratherm, demás incluye aislante entre acero y la capa de reparto.

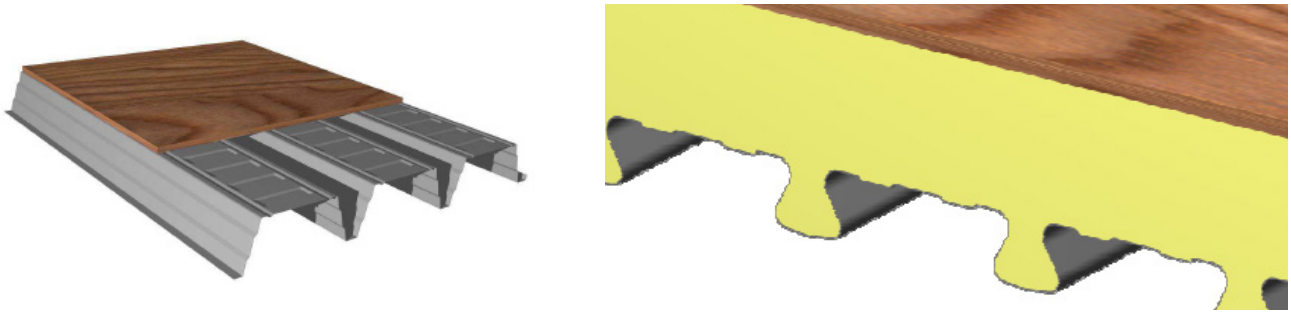


Fig 24. Forjado Suportsol y Cofratherm (Arval).

Por último existe también la opción de combinar el acero y el hormigón con aislantes para conseguir mejores prestaciones térmicas y acústicas. Los productos varían dependiendo de la posición del aislante. Éste podrá estar integrado en el propio forjado (Cofradal) o como una capa por debajo del forjado (Cofastra Decibel). En este caso, se suele incluir un trasdosado de placas de cartón-yeso en la parte inferior.

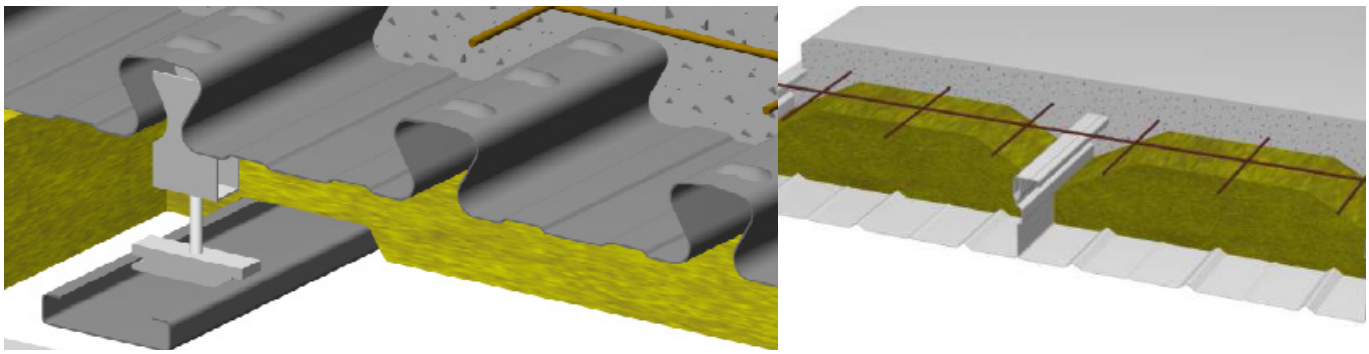
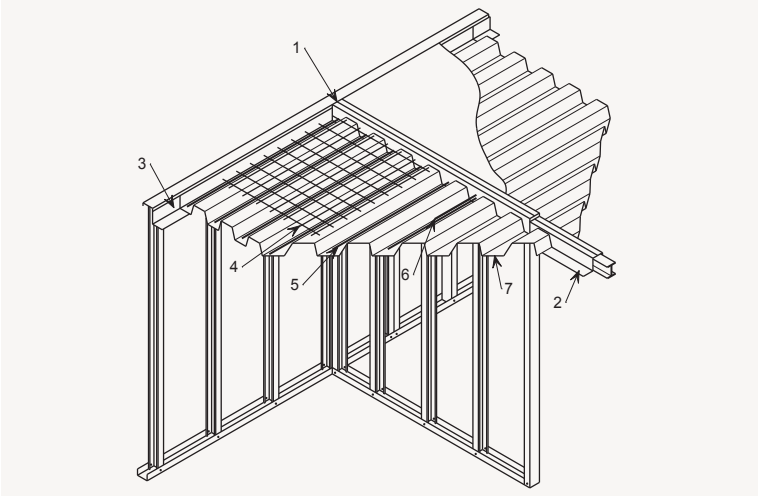


Fig 25. Sistemas de forjado Cofastra Decibel y Cofradal (Arval).



Leyenda:

1. Secciones del soporte de forjado en Z, que forman el borde del panel del forjado
2. Secciones del soporte de forjado en Z, fijadas a la viga laminada en caliente
3. Ángulo fijado al cabecero del panel del muro, como barrera de hormigón
4. Mallazo de retracción
5. Armadura
6. Barras de atado para evitar el colapso progresivo
7. Forjado de metal perfilado

Fig 26. Forjado de acero y de hormigón adecuado para forjados divisorios en apartamentos de varias plantas (Acces Steel).

FACHADAS Y PARTICIONES INTERIORES

En el caso de fachadas, éstas pueden ser portantes o no portantes.

Cerramientos portantes

Los cerramientos industrializados en base a acero están compuestos de dos elementos de acero ligero principales: perfiles horizontales y montantes verticales en forma de secciones C o Z con o sin rigidizadores. En aquellos lugares donde existan huecos, se colocan dinteles y los montantes pueden colocarse de dos en dos para resistir la carga adicional requerida. Por otra parte, en los muros estructurales del edificio, se colocan arriostramientos en Cruz de San Andrés dentro del muro, considerado como una estructura secundaria, incorporada dentro del mismo plano de los montantes o utilizando la acción de diafragma, por ejemplo, con madera contrachapada o paneles en base a cemento.

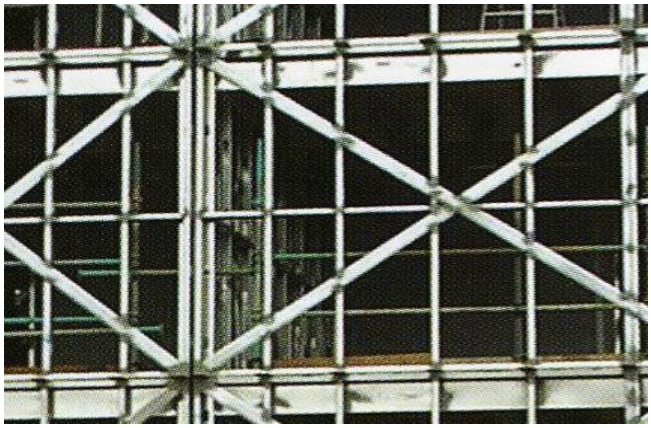


Fig 27. Muro estructural con arriostramiento en cruz de San Andrés (SCI).

En gran medida, el tamaño máximo de un panel de cerramiento está determinado por su peso. Una unidad de muro con montantes ranurados o sin ranurar de acero ligero y con panel exterior pesa aproximadamente 12 kg/m^2. Debido a las restricciones de transporte correspondientes a cada país, la menor dimensión de dichos paneles no debería exceder de 3,6 m normalmente.



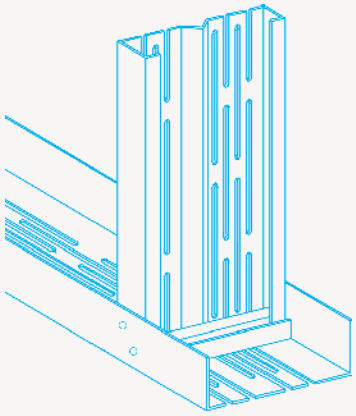


Fig 28. Muro portante utilizando una estructura de acero ligero con montantes ranurados (SCI).

Cerramientos no portantes

La construcción de los cerramientos no portantes es muy similar a la de los cerramientos portantes, exceptuando que no se requieren rigidizadores horizontales ni arriostramiento diagonal para la estabilización de los montantes. La principal función de estos cerramientos es soportar la acción del viento y el peso de los revestimientos. Se distinguen tres tipologías diferentes atendiendo a la forma en la que se sustenta la fachada:

- Paneles de relleno (infill en inglés): El panel se posiciona entre los forjados por lo que se une a las superficies superior e inferior de los mismos así como a los pilares. Los cantos de forjado quedan vistos.
- Paneles externos: Se colocan de forma pasante por delante del canto de forjado ocultando el mismo. Se anclan al propio canto de forjado y a los pilares o vigas de la estructura.
- Sistema de doble panel: Una combinación de los dos anteriores componiéndose la fachada de dos capas unidas entre si. Se suele montar cada capa de forma independiente.

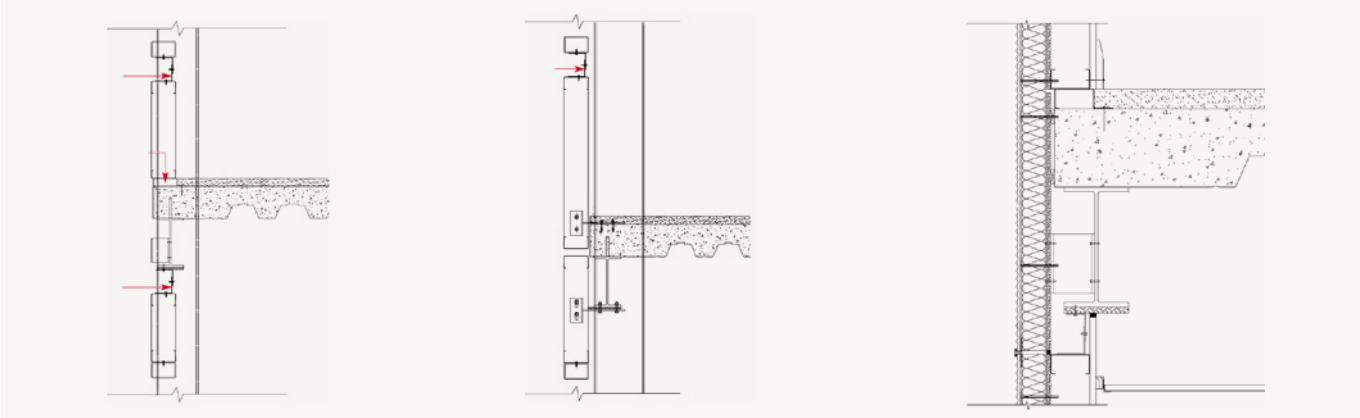


Fig 29. Panel de relleno (izq), externo (centro) y doble (dcha). Fuentes: UK Timber Frame Association, Mtech.

Existen otras soluciones basadas en chapa conformada en frío que combinadas con materiales de aislamiento dan lugar a lo que se conoce como "panel sándwich" que pueden ser totalmente industrializados o requerir de montaje in situ de las diferentes capas que componen el cerramiento. Estas soluciones nunca tienen función estructural por lo que requieren de una estructura secundaria de apoyo.

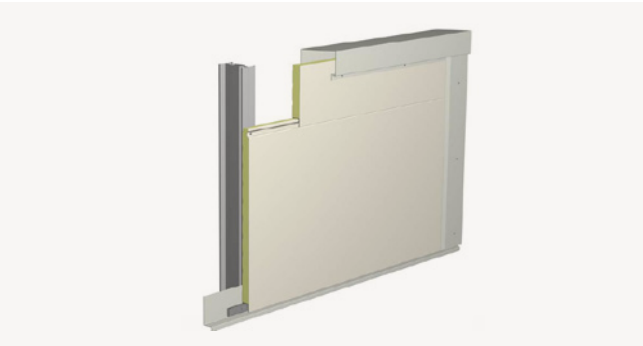


Fig 30. Panel Sándwich (Arval).

CUBIERTAS

Para el caso de las cubiertas se distinguen dos sistemas diferentes:

Panel sándwich: Sistema compuesto de aislamiento y chapa conformada en frío que se apoyan sobre la estructura de cerchas y correas. Es un sistema muy extendido en edificación industrial, aunque se pueden conseguir también acabados de uso residencial, y requiere una importante cantidad de trabajos a realizar in situ en el corte, atornillado y sellado de los paneles (Figura 31).



Fig 31. Cubiertas sandwich, invertida y curva, basados en acero conformado en frío (Europerfil y Kingspan).

Estructuras industrializadas de cubierta: Consiste en un sistema de cubierta con un elevado grado de acabado, incluyendo tanto la estructura portante como los aislamientos y revestimientos. Se fabrica en taller y se monta sobre le edificio como una o varias piezas pero reduciendo de forma muy significativa los trabajos a realizar en obra.

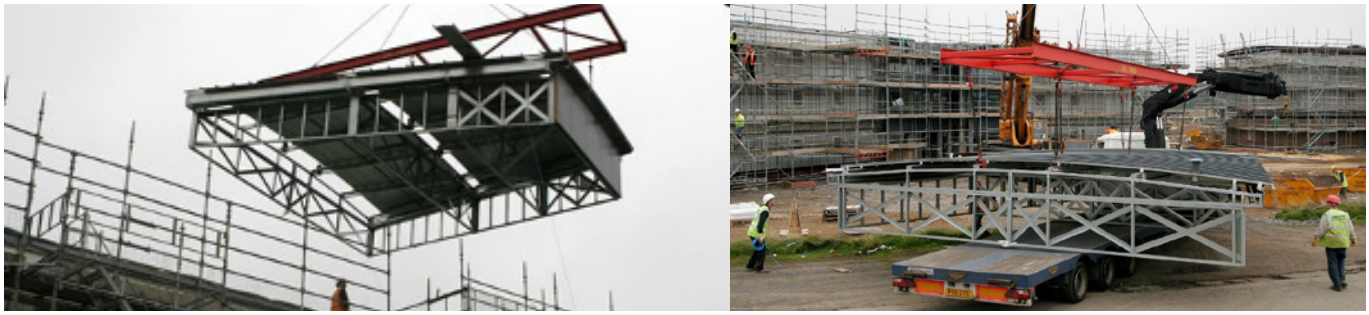


Fig 32. Cubierta Industrializada (Marne Barracas y Corus Hi Point)

Entre las desventajas de estos sistemas industrializados cabe destacar la falta de estandarización y la dificultad para el transporte lo que en algunos casos puede encarecer mucho la solución. No obstante, las cubiertas industrializadas se adaptan a cualquier tipología estructural, tanto para nueva edificación como para rehabilitación y permiten la integración de sistemas de captación de energías renovables. El empleo de estructuras en base a materiales ligeros como acero y madera permite reducir notablemente el peso propio de la estructura.

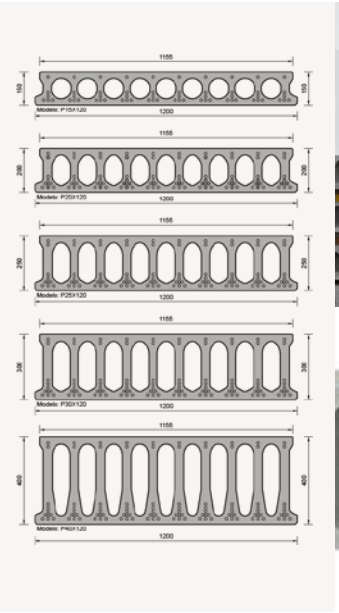
2.2.3 PANELES INDUSTRIALIZADOS EN BASE A HORMIGÓN

De manera similar al caso de la madera, en hormigón prefabricado se ofrecen paneles horizontales para la realización de los forjados, y paneles verticales para la realización de fachadas. En este caso, resulta muy poco habitual el realizar muros de carga de hormigón prefabricado. Los paneles de hormigón prefabricado se clasifican por tanto en estos dos grupos principales: forjados y fachadas.

FORJADOS DE HORMIGÓN PREFABRICADO

El sistema más habitual es la ejecución de forjados por medio de losas alveolares de diferentes tamaños y espesores para adaptarse a las características de cada proyecto. Suelen, además, estar pretensadas. Existen también forjados prefabricado de hormigón mediante placas TT. Ambos sistemas, sin embargo, requieren de una capa de compresión in situ para conseguir que el conjunto estructural funcione como un diafragma. Se adjuntan algunos ejemplos de este sistema.





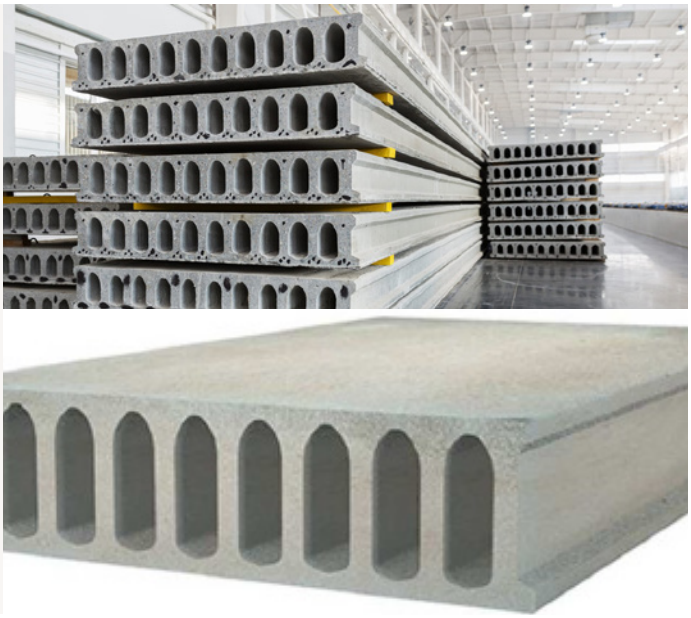




Fig 33. Ejemplos de placas alveolares y doble TT de hormigón prefabricado.

FACHADAS DE HORMIGÓN PREFABRICADO

Se trata de un sistema de paneles prefabricados de hormigón que comenzaron para la ejecución de pabellones industriales, pero que se ha desarrollado para que también tengan su aplicación en el sector residencial, incorporando aspectos estéticos atractivos para su integración en el diseño arquitectónico.



Fig 34. Paneles de hormigón prefabricado tanto en edificios industriales como en residenciales o terciarios.

2.3 Módulos tridimensionales

Este sistema consiste en módulos industrializados de importantes dimensiones fabricadas en taller en condiciones controladas y con un alto nivel de integración de instalaciones, aislamiento, acabados interiores y cerramientos exteriores. Un solo módulo puede configurar por sí solo una o varias estancias de una vivienda. Son especialmente adecuados para edificios donde los espacios pueden ajustarse a un mismo patrón como escuelas, hospitales, hoteles, residencias, etc. Esta repetición permite una cierta producción de módulos de similares características, reduciéndose los costes de fabricación cuanto mayor sea la producción. El sistema, además de poder clasificarse, al igual que en los anteriores casos, dependiendo del material utilizado (acero, madera u hormigón), en este caso se divide a su vez en cuatro subsistemas principales que son módulos cerrados, módulos abiertos, módulos híbridos y módulos especiales.

2.3.1 MÓDULOS CERRADOS

Los sistemas constructivos cerrados son fabricados completamente en taller y sólo precisan de ser ensamblados en obra. Como resultado se crean unos módulos cerrados autoportantes capaces de soportar las cargas verticales combinadas de los módulos superiores y las cargas horizontales debidas a la acción del viento sobre la estructura. Los módulos son esencialmente unidades volumétricas de cuatro lados con huecos para puertas y ventanas.



Fig 35. Ejemplos de módulos tridimensionales en acero, madera y hormigón.

Con este sistema de construcción se obtiene el plazo de construcción más competitivo de los distintos sistemas contemplados ya que el elevado grado de acabado de los módulos supone que los trabajos en obra se reducen de forma muy importante. Las zonas del edificio donde se alcanza un mayor rendimiento de los módulos son aquellas en las que se da una gran concentración de instalaciones. Esto se debe al alto nivel de integración de instalaciones que puede realizarse en taller, quedando únicamente por realizar en obra las conexiones entre diferentes módulos y no la instalación completa.

Una de las principales limitaciones del sistema y del tamaño de los módulos son las restricciones del transporte con anchuras y alturas habituales en torno a los 3 metros y longitudes de hasta 15 metros según las exigencias de cada país. En el Estado, las limitaciones generales de partida aplicadas a los camiones rígidos son: PMA, 32 T, longitud, 12 m., anchura, 2,55 m., 2,60 m. para vehículos especialmente acondicionados, y gálibo de 4 m. A partir de aquí, se debe acudir a transportes especiales.



Fig 36. Transporte de módulos (Empresa Modultec).

Otra limitación importante a considerar es la poca flexibilidad de diseño que aportan esta serie de módulos tridimensionales cerrados. Al tratarse de sistemas cerrados ofrecen limitada adaptabilidad a sistemas externos así como limitaciones para la libertad de diseño del edificio.

En cualquier caso, tal y como se ha comentado a lo largo del documento, la construcción modular tiene una ventaja indiscutible frente al resto de los sistemas constructivos empleados en edificación, como es el plazo de ejecución. La construcción basada en módulos tridimensionales permite un elevado grado de industrialización de la construcción, los módulos pueden fabricarse en serie, siguiendo el paradigma de la automoción, de forma que sólo reste el transporte y montaje en obra. Esto da lugar a una reducción de los tiempos de construcción radicales respecto de los procesos "in situ".

Características: Las características básicas de los módulos tridimensionales cerrados son las siguientes:

- Procedencia única de todos o de la mayoría de los componentes constructivos (un único fabricante).
- La adaptación del sistema a las particularidades propias de cada caso concreto es muy limitada.
- Responsabilidad total del fabricante, que se encarga generalmente de la fabricación y del montaje de los componentes, y en muchos casos, del acabado final.

MÓDULOS CERRADOS EN BASE A MADERA

Se suelen configurar bien mediante la combinación de un sistema de entramado ligero con una estructura de vigas y pilares de madera laminada y forjado de CLT, o directamente mediante paneles de CLT en lugar del entramado ligero de madera.



Fig 37. Ejemplos de construcción modular cerrada en madera de la empresa Egoin.

Este sistema requiere de un análisis pormenorizado de las uniones entre los módulos que garanticen la estabilidad estructural al conjunto, tanto en el encuentro de los módulos con la cimentación, como entre los propios módulos. Se adjunta a continuación un detalle del encuentro de los módulos cerrados en madera con la cimentación:

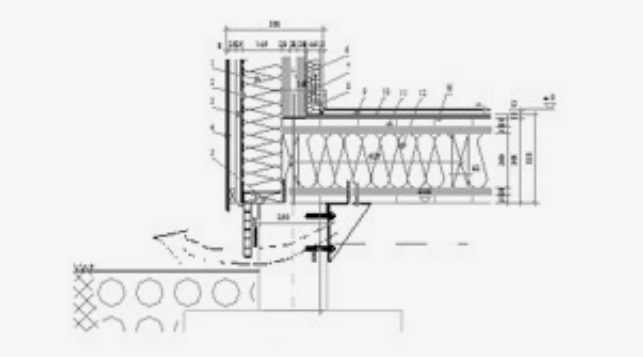


Fig 38. Detalle de unión de los módulos y la cimentación propuesto por en el proyecto de Biarritz Parme Francia de la empresa Egoin.

En este caso, igual que en el caso anterior, se pueden combinar con módulos no portantes funcionales o pods.



Fig 39. Módulos de servicios en base a madera.

MÓDULOS CERRADOS EN BASE A ACERO

Están generalmente configurados a partir de perfiles laminados en caliente y perfiles conforma dos en frío unidos mediante uniones atornilladas o soldadas.



Fig 40 Ejemplos de módulos tridimensionales cerrados (Terrapin y Corus).

En cuanto a la altura de edificación posible con este sistema, la construcción de módulos cerrados permite, generalmente, resolver edificios de entre 4 y 8 de plantas, aunque a partir de las 5 plantas es necesario introducir elementos estructurales adicionales de arriostramiento. Si se utilizan núcleos de arriostramiento de hormigón se puede llegar hasta las 20 plantas. En la siguiente tabla pueden observarse las limitaciones en altura (numero de plantas) para esta tipología concreta de construcción modular, suponiendo una presión máxima del viento de 1 kN/m^2:

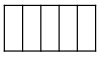
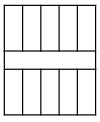
Forma de construcción	Requerimientos de arriostramiento	Limites para el tamaño del edificio	
		Máximo número de plantas	Mínimo número de módulos en grupo
Agrupación simple de módulos 	Sin arriostramiento adicional	3	5
	Con arriostramiento adicional en los extremos	6	8
	Con un núcleo estabilizador adicional (hormigón o acero)	8	8
Doble agrupación de módulos (con pasillo central) 	Sin arriostramiento adicional	6	2 x 8
	Con arriostramiento adicional en los extremos	8	2 x 10
	Con un núcleo estabilizador adicional (hormigón o acero)	10	Sin límite

Tabla 6. Limitación en altura dependiendo del proceso de estabilización en módulos cerrados (SCI–P348).

En las tablas que se presentan a continuación se indican las recomendaciones constructivas para el caso de módulos cerrados, en función del número de plantas del edificio y de la acción del viento sobre el mismo.

Número de plantas	Presión característica del viento (kN/m^2)			
	0.8	1.0	1.2	1.4
4	5	6	7	8
6	6	8	9	11
8	8	10	12	14

Tabla 7. Número de módulos de agrupación simple dispuestos horizontalmente en grupo para resistir las fuerzas del viento horizontales (SCI–P348).

Número de plantas	Presión característica del viento (kN/m^2)			
	0.8	1.0	1.2	1.4
4	1	2	2	2
6	2	2	x	x
8	2	x	x	x

Tabla 8. Número de módulos en doble agrupación, dispuestos horizontalmente en grupo para resistir las fuerzas laterales del viento (SCI–P348).

Dentro de los módulos tridimensionales cerrados existen también módulos no portantes, funcionales o "pods" orientados a resolver espacios muy concretos de los edificios, como baños o cocinas. Resuelven estancias fácilmente estandarizables y repetitivas con una cierta densidad de instalaciones y conducciones de edificación que hacen posible fabricar de manera industrializada módulos totalmente acabados en taller y listos para montar en el edifico.

Estos "pods" no resisten cargas externas, sólo soportan su propio peso y las acciones sufridas en los procesos de montaje y elevación. Su aplicación más extendida es para unidades de baños y aseos, cocinas y, en general, unidades constructivas que requieren una gran cantidad de instalaciones. Su estructura es bastante ligera, las paredes y el suelo de estos tienen cantos reducidos, menos de 100 mm., y son compatibles con casi cualquier estructural, aunque se debe comprobar la compatibilidad del canto del forjado del módulo con el resto del forjado de la planta en que se instale.



Fig 41. Ejemplos de construcción modular para servicios o baños en base a acero. (Fuente: SCI–P302 y P130).

MÓDULOS CERRADOS EN BASE A HORMIGÓN

Se trata de configurar los módulos vertiendo el hormigón en fábrica, cerrando los laterales y transportándolos al destino de la obra.



Fig 42. Ejemplos de construcción modular cerrada en hormigón.

Al igual que en los casos anteriores, se puede también confinar módulos cerrados de servicios como baños y cocinas.

2.3.2 MÓDULOS ABIERTOS

Estos módulos se diseñan para transferir cargas a los pilares de esquina por flexión de las vigas de borde longitudinales. Los sistemas basados en estos criterios conceden necesariamente una gran importancia a cuatro aspectos fundamentales:

- Coordinación dimensional y modular del sistema.
- Selección de las retículas y subretículas modulares
- Determinación de sistemas de tolerancias dimensionales en la fabricación y montaje.
- Compatibilidad entre juntas: diseño universal de juntas o elementos de transición constructiva.

MÓDULOS ABIERTOS EN BASE A MADERA

Se trata de un sistema que suele combinar una estructura de vigas y pilares de madera laminada y forjado de CLT, o incluso toda la estructura de CLT. Se adjuntan varios ejemplos de este tipo de módulos



Fig 43. Ejemplos de módulos de madera abiertos.

MÓDULOS ABIERTOS EN BASE A ACERO

La estructura principal del modulo está constituida normalmente por perfiles laminados en caliente, tales como pilares con sección tubular cuadrada y vigas de borde de sección en U con alas paralelas atornillados entre si. El sistema se basa en la compatibilidad de los elementos y componentes constructivos fabricados por diferentes fabricantes o con diferentes productos.

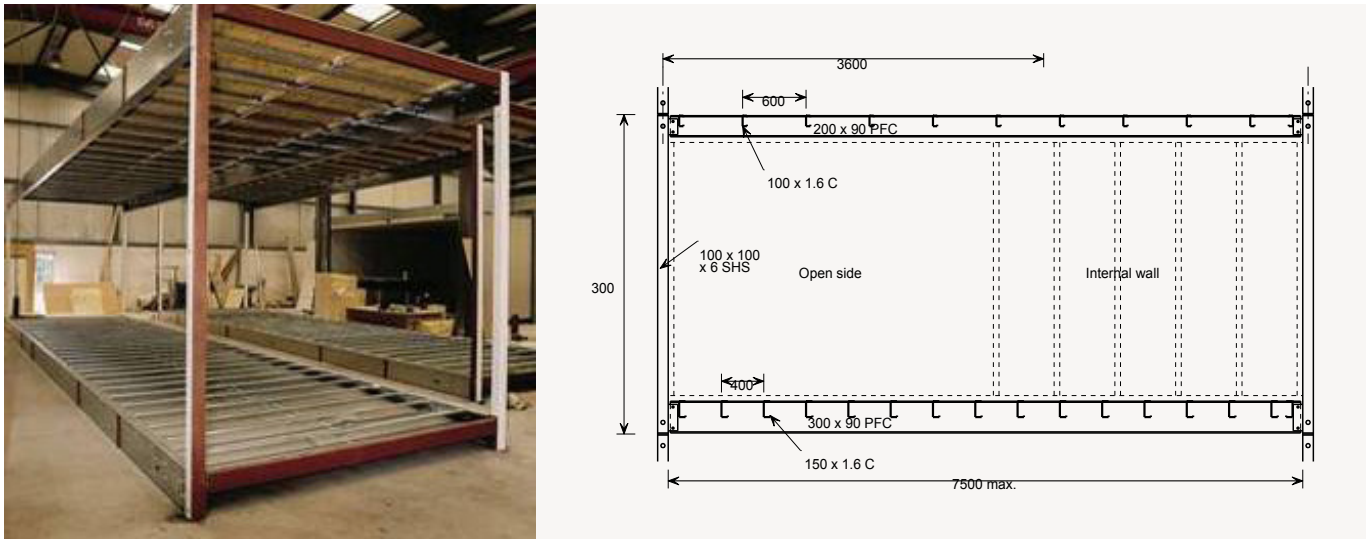


Fig 44. Estructura principal de módulos abiertos (Kingspan).

La estabilidad del edificio generalmente se consigue con un sistema de arriostramiento en Cruz de San Andrés en las paredes de los módulos. Por esta razón, los módulos denominados abiertos no suelen ser empleados en edificios de más de 3 plantas de altura, siendo su límite las 4 plantas.

Cuando se emplean módulos pequeños de hasta 5,5 m de longitud, se pueden reorientar longitudinalmente las vigas del techo y suelo como se muestra en la siguiente figura.



Fig 45. Sistema compuesto de varios módulos abiertos (Modultec).

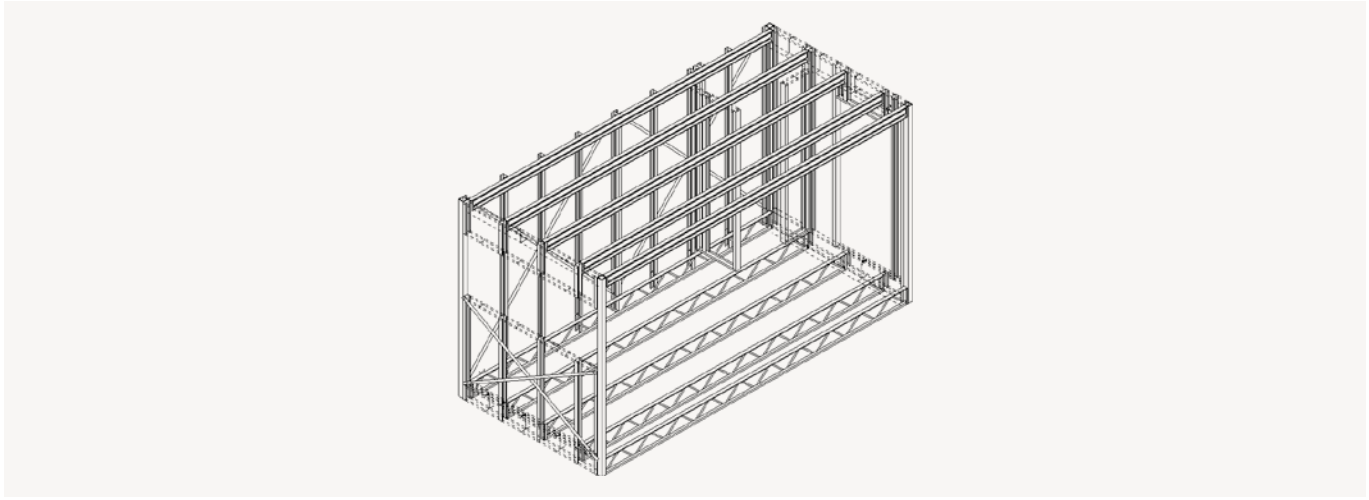


Fig 46. Módulo abierto compuesto por vigas longitudinales en celosía (SCI–P348).

La aplicación principal de este tipo de módulos se presenta en hoteles, escuelas, centros sanitarios, almacenes y otros espacios abiertos o de uso comunitario.

Los módulos abiertos comprenden una estructura de acero principal y unas vigas longitudinales de borde para el suelo con un canto de entre 300 a 400 mm para unas luces de 5-8 m. Las vigas que conforman el techo tienen menos canto que las del suelo (150-200 mm), teniendo el canto total de suelo-techo de 600 a 800 mm. Los pilares de esquina son los encargados de resistir la compresión y están constituidos normalmente por tubulares cuadrados de 100x100.

La flexibilidad de diseño de estos módulos con anchos típicos de 3 a 3,6 m proporciona espacios abiertos de 6 a 12 m de ancho, pero solo son estables para edificios de 1 o 2 plantas a no ser que se aporte un arriostramiento adicional tanto vertical como horizontal.

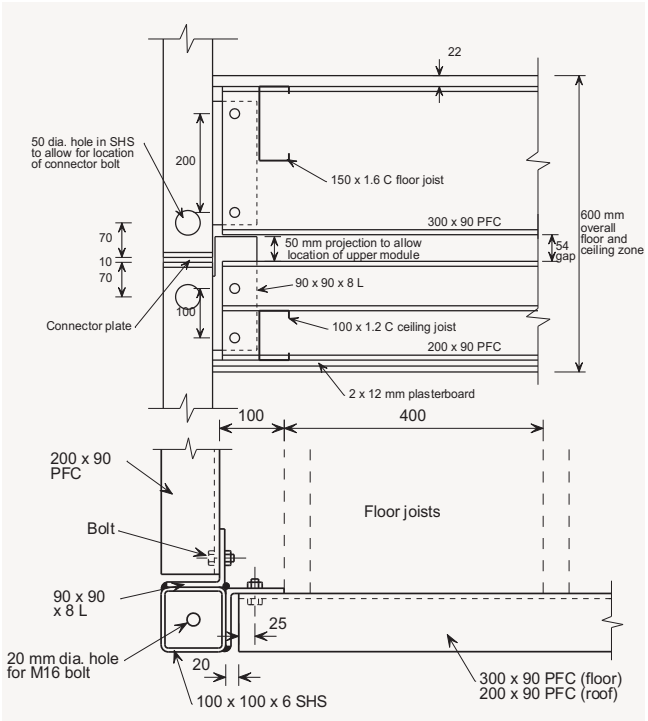
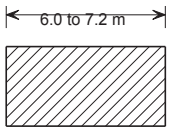
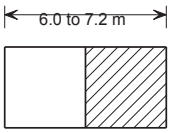
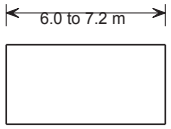


Fig 47. Unión de las vigas de borde y pilares tubulares en esquinas (SCI–P348).

La tabla siguiente presenta una idea orientativa de los cantos de referencia equivalentes a ser utilizados en los módulos denominados como "módulos cerrados", "módulos parcialmente abiertos" y "módulos abiertos":

Tipología del módulo		Longitud del modulo (m)	Canto del suelo (mm)	Canto del techo (mm)	Canto total Suelo + Techo (mm)
Apoyo continuo Módulo cerrado		6.0	175	125	325+
		7.2	175	125	325+
Pilare intermedio Módulo parcialmente abierto		6.0	200	175	400+
		7.2	225	200	450+
Abierto Módulo abierto		6.0	285	200	500+
		7.2	325	250	600+

\+ Incluye el hueco nominal existente entre forjado y techo de módulos apilados.

Tabla 9. Cantos equivalentes para distintos tipos de módulos (SCI–P348).

MÓDULOS ABIERTOS EN BASE A HORMIGÓN

De manera similar al caso de acero y madera, se realizan módulos de hormigón abiertos, ubicando la estructura de hormigón armado en los laterales con el forjado de hormigón armado.



Fig 48. Módulos de hormigón abiertos.



2.3.3 MÓDULOS ESPECIALES

La edificación industrializada en base a módulos permite resolver la estructura completamente en base a componentes modulares. Eso da lugar a que se aplique el concepto de módulo tridimensional para resolver necesidades muy concretas como por ejemplo:

MÓDULOS PARA ESCALERAS

Fáciles de fabricar de forma modular, pueden utilizarse en edificios con construcción completamente modular de hasta 4 plantas.

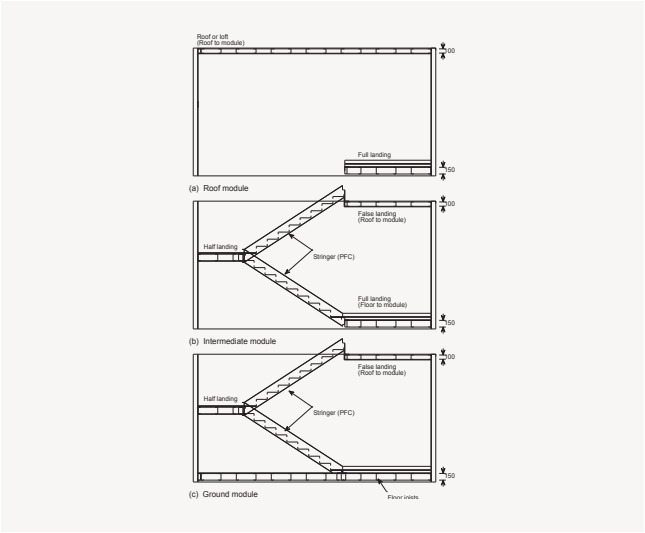


Fig 49. Representación gráfica de tres módulos de escaleras con falsos descansillos (SCI).

MÓDULOS PARA ASCENSORES

El núcleo vertical para la instalación de ascensores puede servir como parte de la estructura principal del edificio, sirviendo de soporte rígido. El plazo de montaje para estos módulos es de 2 semanas, siendo adecuado este sistema hasta 5 plantas para un ascensor con capacidad para 630 kg. Estos módulos suelen realizarse en base a acero o madera.

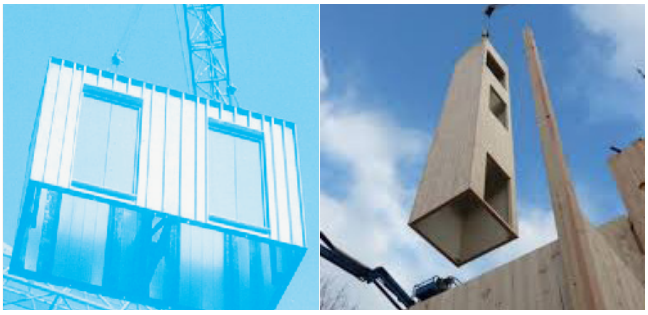


Fig 50. Módulo para ascensores en base a acero y madera.

2.4 Edificios mixtos o híbridos

Se trata de edificios compuestos por una mezcla de los casos anteriores. Suele ser habitual formar un núcleo portante central (prefabricado o no) al que posteriormente se le ensamblan paneles de paredes autoportantes y paneles de forjado. Los paneles de forjado se unen normalmente a las paredes de los módulos en los pilares intermedios o de esquina.

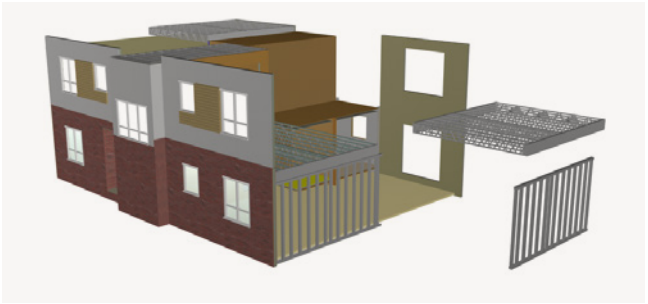


Fig 51. Combinación de módulos, forjados y paneles (Proyecto Europeo RFCS).

El núcleo formado por módulos proporciona la estructura portante y la estabilidad a todo el edificio y puede diseñarse eficientemente para albergar zonas con servicios, tales como ascensores, escaleras, dormitorios o cocinas. Las paredes de los módulos deben ser arriostradas para proporcionar la estabilidad necesaria. Los paneles de forjado se diseñan entre los módulos y se combinan con las paredes autoportantes. Los paneles de fachada pueden ser no portantes e instalarse como grandes paneles prefabricados con el acabado incluido.

Los módulos pueden ir también soportados en una estructura principal. Las unidades modulares se pueden diseñar para apoyarse en una estructura principal a que sirva de pedestal o de plataforma, en el cual las disposición de pilares se diseña como múltiplo de la anchura de los módulos (normalmente 2 o 3 módulos). Las vigas se diseñan para soportar las cargas combinadas de los módulos superiores, por lo que los edificios suelen tener una altura entre 4 y 6 plantas.

La aplicación principal de este sistema constructivo es para estructuras elevadas sobre el rasante, como por ejemplo viviendas sobre áreas comerciales o vías ferroviarias, etc., particularmente en proyectos urbanos.

La estructura del apoyo se arriostra generalmente para resistir las cargas del viento y una base de separación se utiliza a menudo para estabilizar el grupo de módulos sobre el nivel de la plataforma. Para minimizar la anchura de los módulos, estos deben ser construidos de tal forma que las aristas verticales puedan quedar alojadas en pilares tubulares u otros pilares de la estructura soporte, que rebasen la cota de la plataforma y confieran estabilidad estructural al conjunto de los módulos.

EDIFICIOS HÍBRIDOS EN BASE A MADERA

Se trata de edificios que cuentan con una base o pódium, generalmente de hormigón, para separar el contacto del terreno con respecto a los módulos de madera, que se apoyan sobre el pódium. Estos módulos de madera pueden estar también interrumpidos por los núcleos de escaleras y ascensor que en ocasiones se plantean también de hormigón.

La estructura principal del modulo está constituida normalmente por pilares y vigas de madera laminada, o paneles de CLT, y se suelen cerrar mediante entramado ligero de madera.



Fig 52. Módulos de madera apoyados sobre un pódium de hormigón.

EDIFICIOS HÍBRIDOS EN BASE A ACERO

La estructura principal del modulo está constituida normalmente por perfiles laminados en caliente, tales como pilares con sección tubular cuadrada y vigas de borde de sección en U con alas paralelas atornillados entre si. El sistema se basa en la compatibilidad de los elementos.

Los "módulos cerrados" se diseñan para apoyarse en vigas de acero u hormigón y la carga por metro lineal de suelo puede ser 15 kN/m. Los pilares generalmente se construyen con cada 2 o 3 módulos (es decir, para luces de 6 a 10 m). El canto de la estructura de apoyo puede estar comprendido entre 800 y 1000 milímetros, y luces de 6 a 12 pueden crearse bajo la plataforma, la cual puede ser apropiada para usos comerciales y como parking.

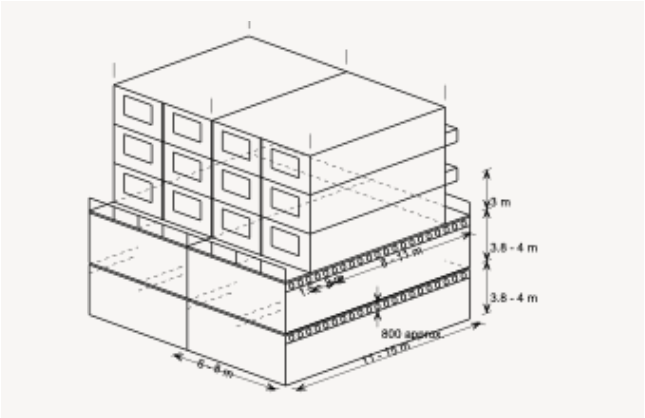


Fig 53. Módulos apoyados en vigas alveolares de gran longitud (SCI).

La estructura del apoyo se arriostra generalmente para resistir las cargas del viento y una base de separación se utiliza a menudo para estabilizar el grupo de módulos sobre el nivel de la plataforma. Para minimizar la anchura de los módulos, estos deben ser construidos de tal forma que las aristas verticales puedan quedar alojadas en pilares tubulares u otros pilares de la estructura soporte, que rebasen la cota de la plataforma y confieran estabilidad estructural al conjunto de los módulos.

2.5 Edificios impresos en 3D y construidos por robots

En los últimos años se está avanzando considerablemente en las impresiones en 3D llegándose a construir edificios en 3D. Por ello parece oportuno incluir este último sistema en esta sección, aportando un breve resumen sobre el desarrollo analizado de este tipo de sistema hasta la fecha. Este tipo de edificación industrializada se divide en dos subsistemas principales:

2.5.1 EDIFICIOS POR IMPRESIÓN EN 3D

Se trata básicamente de una impresora en 3D a gran escala. Una subestructura de la impresora recorre en la propia parcela de la obra, siguiendo el diseño de edificio introducido en ella, vertiendo el material por capas (generalmente hormigón), y configurando de esta forma el edificio.

Se adjuntan a continuación algunos ejemplos de este tipo de edificación industrializada.



Fig 54. Impresiones en 3D que ofrece la empresa bemore3D.

2.5.2 EDIFICIOS CONSTRUIDOS POR ROBOTS

Otra variable de introducir los avances de la robótica en la construcción es que en lugar de que el robot imprima los muros del edificio, el robot coloque los "bloques", o elementos constructivos del edificio.

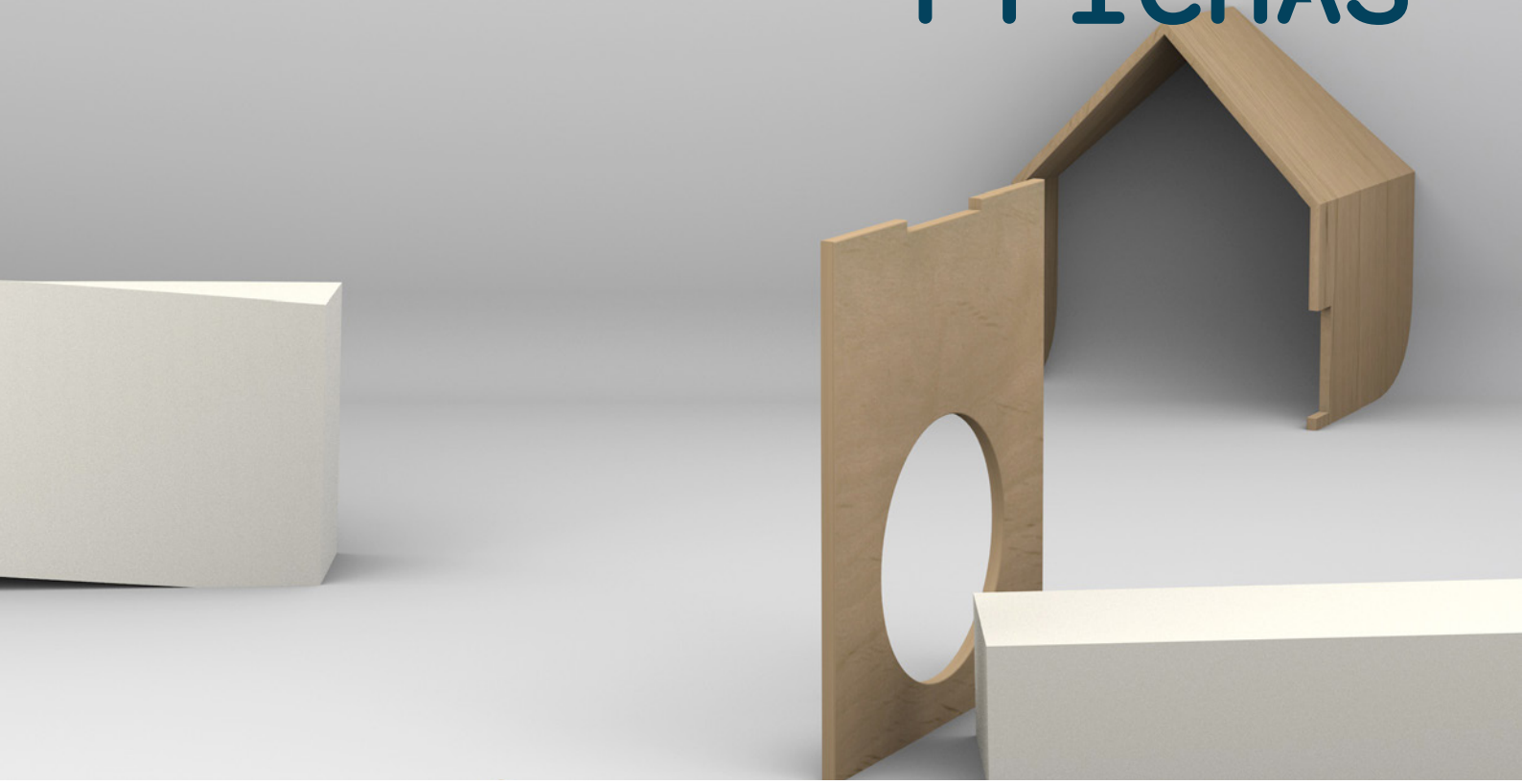
Destaca la empresa Australiana FastBrick que ofrece un robot de gran escala para la colocación de los ladrillos o bloques del edificio. Se adjuntan a continuación algunas imágenes.



Fig 55. Colocación de bloques y ladrillos por robots por la empresa FastBrick.



5 PRESENTACIÓN DE APARTADOS Y FICHAS



CONTENIDO

–1– INTRODUCCIÓN A LA HERRAMIENTA DE LA GUÍA

–2– DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES

–3– DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS INDUSTRIALIZADOS

- 3.1 MADERA CONTRALAMINADA MACIZA
- 3.2 ENTRAMADO DE MADERA (WOOD FRAMING)
- 3.3 ACERO ESTRUCTURAL
- 3.4 LIGHT STEEL FRAMING
- 3.5 HORMIGÓN PREFABRICADO

–4– USO DE LA HERRAMIENTA

–5– CÁLCULO DE PUNTUACIONES

–1– INTRODUCCIÓN A LA HERRAMIENTA DE LA GUÍA

La herramienta de evaluación tiene como objetivo ayudar a través de una serie de fichas que permiten recoger las características de un proyecto concreto, conocer la conveniencia o no de plantear un proyecto de construcción industrializada y de qué tipo.

Las fichas se organizan en 14 apartados que tratan aspectos que definen el proyecto a evaluar.

En función de las características del proyecto concreto, la guía evalúa como éste se ajusta a una solución industrializada desde cuatro perspectivas:



1. NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

La herramienta permite ver cómo de adecuado es para ese proyecto concreto optar por una solución **in situ, semi industrializada, o industrializada**. Estos diferentes niveles de industrialización se evalúan entre -2 (totalmente incoherente) y +2 puntos (totalmente coherente) para las cuestiones planteadas en cada ficha.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN — -2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO	SEMI INDUSTRIALIZADO	IN SITU
+2	+1	0

2. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

La herramienta permitirá ver qué sistema constructivo se adapta mejor a un proyecto concreto. Los sistemas constructivos se dividen en 3 materiales base: Madera, Acero y Hormigón; que a su vez se dividen en 2 tipos de subsistemas: **Madera (CLT y Entramado Ligero), Acero (Estructural y Light Steel Framing) y Hormigón (Prefabricado e In situ)**. En este caso se valoran en una escala de 0 (totalmente incoherente) a 5 (totalmente coherente) las diferentes cuestiones planteadas en las fichas.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS — 0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	5	2	4	1	1

3. GRADO DE PREFABRICACIÓN

La herramienta permite conocer qué grado de prefabricación se ajusta mejor al proyecto concreto: por **elementos lineales,** por **paneles**, **mixto**, o por **módulos**. Recoge además la posibilidad de que los diferentes grados de prefabricación integren o no las instalaciones y acabados finales del edificio. En este caso la evaluación se realiza entre un rango de 0-3 para responder a la coherencia o no de plantearse cada grado de prefabricación para las diferentes cuestiones planteadas en las fichas.

GRADO DE PREFABRICACIÓN — 0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
1	3	2	3	3	2

4. MODO DE EJECUCIÓN

Contempla si el sistema de construcción seleccionado requiere de estructura adicional o no para su ejecución o si se trata de un sistema de **obra seca** o **semi húmeda**. La puntuación se realiza de la misma manera que en el caso anterior, es decir, dentro de un rango de 0-3 dependiendo de la coherencia o no del sistema seleccionado.

MODO DE EJECUCIÓN — 0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

Las fichas incluyen también una pequeña descripción y explicación de la evaluación realizada, así como una base bibliográfica que apoya dicha descripción.

–2– DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES

Los Niveles utilizados en la herramienta se describen a continuación:

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO	SEMI INDUSTRIALIZADO	IN SITU
+2	+1	0

CONSTRUCCIÓN TOTALMENTE INDUSTRIALIZADA

La construcción totalmente industrializada, como su nombre indica, se basa en la utilización de piezas prefabricadas para la entera ejecución de la obra, por lo que el periodo en obra será el mínimo, a medida que se aumente la cantidad de labores a realizar en fábrica. Es decir, algunas piezas llegarán a obra con un alto grado de prefabricación (por ejemplo con acabados e instalaciones) y únicamente habrán de realizarse las correctas uniones entre estos elementos, y en otros casos las tareas en obra pueden ser más extensas. La obra ampliamente industrializada puede ejecutarse de tres modos, mediante elementos lineales, paneles, o módulos, aunque también puede realizarse una combinación de los tres, adaptándose a las necesidades de cada proyecto. Las conexiones entre estos componentes pueden ser secas o húmedas, dependiendo del sistema constructivo empleado y la evolución hacia la prefabricación de sus técnicas.

CONSTRUCCIÓN SEMI INDUSTRIALIZADA

En este primer nivel de industrialización, se integran algunos componentes prefabricados, reduciendo tanto el tiempo de ejecución en obra como las tareas a realizarse in situ, e igualmente aumentando la calidad de los componentes. Estos complementos pueden elaborarse tanto en fábricas especializadas como el en propio terreno, para posteriormente colocarse en la obra definitiva. Dependiendo de su colocación, seca o húmeda, podrán ser retirados o desmontados una vez cumplida su labor. Por ejemplo, estas piezas pueden ser paneles de fachada y/o forjados, losas, cerchas, etc.

CONSTRUCCIÓN IN SITU (TRADICIONAL)

La construcción in situ destaca por ser el método de construcción que se ha usado tradicionalmente, en el que todos sus procesos tienen carácter artesanal y se realizan completamente en obra. Algunos ejemplos de sus técnicas pueden ser la ejecución de forjados de hormigón armado por medio de encofrados tradicionales, a base de puntales y una superficie de tablas de madera, así como el levantamiento de muros de mampostería.

Esta técnica incluye la ejecución in situ de la obra, pero apoyándose en el uso de elementos y tecnologías modernas, como herramientas especiales, materiales innovadores y elementos de apoyo tecnificados, de modo que se aumente la productividad en la obra. En este caso, se nombran como ejemplo los encofrados modulares que pueden ser montados y desmontados a mayor velocidad que los efectuados tradicionalmente, y la maquinaria o tecnologías modernas como las grúas torre, las excavadoras, etc.

–3– DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS INDUSTRIALIZADOS

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	5	2	4	1	1

3.1. MADERA CONTRALAMINADA MACIZA



Los paneles de madera contralaminada están formados por varias capas de madera aserrada encoladas entre ellas, generando un panel de madera macizo.

La madera es uno de los materiales de construcción más antiguos, al mismo tiempo que la piedra. Por esa razón es un material del cual se posee mucha información sobre su funcionamiento mecánico y sus posibilidades.

Cuando a principios del siglo XX comenzó a usarse la madera laminada, se abrió un amplio abanico de posibilidades formales, debido a su capacidad de generar piezas curvadas.

CARACTERÍSTICAS

El sistema constructivo de madera contralaminada está formado por muros y forjados portantes, los cuales consisten en paneles compuestos por tablas colocadas y encoladas de modo que la dirección de las fibras de dos planchas adyacentes sea perpendicular entre sí.

Estos paneles pueden ejercer de muro, forjado y cubierta, por lo que todos los elementos del edificio serán estructurales, y gracias a sus láminas encoladas de forma cruzada, trabajarán de manera bidireccional, consiguiendo menores secciones. Estas tablas se distribuyen en grupos de 3 capas para particiones verticales, 5 capas para forjados, y hasta 7 y 9 capas para mayores solicitaciones.

El hecho de ser un producto derivado de la madera genera cierto valor de aislamiento térmico y acústico. Debiendo incorporar una capa de aislamiento de menor dimensión, comparándolo con otros sistemas como el hormigón prefabricado, o la obra tradicional.

Según las necesidades de cada recinto del edificio, podrán usarse dos tipos de ejecución. Por una parte, los muros podrán ser continuos, debiendo unir el forjado a un lateral del panel (como puede ocurrir en la construcción de cajas prefabricadas de ascensores). Por otra parte, los forjados serán los elementos continuos, debiendo edificar piso a piso.

Habitualmente se emplean tablas obtenidas de madera aserrada de los siguientes géneros: pícea, pino (en el caso de Euskadi pinus radiata), abeto y alerce. Estas maderas se secan hasta lograr una humedad del 10-14%, previniendo la estructura de ataques bióticos (hongos, mohos e insectos) y evitando los problemas que puedan provocarse debido a la existencia de humedad. Para el encolado de estas se utilizarán adhesivos que cumplan los requisitos de las normas vigentes.

Este sistema es adecuado para la construcción entre medianeras, así como para las rehabilitaciones de edificios, que debido a su bajo peso evita sobrecargar la existente.

Por lo que respecta al grado de prefabricación, este sistema constructivo consta de tres tipos de construcción:

- Construcción a pie de obra mediante elementos lineales prefabricados. Las vigas y pilares de madera contralaminada se fabricarán en taller, para posteriormente ser trasladados a la obra, donde se colocarán en su respectiva ubicación. Estos elementos pueden llegar a cubrir grandes luces.
- Paneles prefabricados 2D en fábrica. Estos paneles se producirán en el taller, y se trasladarán en camiones al solar en que deban ser montados.
- Módulos o volúmenes prefabricados 3D en fábrica. Los módulos se construirán en taller para, posteriormente, ser trasladados a la obra, donde se apilaran del modo determinado por el diseño.

En Euskadi se pueden ver ambos sistemas, empleando la ejecución modular para edificios que prioricen el tiempo en obra y su modularidad no afecte al diseño, y los paneles en el resto.

Estos paneles y módulos constan de dos características más que afectaran al grado de prefabricación del elemento:

- Con acabados y/o instalaciones: Los elementos se trasladarán al solar con las instalaciones y los acabados integrados en los mismos. La única tarea a realizar en obra será la correcta ejecución de las juntas y uniones entre estos.
- Sin acabados y/o instalaciones: Los elementos se trasladan a obra sin acabados y sin haber realizado en montaje de las instalaciones, por lo que ese trabajo habrá de hacerse en el solar, disminuyendo la calidad de los mismos, y aumentando el tiempo y la cantidad de gremios en el lugar.

Por lo que se refiere a acabados, y según el elemento del que se trate y sus necesidades, el panel o modulo fabricado en taller puede dejarse visto sustituyendo su habitual tabla exterior de calidad industrial por una de calidad visual, reduciendo la necesidad de un acabado suplementario.

Para alcanzar alturas mayores que el propio sistema condiciona, puede añadirse una estructura adicional, de modo que nos encontramos ante dos posibilidades:

- Con estructura complementaria. Consiste en la incorporación de vigas, pilares y viguetas para aumentar las posibilidades de carga del sistema constructivo, generando edificios de mayor altura y mayores luces.
- Sin estructura complementaria. El edificio se verá limitado por las características mecánicas del sistema.

Aunque en la construcción en madera prevalece la obra seca, dependiendo de la necesidad del edificio puede llegar a ser semi húmeda:

- Obra totalmente seca: Ningún elemento empleado en la construcción necesita agua para su constitución.
- Obra semi húmeda: Debido a algún condicionante del proyecto o del solar, es necesaria la incorporación de una mínima cantidad de agua. Esto puede ocurrir, por ejemplo, cuando el solado debe ser de cemento, o cuando se ejecuta la cimentación in situ por requerimiento del terreno.

3.2. Entramado de madera (Wood Framing)



Entramado de Madera (Wood Framing) se compone de un entramado ligero de madera portante y revestido con un material complementario para aumentar su resistencia mecánica y su seguridad en el uso.

Este sistema tuvo su origen en EEUU, y se planteó para la construcción de viviendas como respuesta al gran crecimiento poblacional provocado por el comienzo de la conquista territorial en el siglo XIX. Por medio de esta técnica, y gracias a la disponibilidad de este material en el lugar, podían levantarse viviendas rápida y eficazmente.

Las primeras estructuras fueron del tipo "balloonframing", caracterizadas por la continuidad de los montantes (conocidos como studs) en toda la altura del edificio (generalmente dos alturas). De este modo los perfiles que constituían el forjado se apoyaban en los laterales de los elementos verticales de pequeña escuadría, separados entre ellos unos 50cm. Este método de ejecución aplicaba una carga excéntrica en los studs generando un momento flector y el consiguiente aumento en la sección del perfil. Por ello, "balloonframing" evolucionó hacia "platformframing", en el que los montantes comprendían la altura de cada piso y los forjados apoyaban en estos, disminuyendo las dimensiones de las piezas verticales. Además, con esta transformación se facilitaba el transporte de los perfiles dada su menor extensión y se permitía el panelizado en un taller fuera de la obra.

El sistema de Entramado de Madera que actualmente se ha asentado en nuestro territorio consta de la segunda opción, es decir, una estructura compuesta por un entramado ligero, el cual ejecuta su construcción piso a piso, mediante un sistema de apoyos. Estos cerramientos y forjados se ejecutan por medio de paneles prefabricados en fábrica y posteriormente trasladados a obra para su rápido montaje.

CARACTERÍSTICAS

El Entramado de Madera es un sistema constructivo de muros y forjados portantes, los cuales se componen de un entramado de madera de pequeños perfiles dispuestos paralelamente a una distancia de entre 30 y 60 cm, y unidos en los dos extremos por medio de dos listones perpendiculares.

Algunos tabiques interiores podrán no ser estructurales, pudiendo ser eliminados o movidos en algún momento de la vida útil del edificio. Sin embargo, el sistema será más rentable si todos los elementos son estructurales, minimizando la sección de los mismos.

El sistema del Entramado de Madera puede estar formado por varios componentes más, para aumentar la resistencia mecánica, así como su confort y seguridad en el uso. Por ejemplo, se incorpora material aislante entre los montantes, de modo que se garantice el aislamiento térmico y acústico. Este podrá ser de diversos materiales, (lana de roca, lana de vidrio, lana de oveja, etc.), pero para dar continuidad a las características del material empleado, puede optarse por un aislamiento de fibra de madera. Del mismo

modo, para proteger la estructura del fuego y aumentar su resistencia mecánica, el entramado se cubrirá por medio de tableros de madera, placas de yeso, paneles ignífugos-hidrófugos, u otros, proporcionando gran libertad en la elección de acabados.

Aunque anteriormente no ocurría así, en la actualidad la utilización de cruces de San Andrés ha disminuido considerablemente a raíz de la incorporación de tableros contrachapados o tableros de hebras orientadas (OSB, Oriented Strand Board). Las cruces de San Andrés arriostraban el entramado de madera en aquellos lugares donde la estructura perdía su estabilidad, debiendo soportar cargas en forma de tracción y compresión. Hoy en día, estos elementos han sido sustituidos por los tableros mencionados.

El tablero OSB es un producto compuesto por virutas de madera, las cuales se unen mediante una cola sintética. Estas virutas se disponen en capas perfectamente diferenciadas y orientadas, y deben ser prensadas para conseguir la óptima resistencia mecánica.

Estas estructuras de entramado de madera pueden sufrir ciertas variaciones en las dimensiones, peso o disposición de los elementos para hacer frente a exigencias específicas. Por ello, existen tres tipos de entramado de madera o Wood Framing:

- Entramado ligero: Corresponde al sistema de descrito hasta el momento, el cual es el más extendido en los edificios construidos en Canadá, Estados Unidos, Finlandia, Suecia y Noruega, debido a su sencillez y a que permite altos grados de prefabricación y rapidez de montaje.
- Entramado pesado: Este sistema se asemeja al entramado ligero, con la diferencia de que los montantes o elementos lineales empleados son de mayor sección, llegando a cubrir espacios mayores, y pudiendo aumentar la distancia entre los mismos.
- Sistema viga-pilar: También conocido como post and beam en inglés, es un sistema porticado de vigas y pilares de madera, con los que pueden utilizarse grandes escuadrías con uniones de ensamble, siendo la estructura independiente del cerramiento exterior. Estas piezas son totalmente prefabricadas y se transportan a obra donde serán montadas. Tal y como ocurre en otros sistemas, las limitaciones de dimensiones vendrán dadas por el transporte por carretera.

Sin importar el sistema pos el que se opte, todas las piezas derivadas de la madera deberán protegerse ante ataques bióticos (hongos, mohos o insectos) y abióticos (humedad, luz, hielo o fuego). Por lo que respecta a los ataques abióticos, en el caso del entramado ligero de madera deberá protegerse por medio del diseño constructivo, es decir, habrán de proyectarse correctamente los puntos débiles o susceptibles, donde pueda existir contacto con humedad, luz, hielo, etc. En cambio, los elementos a la intemperie, así como otros en posible contacto con la humedad o que exista probabilidad de fuego, recibirán los respectivos tratamientos (ignífugos o retardadores del fuego, hidrofugantes, etc). Para prevenir los ataques bióticos, se emplearán insecticidas y fungicidas.

En cuanto al grado de prefabricación de este sistema constructivo, existen tres niveles:

- Construcción a pie de obra mediante elementos lineales prefabricados. Los largueros se trasladan a obra, donde se cortarán a las dimensiones establecidas y se montara el entramado. Posteriormente se colocarán el aislamiento y el acabado.
- Paneles prefabricados 2D en fábrica. Estos se producirán en taller y se trasladarán a la obra para su posterior montaje. El tiempo en obra y la calidad de la estructura serán mayores que en la anterior, debido a su ejecución en instalaciones habilitadas para ello.
- Módulos o volúmenes prefabricados 3D en fábrica. Los módulos se montarán en taller para transportarlos y apilarlos en obra. El tiempo se reduce mucho en comparación con la primera opción.

En Euskadi, el grado de industrialización más asentado consta de la ejecución por medio de paneles prefabricados, aunque también pueden verse edificios modulares, reduciendo considerablemente el tiempo en obra.

Las piezas que constituyen los paneles se encolarán de modo que consiga gran uniformidad y resistencia mecánica. Para las uniones entre los paneles, ya sea en obra como en taller, se realizará mediante escuadras, herrajes, tirafondo y tornillos. Estos elementos metálicos se dimensionarán según las cargas que deban soportar y recibirán tratamientos para protegerlos de los factores externos, como la humedad o ambientes salinos. Los

paneles deben sellarse adecuadamente entre ellos para el correcto comportamiento higrotérmico.

Siguiendo con el grado de prefabricación, los paneles y módulos pueden llegar a obra totalmente finalizados o, por el contrario, ejecutarse en el solar la disposición de acabados e instalaciones. Por esta razón se establecen otros dos grados de finalización:

- Con acabados y/o instalaciones: Los acabados y/o instalaciones se integran en el taller, por lo que en obra únicamente habrá de realizarse las uniones y juntas entre ellos. La ejecución de procesos será de mayor calidad.
  - — Sistemas volumétricos: Llegan a obra volúmenes formados por perfiles de madera, los cuales componen sistemas de forjado y muro (tanto paneles como módulos). Posteriormente habrá de instalar las instalaciones, el aislamiento y los acabados en obra.
  - — Construcción por elementos: Los listones de madera llegan fragmentados a la obra, debiendo realizar la composición de la estructura in situ. Por lo que las instalaciones y los acabados deberán integrarse a posteriori.
- Sin acabados y/o instalaciones: Los acabados y/o instalaciones se ejecutan en la obra, con el consiguiente aumento en la cantidad de gremios en el solar.
  - — Sistemas de panel abierto: Los volúmenes o paneles que llegan a la obra están compuestos por una estructura ligera de madera y completados con aislamiento. Las instalaciones llegan integradas en este aislamiento, pero el acabado ha de colocarse en obra.
  - — Sistemas de panel cerrado: Los volúmenes o paneles llegan completamente finalizados a obra, con los acabados e instalaciones integrados en ellos.

Por otra parte, en la ejecución mediante paneles y módulos, existe la posibilidad de que estos elementos producidos en taller puedan dejarse vistos, por lo que se encontraran dos calidades de superficies. Cuando se prevea que el panel será recubierto por otro material, se emplearán tableros de calidad industrial, y por el contrario, cuando se decida la posibilidad de dejar el panel visto, se procederá a la elección de un tablero de calidad visual.

Aunque es sabida la alta resistencia de la madera, en ciertas condiciones ésta debe ser reforzada mediante estructuras adicionales, y por esa razón se plantean las siguientes dos opciones:

- Con estructura complementaria: Estos refuerzos (pilares, vigas, viguetas, etc.) ayudarán a conseguir mayores alturas y luces, y del mismo modo servirán como soporte para aquellos módulos que excedan de las dimensiones adecuadas para su movimiento sin generar el colapso de su entramado.
- Sin estructura complementaria: es el caso en el que el único elemento estructural es el sistema constructivo en sí, adecuando las alturas y luces a los valores determinados.

Por lo que respecta a la utilización de agua para la constitución del edificio, existen dos opciones:

- Obra totalmente seca: Cuando el sistema en si es capaz de asegurar todos los requisitos sin necesidad de mezclas de cemento con agua.
- Obra semi húmeda: Cuando por algún requisito de la obra, es necesaria la integración de agua, como por ejemplo la ejecución de solados encima de los forjados de entramado de madera o la necesidad de cimentación in situ.



3.3. Acero estructural



Este sistema constructivo se compone de una estructura de pilares, vigas y viguetas de acero laminado en caliente.

Aunque el hierro se usó desde la antigüedad, no fue hasta el siglo XVII que empezó a emplearse como material de construcción. Anteriormente habían sido usados en forma de clavos y herrajes, pero debido a su fragilidad ante los esfuerzos en flexión limitaba su aplicación en la construcción a una escala mayor. Pero en ese siglo ocurrió un punto de inflexión y pudo verse la utilización del hierro en columnas y arcos, es decir en los elementos que actuaban a compresión dentro de la estructura diseñada.

Con la iniciación de la revolución industrial y el consiguiente auge en la construcción de fábricas, el hierro fue tomando lugar en las construcciones industriales. Debido al riesgo de incendios provocados por las máquinas de vapor que estos edificios albergaban, la madera comenzó a ser remplazada por este metal. Los primeros edificios industriales se construyeron con muros perimetrales de madera, en los que se apoyaba la estructura interior de vigas y columnas de madera, al igual que los forjados de los pisos que estaban compuestos por el mismo material. Estos elementos combustibles fueron remplazados por elementos de hierro forjado.

En el siglo XIX, y debido a las exposiciones mundiales organizadas para el fomento y demostración de los beneficios de la industria, la construcción en hierro obtuvo gran empuje. Como ejemplo de estas ferias, destaca el pabellón Crystal Palace de Joseph Paxton que demostró las posibilidades de la construcción prefabricada. Igualmente, la utilización del hierro se extendió a otras tipologías como son las galerías comerciales, los mercados cubiertos y la arquitectura ferroviaria.

El incendio de Chicago de 1871 dio lugar a la construcción de los primeros rascacielos con nuevas estructuras de acero, y desde entonces su utilización aumentó considerablemente hasta lo que en la actualidad conocemos.

CARACTERÍSTICAS

El acero estructural está formado, tal y como el nombre indica, por una estructura de elementos lineales como pilares, vigas y viguetas de acero laminado en caliente. Por lo que es necesario la utilización de otro sistema constructivo para la elaboración de los cerramientos, forjado y cubierta. Es decir, el sistema posee autonomía en la constitución del edificio. El acero se obtiene de la mezcla de hierro con una cantidad de carbono (entre el 0,05% y el 1,7%), aumentando su resistencia. Para generar estas aleaciones, los diferentes metales se funden en hornos de altas temperaturas y tras el proceso de fundición, los lingotes se pasan por rodillos de modo que se consiguen un producto semi terminado, largo y de forma rectangular. Una vez realizado este proceso, y cuando aún el material sigue en altas temperaturas, se envían a molinos laminadores, donde el perfil tomará su geometría final. Este proceso le da el nombre de perfiles laminados en caliente.

Estos perfiles pueden ser se sección abierta o cerrada, generando perfiles, barras o tubos, dependiendo de la necesidad de cada elemento del edificio o estructura.

Dentro de los tubos estructurales, se pueden encontrar de diversas secciones: rectangulares, cuadrados o redondos. Para el caso de los perfiles abiertos, se encuentras las barras, que pueden ser circulares o cuadradas; y los perfiles en I, H, T, U y L (o angulares). Estas tipologías pueden tener variaciones como la utilización de perfiles asimétricos, vigas alveolares, etc., dependiendo de la estructura que deba realizarse.

El acero que mayormente se utiliza en la construcción se denomina acero no aleado, y los tipos más empleados son S235, S271 Y S355, aunque el uso del tipo S460, de alta resistencia, es cada vez más utilizado.

Esta estructura se arriostrará en los casos que así se designe, debido a las fuerzas que actúen en ella. Este arriostramiento puede realizarse por medio de cruces de San Andrés. Este elemento consta de dos barras o perfiles colocados en forma de X, y dimensionados de modo que sean capaces de evitar el movimiento lateral, así como el giro de las secciones transversales contraventeadas.

En caso de que la estructura de acero este expuesta al aire, la humedad y otros medios corrosivos, habrá que protegerla correctamente. Para ello, por una parte, podemos emplear el propio de diseño constructivo, de modo que la estructura no esté nunca en contacto con estas condiciones ambientales o con otros metales que con su unión generen pila galvánica. Por otra parte, podemos protegerla por medio de la aplicación de revestimientos metálicos como la proyección térmica (no es económico para todos los elementos) y la inmersión galvánica caliente (la más habitual). La galvanización en caliente consiste en la inmersión de los elementos estructurales de acero en un baño de cinc, manteniendo una temperatura de 450° aproximadamente.

Por lo que respecta al grado de prefabricación, este sistema constructivo consta de tres tipos de construcción:

- Construcción a pie de obra mediante elementos lineales prefabricados: los perfiles laminados en caliente se fabrican en planta la desplazarlos y colocarlos en obra. Requerirán de más elementos para generar los forjados y cerramientos del edificio.
- Paneles prefabricados 2D en fábrica. Estos paneles se construyen en fabrica y pueden ser de dos tipos:
  - Paneles de fachada como por ejemplo paneles sándwich, etc.
  - Paneles de forjado estructurales compuestos de una estructura lineal de acero que responda a los requisitos del edificio.
- Módulos o volúmenes prefabricados 3D en fábrica. Estos volúmenes se construyen en fábrica para posteriormente ser trasladados y colocados en obra. Se componen de una estructura volumétrica de acero laminado en caliente.

Por lo general, la construcción más extendida en Euskadi se emplea la ejecución por medio de elementos lineales prefabricados, aunque para los casos en los que haya de cubrir grandes luces de emplean elementos 2D, como por ejemplo cerchas prefabricadas.

Los módulos y paneles se construirán en taller y a continuación se montarán en obra. Según el tiempo que se disponga para la ejecución en el solar, se podrá optar por diversos grados de finalización:

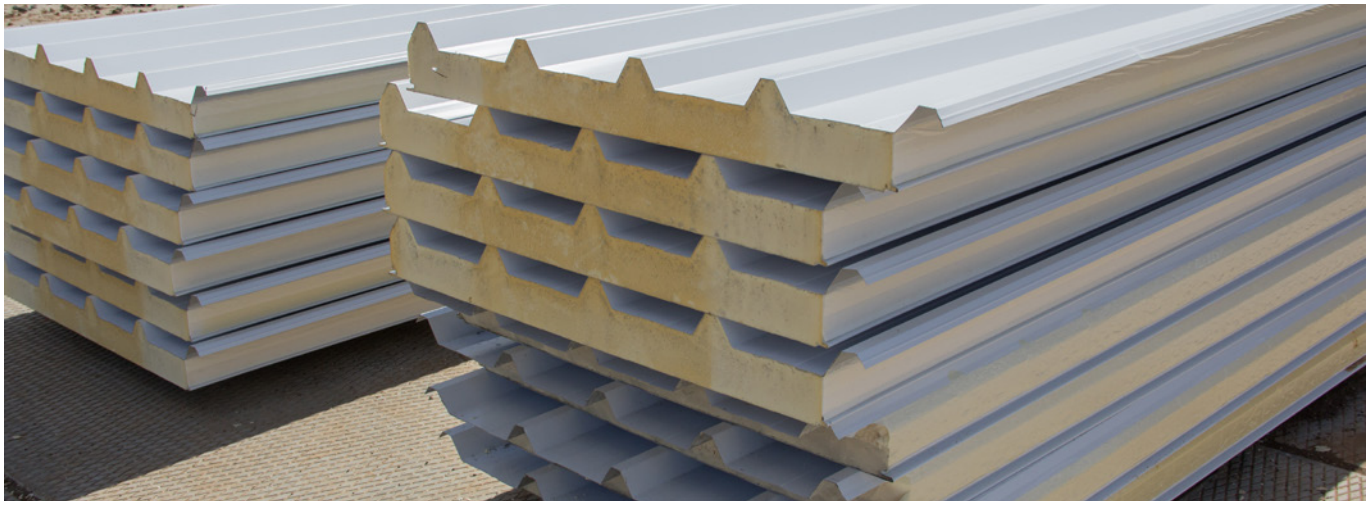
- Con acabados y/o instalaciones. Los acabados y las instalaciones se completarán en el taller, reduciendo la cantidad de gremios en la obra. Así mismo, el periodo de obra en el solar se verá reducido a la ejecución de las uniones y conexiones entre elementos.
- Sin acabados y/o instalaciones. La instalación de los acabados, las tuberías, cables, etc., se llevará a cabo en el solar, aumentando el tiempo de ejecución y la cantidad de técnicos en obra.

Este sistema podrá satisfacer sus necesidades estructurales sin necesidad de una estructura complementaria, pero por el contrario puede precisar de otro sistema adicional para la ejecución de sus forjados, cerramientos y tabiquería interior.

Por lo que respecta a sus forjados y cerramientos, y según el sistema constructivo seleccionado para su elaboración, nos encontraremos ante dos tipos de ejecución:

- Obra totalmente seca. La construcción de los cerramientos y forjados del edificio no requerirá de agua.
- Obra semi húmeda. Se necesitará agua para la ejecución de los cerramientos y forjados.

3.4. Light Steel Framing



Light Steel Framing pertenece al tipo de construcción ligera, más exactamente consta de un entramado ligero de acero, el cual se asimila al entramado de madera anteriormente expuesto.

Como se ha mencionado en la sección de "Entramado de Madera", el sistema de entramado ligero de madera evolucionó desde la tipología de "balloonframing" hasta "platformframing", de modo que se solucionaban las cargas excéntricas aplicadas en los montantes verticales y se reducía la sección de estos. Steel Framing comenzó a usarse en EEUU a partir del 1940, siguiendo el método de ejecución "platformframing" y sustituyendo la madera por perfiles de acero ligero. Igualmente, en Japón y tras la Segunda Guerra Mundial, este sistema se empleó para la reconstrucción de miles de viviendas destruidas por los bombardeos.

Posteriormente, Steel Framing se ha extendido a diferentes países y regiones, incluido Euskadi, donde ya se han construido diferentes edificios siguiendo este tipo de construcción.

CARACTERÍSTICAS

Este sistema se define como un sistema de muros y forjados portantes, compuestos por un esqueleto estructural de perfiles ligeros de acero, que colocados paralelamente entre sí, conformando la red de montantes o studs, y unidos en la parte inferior y superior mediante unos carriles (tracks) perpendiculares a la dirección, logran generar la estabilidad del edificio.

La estructura metálica planteada está formada por perfiles de acero ligeros conformados en frió a partir de chapas de acero almacenadas en forma de rollos. Estas chapas metálicas tienen espesores entre 0.6 mm y 3.5 mm, con un límite elástico mínimo de 250 N/mm^2 y resistencia a la tracción mínima de 330 N/mm^2. Su forma puede ser en C, en Z, en L, en Ω, en M o en U.

Este esqueleto es el que da forma al edificio, y puede formar tanto componentes estructurales (cerramiento, forjado, cubierta, tabiquería interior) como no estructurales (parte de la tabiquería interior). La distancia entre los montantes será de 40 cm o 60 cm, de modo que los paneles siempre estarán modulados en esas dimensiones. Los huecos también deberán disponerse teniendo en cuenta esta característica.

Para mayor resistencia se utiliza el arriostramiento conocido como cruces de San Andrés. Para ello, se utilizarán cintas de acero galvanizado colocadas en forma de X, fijadas sobre la superficie exterior del panel. Sus dimensiones (ancho y espesor), así como su ubicación, se determinarán dependiendo de las cargas y la geometría del edificio diseñado. Estos montantes resisten tanto la compresión como la tracción.

Cuando el arriostramiento en X no es factible por la aparición de huecos en fachada dentro del diseño arquitectónico, se emplearán el arriostramiento en K, ubicando perfiles con forma de C entre los montantes.

Al igual que los dispuestos en forma de X, estos asumirán las cargas de tracción y compresión.

Además de este armazón, el sistema está formado por otros elementos los cuales aumentan su resistencia mecánica, su seguridad y confort en el uso. Entre ellos, y para aportar aislamiento térmico y acústico, destaca el material aislante ubicado entre la perfilaría del esqueleto. Este puede ser de diversos tipos dependiendo de los valores deseados y las características del edificio. Otro elemento a señalar, y no menos importante, es el material que protege y completa el muro o forjado portante, aumentando la resistencia mecánica y el tiempo que resiste ante un incendio. Este componente es el que forma la piel o el acabado del panel, y puede estar formado por una placa de yeso, un tablero OSB (OrientedStrandBoard), o paneles ignífugos-hidrófugos, dependiendo de si constituye una partición interior o la envolvente.

Para proteger el acero ante la corrosión, se emplearán dos tipos de soluciones. Por una parte, podrá emplearse un acero inoxidable, el cual se consigue mediante la adición de cromo; o igualmente puede usarse un acero galvanizado, sumergiendo el acero en un baño de cinc fundido. De cualquiera de los dos modos se evita la corrosión debido a la creación de una capa de óxidos protectores. En el caso del galvanizado no es tan longevo y cualquier arañado o desgaste puede conllevar la aparición de corrosión, pero su precio es menor que el inoxidable. El galvanizado es el recubrimiento más extendido.

Por lo que respecta a la ejecución, este sistema puede ejecutarse en tres niveles de prefabricación:

- Construcción a pie de obra mediante elementos lineales (Stick-built). Los perfiles se transportarán hasta el solar, allí se cortarán y montarán para constituir los paneles de cerramiento, forjado, cubierta y particiones interiores. Este procedimiento debe usarse donde la prefabricación no sea viable, ya que su manipulación en obra produce desperdicios por los cortes y aumento en el costo de la mano de obra y en el tiempo de construcción en el solar.
- Paneles prefabricados 2D en fábrica. Estos elementos se producirán en taller, para posteriormente montarse en obra. Consecuentemente el tiempo en obra disminuye y la calidad de la estructura aumenta.
- Módulos o volúmenes prefabricados 3D en fábrica. Se construirán en taller, de modo que únicamente haya que trasladarlos hasta la obra y apilarlos uno encima de otro.

Actualmente, en Euskadi se llevan a cabo obras por medio de los dos primeros métodos de construcción, debido a que la ejecución por medio de módulos genera diversas dificultades.

Los diversos procedimientos de ejecución afectan al tiempo en obra, de modo que cuanto mayor sea el grado de prefabricación, menor será el periodo de ejecución en el solar. Otro factor relacionado con el tiempo es el grado finalización con el que llegan los paneles y módulos a obra. En este caso se diferencian dos niveles:

- Con acabados y/o instalaciones: Los acabados y/o instalaciones se montan en fábrica, de modo que en obra únicamente haya que realizar las uniones y juntas entre ellos. Las piezas que lleguen a obra a este nivel de acabado, podrán dividirse en varios grupos.
  - Sistemas volumétricos: Llegan a obra volúmenes formados por perfiles de acero ligero, los cuales componen sistemas de forjado y muro (tanto paneles como módulos). Posteriormente habrá de instalar las instalaciones, el aislamiento y los acabados en obra.
  - Construcción por elementos: La perfilaría de acero ligero llega fragmentada a la obra, debiendo realizar la composición de la estructura in situ. Por lo que las instalaciones y los acabados deberán integrarse a posteriori.
- Sin acabados y/o instalaciones: Los acabados y/o instalaciones se ejecutan en la obra, aumentando la cuantía de gremios en la obra.
  - Sistemas de panel abierto: Los volúmenes o paneles que llegan a la obra están compuestos por una estructura de acero ligero y completados con aislamiento. Las instalaciones llegan integradas en este aislamiento, pero el acabado a de colocarse en obra.
  - Sistemas de panel cerrado: Los volúmenes o paneles llegan completamente finalizados a obra, con los acabados e instalaciones integrados en ellos.

Uno de los inconvenientes de este sistema es la disminución en la resistencia mecánica ante proyectos de edificación de grandes alturas. Para corregir esta circunstancia se emplean sistemas auxiliares, produciendo dos tipos de ejecución en altura.

- Con estructura complementaria: Esta opción se selecciona ante la necesidad de un edificio en altura o de grandes luces, así como para reforzar paneles y módulos de grandes dimensiones, los cuales no logran la estabilidad completa y deben apoyarse en una estructura adicional (pilares, vigas, viguetas, etc). Puede concluirse que este sistema se acerca a la tipología de acero estructural, proyectando una estructura más robusta donde los muros o forjados portantes de Steel Framing no sean suficientes.
- Sin estructura complementaria: No se empleará una estructura adicional para soportar las cargas del edificio, de modo que la altura y las luces del mismo se verán limitadas por las propiedades del sistema.

La utilización de una estructura complementaria puede traducirse a la conversión de la estructura ligera en elemento secundario. La estructura principal puede ser se acero, hormigón, etc., y en ella se apoyarán los entramados ligeros de acero, generando forjados y muros, los cuales pueden ser portantes o no.

Igualmente, este sistema puede usarse en la elaboración de fachadas ventiladas, de modo que la estructura metálica sujete el acabado exterior y se apoye en un cerramiento de hormigón, cerámico, etc.

Debido a su bajo peso, también se emplea en las ampliaciones realizadas en cubiertas planas de edificios existentes, pudiendo aumentar los pisos de este. La nueva carga añadida a la estructura será mínima, por lo que los antiguos cimientos serán capaces de soportar este incremento. Sin embargo, antes de proceder a la ampliación debe comprobarse el estado de la estructura, y reforzarla en los lugares que sean necesario.

En cuanto a la cantidad de agua empleada en la obra, tendremos dos tipos de ejecución:

- Obra totalmente seca: Cuando en ningún caso se usa agua para la construcción del edificio. Los elementos que lo constituyen podrán desmontarse fácilmente debido a la utilización de uniones secas como atornillamientos, plazas metálicas, etc.
- Obra semi húmeda: Cuando por diversos condicionantes es necesaria la integración del agua en la obra, como por ejemplo solados de cemento encima de los forjados de entramado metálico.



3.5. Hormigón prefabricado



El sistema actual de prefabricados de hormigón consta de una estructura de muros y forjados de hormigón prefabricado, aunque también está extendida la utilización de pilares y vigas como elemento estructural.

Los paneles de hormigón prefabricado se han usado en la construcción de fachadas a partir de la segunda mitad del siglo pasado, especialmente tras el final de la Segunda Guerra Mundial, debido a la necesidad de reconstrucción generalizada de edificios e infraestructuras en amplias regiones de Europa. Los impulsores de este nuevo sistema constructivo fueron arquitectos reconocidos como Le Corbusier, Walter Gropius, Alvar Aalto, etc., los cuales llevaron a cabo el diseño de multitud de bloques de viviendas colectivas, en los que la estructura portante era de hormigón armado (in situ) y en ella se fijaban los paneles prefabricados de hormigón. Estos paneles han evolucionado hasta la actualidad, incorporando elementos como el aislamiento en su interior e incorporando los acabados, tanto interiores como exteriores, en su confección.

A finales del siglo XIX, Edmond Coignet realizó primer edificio completamente construido con elementos prefabricados de hormigón, sumando pilares y vigas prefabricadas a los ya habituales paneles. Igualmente, comenzaron a surgir las primeras patentes de módulos de hormigón prefabricado, así como diferentes técnicas o procedimientos para su producción.

CARACTERÍSTICAS

Aunque el sistema más asentado en Euskadi consiste en pilares, vigas, forjados y paneles de fachada de hormigón prefabricado, también existe la posibilidad de ejecutarlo por medio de paneles estructurales, al igual que ocurre en la madera contralaminada.

Por lo tanto, el hormigón prefabricado consta de diferentes elementos lineales, como pilares y vigas, así como de diversos tipos de paneles. Estas piezas se producirán en taller y se transportaran en camiones a la obra, donde se montarán para la consecución del edificio.

El montaje en obra se realizará de diversas maneras:

- Elementos lineales prefabricados en fábrica: Las vigas y pilares se producirán en fábrica bajo condiciones controladas, por medio del vertido de hormigón a unos moldes diseñados para el requerimiento morfológico de estas piezas.
- Paneles prefabricados 2D en fábrica: Para la realización de estas piezas habrá de construirse un primer molde en el que se verterá el hormigón, y después de su fraguado se procederá a la retirada de la pieza y la posterior reutilización del molde. La calidad de estas piezas será mayor que en el procedimiento in situ.

- Módulos o volúmenes prefabricados 3D en fábrica: estas piezas tridimensionales se construirán en el taller, de modo que el fraguado ocurrirá en un lugar protegido de las condiciones climáticas, aumentado la calidad de la estructura.

Los paneles de dos dimensiones, al igual que los módulos tridimensionales, podrán llegar a obra con diferentes grados de finalización:

- Con acabados y/o instalaciones: Las piezas prefabricadas llegarán a obra con las instalaciones y/o acabados fijados, por lo que la ejecución en obra se limitará a la unión entre los componentes. En el caso de algunos de los acabados, podrán ir integrados en el propio panel, es decir, mediante la realización de la textura en el momento del fraguado.
- Sin acabados y/o instalaciones: Los acabados y las instalaciones se colocarán en el solar, generando un aumento en la cantidad de técnicos en obra.

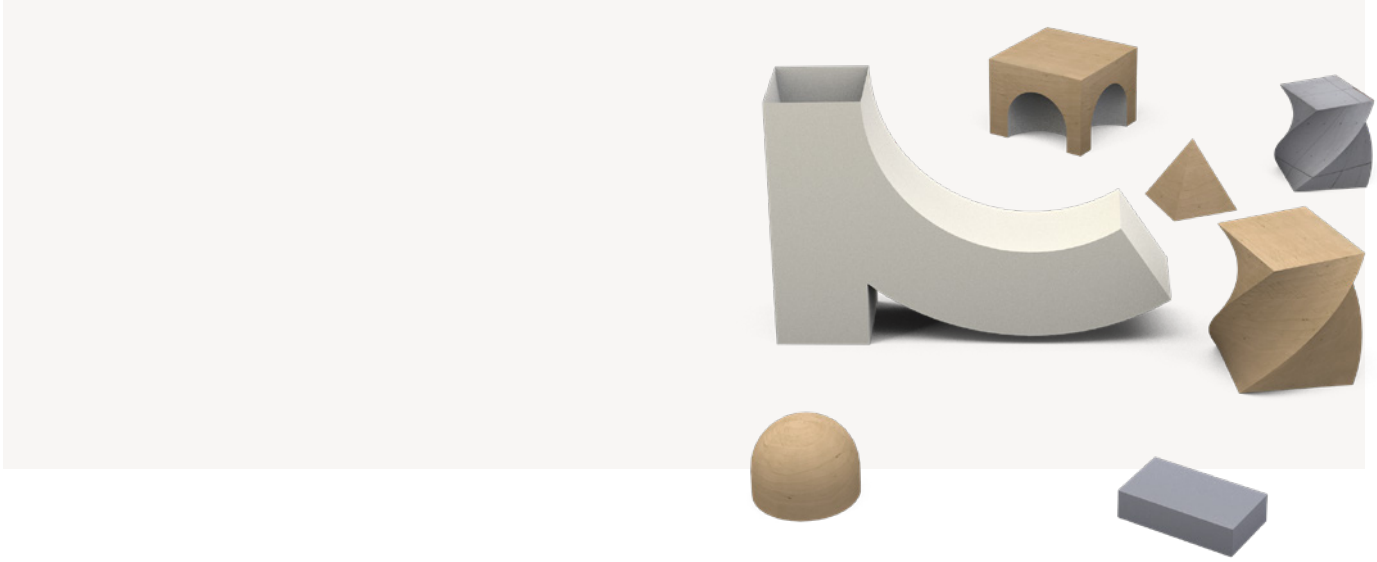
Cuando sea preciso la elaboración de un edificio de poca altura, no será necesaria la utilización de una estructura complementaria, dado que los propios muros prefabricados de hormigón serán los que soporten la carga del forjado.

- Con estructura complementaria: Cuando, por ejemplo, se trate de un edificio que sobrepase las luces recomendadas para el sistema murario, será necesaria la incorporación de una estructura adicional.
- Sin estructura complementaria: Cuando la estructura consiste en forjados directamente apoyados en los muros de hormigón prefabricado.

En la actualidad, en nuestro territorio gran parte de los edificios se construyen con una estructura complementaria, de modo que los forjados apoyen sus cargas en las vigas inferiores, y estas se fijen a los pilares.

Las uniones entre los elementos estructurales podrán ejercerse tanto por apoyo como por empotramiento, dependiendo de los esfuerzos que deban soportar. Esta variable condicionará la aportación de agua a la construcción:

- Obra totalmente seca: Cuando la unión entre los elementos estructurales se realice por apoyos la junta será totalmente seca. En el caso de que se proceda a un empotramiento mediante la soldadura de chapas integradas en las propias piezas, también nos encontraremos ante un nudo seco.
- Obra semi húmeda: en el caso de los empotramientos en los que sea necesario el vertido de hormigón para su posterior fraguado, así como los forjados constituidos por prelosas, o las cimentaciones realizadas in situ, nos hallaremos ante un sistema semi húmedo, en el que será necesario una pequeña aportación de agua para su construcción.



–4– USO DE LA HERRAMIENTA

En cuanto al uso práctico de la herramienta, el usuario se encuentra con una hoja Excel con diferentes pestañas por las que podrá ir navegando e introduciendo datos:



Fig 1. Portada de la Herramienta

1. En la primera pestaña "Datos del proyecto", el usuario introducirá los datos básicos del proyecto

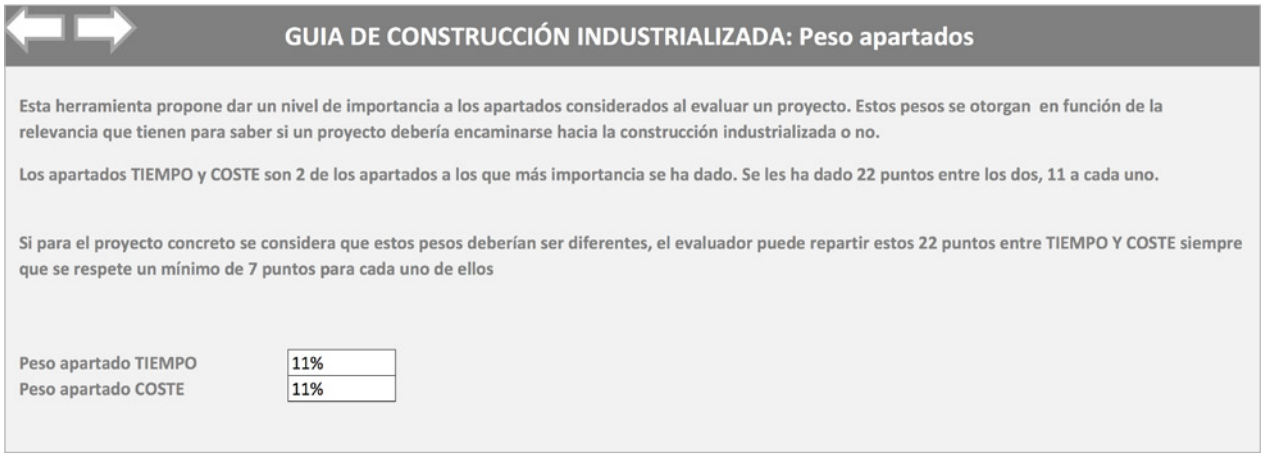
GUIA DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA: Datos del Proyecto	
Agentes	
Promotor	
Proyectista	
Constructor	
Emplazamiento de la obra	
Denominación de la obra	
Dirección	
Municipio	
Calculos realizados por	
Nombre	
Cargo	
Fecha	

Fig 2. Pestaña "Datos del proyecto"

2. La herramienta propone dar un nivel de importancia a los apartados considerados al evaluar un proyecto. Estos pesos se otorgan en función de la relevancia que tienen para saber si un proyecto debería encaminarse hacia la construcción industrializada o no.

Los apartados TIEMPO y COSTE son 2 de los apartados a los que más importancia se ha otorgado. Se les ha dado 22 puntos entre los dos, 11 a cada uno.

La herramienta permite cambiar estos pesos a criterio del evaluador. Éste puede repartir estos 22 puntos entre TIEMPO Y COSTE siempre que se respete un mínimo de 7 puntos para cada uno de ellos.



GUIA DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA: Peso apartados

Esta herramienta propone dar un nivel de importancia a los apartados considerados al evaluar un proyecto. Estos pesos se otorgan en función de la relevancia que tienen para saber si un proyecto debería encaminarse hacia la construcción industrializada o no.

Los apartados TIEMPO y COSTE son 2 de los apartados a los que más importancia se ha dado. Se les ha dado 22 puntos entre los dos, 11 a cada uno.

Si para el proyecto concreto se considera que estos pesos deberían ser diferentes, el evaluador puede repartir estos 22 puntos entre TIEMPO Y COSTE siempre que se respete un mínimo de 7 puntos para cada uno de ellos

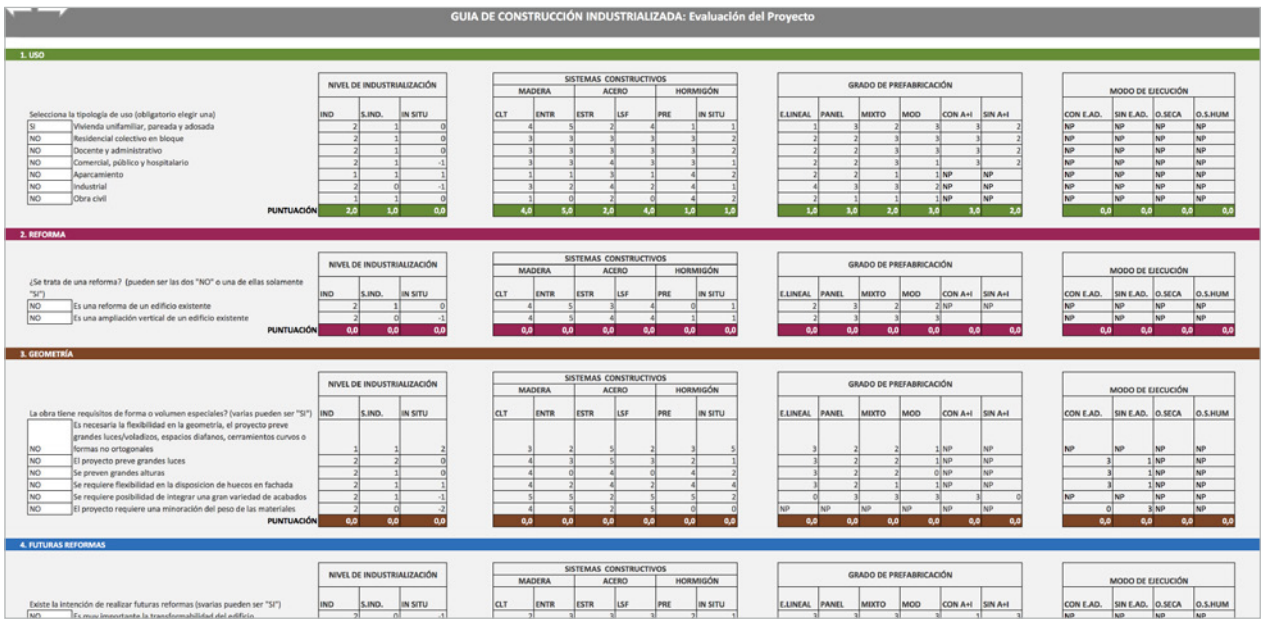
Peso apartado TIEMPO	11%
Peso apartado COSTE	11%

Fig 3. Pestaña "Peso apartados"

3. En la tercera pestaña "Evaluación", el usuario deberá responder a las preguntas que se plantean con el objetivo de definir cuáles son las características del proyecto que se va a evaluar. Las preguntas se organizan en los 14 apartados y son de 2 tipos:

a. Preguntas que requieren una respuesta de "SI" o "NO" en función de las características del proyecto.

b. Preguntas cuya respuesta esta predefinida ya que no dependen del proyecto en concreto. Estas respuestas no serán editables.



GUIA DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA: Evaluación del Proyecto

1. USO

		NIVEL DE INDUSTRIALIZACIÓN			SISTEMAS CONSTRUCTIVOS						GRADO DE PREFABRICACIÓN						MODO DE EJECUCIÓN			
					MADERA		ACERO		HORMIGÓN											
Selecciona la tipología de uso (obligatorio elegir una)		IND	S.IND.	IN SITU	CLT	ENTR	ESTR	LSF	PRE	IN SITU	E.LINEAL	PANEL	MIXTO	MOD	CON A+I	SIN A+I	CON E.AD.	SIN E.AD.	O.SECA	O.S.HUM
SI	Vivienda unifamiliar, pareada y adosada	2	1	0	4	5	2	4	1	1	1	3	2	3	3	2	NP	NP	NP	NP
NO	Residencial colectivo en bloque	2	1	0	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	2	NP	NP	NP	NP
NO	Docente y administrativo	2	1	0	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	2	NP	NP	NP	NP
NO	Comercial, público y hospitalario	2	1	-1	3	3	4	3	3	1	2	2	3	1	3	2	NP	NP	NP	NP
NO	Aparcamiento	1	1	1	1	1	3	1	4	2	2	2	1	1	NP	NP	NP	NP	NP	NP
NO	Industrial	2	0	-1	3	2	4	2	4	1	4	3	3	2	NP	NP	NP	NP	NP	NP
NO	Obra civil	1	1	0	1	0	2	0	4	2	2	1	1	1	NP	NP	NP	NP	NP	NP
	PUNTUACIÓN	2,0	1,0	0,0	4,0	5,0	2,0	4,0	1,0	1,0	1,0	3,0	2,0	3,0	3,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0

2. REFORMA

		NIVEL DE INDUSTRIALIZACIÓN			SISTEMAS CONSTRUCTIVOS						GRADO DE PREFABRICACIÓN						MODO DE EJECUCIÓN			
					MADERA		ACERO		HORMIGÓN											
¿Se trata de una reforma? (pueden ser las dos "NO" o una de ellas solamente "SI")		IND	S.IND.	IN SITU	CLT	ENTR	ESTR	LSF	PRE	IN SITU	E.LINEAL	PANEL	MIXTO	MOD	CON A+I	SIN A+I	CON E.AD.	SIN E.AD.	O.SECA	O.S.HUM
NO	Es una reforma de un edificio existente	2	1	0	4	5	3	4	0	1	2	3	2	2	NP	NP	NP	NP	NP	NP
NO	Es una ampliación vertical de un edificio existente	2	0	-1	4	5	4	4	1	1	2	3	3	3			NP	NP	NP	NP
	PUNTUACIÓN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

3. GEOMETRÍA

		NIVEL DE INDUSTRIALIZACIÓN			SISTEMAS CONSTRUCTIVOS						GRADO DE PREFABRICACIÓN						MODO DE EJECUCIÓN			
					MADERA		ACERO		HORMIGÓN											
La obra tiene requisitos de forma o volumen especiales? (varias pueden ser "SI")		IND	S.IND.	IN SITU	CLT	ENTR	ESTR	LSF	PRE	IN SITU	E.LINEAL	PANEL	MIXTO	MOD	CON A+I	SIN A+I	CON E.AD.	SIN E.AD.	O.SECA	O.S.HUM
NO	Es necesaria la flexibilidad en la geometría, el proyecto prevé grandes luces/voladizos, espacios diafanos, cerramientos curvos o formas no ortogonales	1	1	2	3	2	5	2	3	5	3	2	2	1	NP	NP	NP	NP	NP	NP
NO	El proyecto prevé grandes luces	2	2	0	4	3	5	3	2	1	3	2	2	1	NP	NP		1	NP	NP
NO	Se prevén grandes alturas	2	1	0	4	0	4	0	4	2	3	2	2	0	NP	NP		1	NP	NP
NO	Se requiere flexibilidad en la disposicion de huecos en fachada	2	1	1	4	2	4	2	4	4	3	2	1	1	NP	NP		1	NP	NP
NO	Se requiere posibilidad de integrar una gran variedad de acabados	2	1	-1	5	5	2	5	5	2	0	3	3	3	3	0	NP	NP	NP	NP
NO	El proyecto requiere una minoración del peso de las materiales	2	0	-2	4	5	2	5	0	0	NP	NP	NP	NP	NP	NP	0	3	NP	NP
	PUNTUACIÓN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

4. FUTURAS REFORMAS

		NIVEL DE INDUSTRIALIZACIÓN			SISTEMAS CONSTRUCTIVOS						GRADO DE PREFABRICACIÓN						MODO DE EJECUCIÓN			
					MADERA		ACERO		HORMIGÓN											
Existe la intención de realizar futuras reformas (suarias pueden ser "SI")		IND	S.IND.	IN SITU	CLT	ENTR	ESTR	LSF	PRE	IN SITU	E.LINEAL	PANEL	MIXTO	MOD	CON A+I	SIN A+I	CON E.AD.	SIN E.AD.	O.SECA	O.S.HUM
NO	Es muy importante la transformabilidad del edificio	2	0	-1	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3	NP	NP	NP	NP

Fig 4. Pestaña "Evaluación"

4. En la cuarta pestaña "Resultado" se ofrece al usuario una serie de gráficas que permiten conocer:

a. Si el proyecto se adapta mejor a una solución industrializada o in situ.

b. En caso de optar por una solución industrializada:

i. Qué sistemas constructivos se adaptan mejor a las características del proyecto.

ii. Qué grados de prefabricación se adaptan mejor a las características del proyecto.

iii. Qué modos de ejecución se adaptan mejor a las características del proyecto.

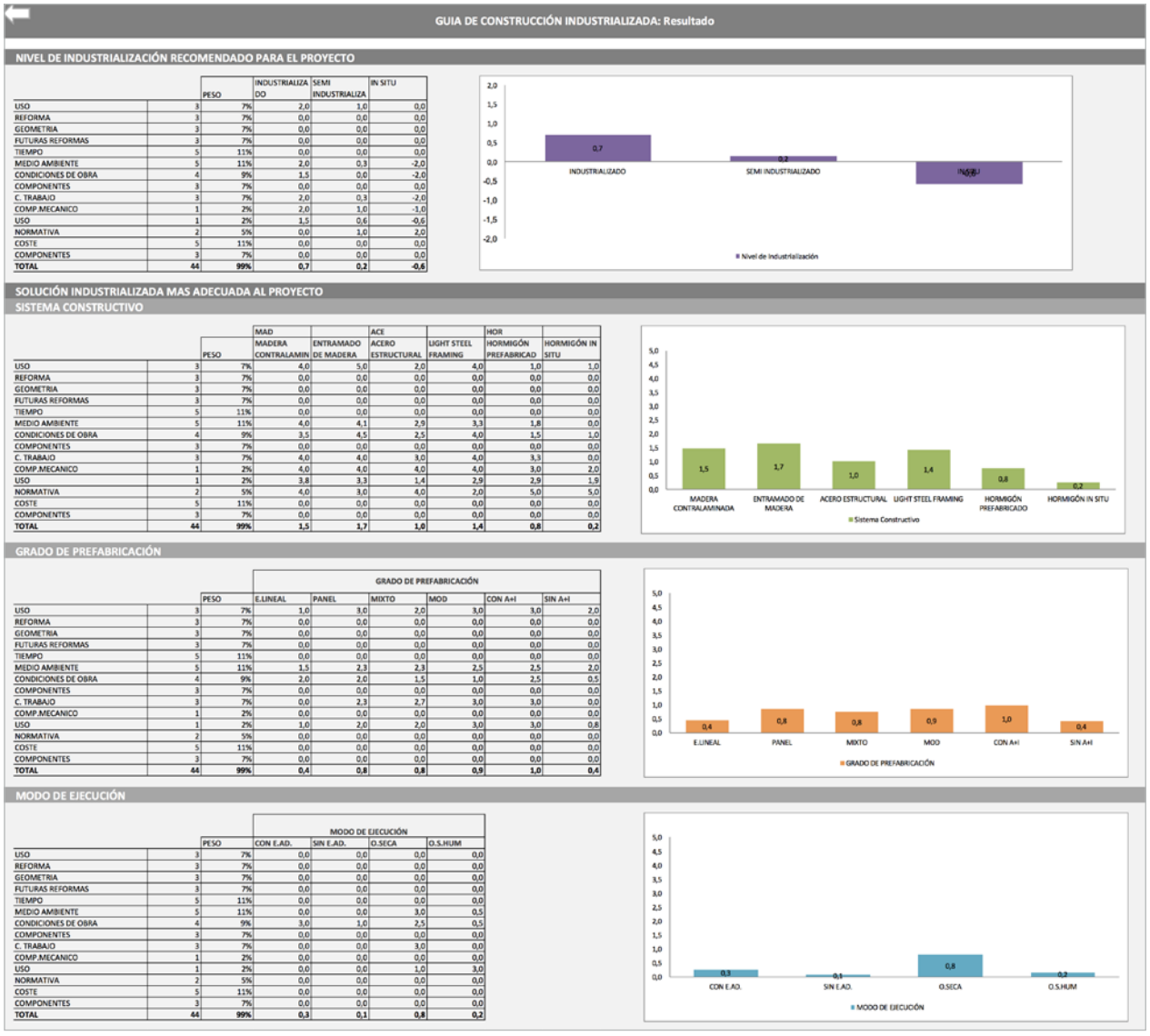


Fig 5. Pestaña "Resultado"

Idealmente se debería hacer uso de la herramienta en el estado inicial del diseño del edificio.De este modo la herramienta aportará una valoración de la conveniencia de realizar ese edificio de manera industrializada, semi industrializada o in situ; para ayudar a tomar la decisión de cuál de las alternativas seleccionar para ese proyecto concreto.

–5– CÁLCULO DE PUNTUACIONES

Dependiendo de cada una de las respuestas dadas en la pestaña "Evaluación" vamos a obtener puntuaciones finales para cada apartado de la Herramienta.

Para el cálculo del resultado final, cada uno de los apartados tiene un peso en función de la importancia que tiene en la toma de decisiones, de 1 (menos relevante) a 5 (más relevante). Este peso se utiliza para ponderar las puntuaciones obtenidas en cada uno de los apartados y calcular la puntuación global.

1 Menos relevante ..... Más relevante **5**



¿Cuál su uso?

APARTADO 1.
USOS DEL EDIFICO

3



¿Es un proyecto de reforma?

APARTADO 2.
PROYECTO DE REFORMA

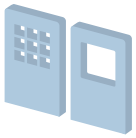
3



¿Tiene forma poco habitual? ¿Grandes luces? ¿Grandes alturas? ¿Requiere de poco peso?

APARTADO 3.
DISEÑO/FORMA/ VOLUMEN

3



¿Existe la intención de futuras reformas?

APARTADO 4.
FUTURAS REFORMAS

3

¿De qué tiempo se dispone?

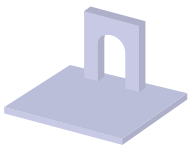
APARTADO 5.
TIEMPO

5

¿Le interesa el medio ambiente? ¿Le interesa que sea reutilizable?

APARTADO 6.
MEDIO AMBIENTE

5



¿Dónde se ubica? ¿Es de fácil acceso? ¿Hay espacio suficiente?

APARTADO 7.
CONDICIONES DE OBRA

4

¿Le interesa usar pocos materiales?

APARTADO 8.
COMPONENTES DEL SISTEMA

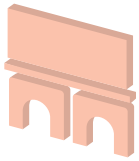
3



¿Le interesan las condiciones de trabajo?

APARTADO 9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA

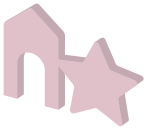
3



¿Le interesa el comportamiento mecánico?

APARTADO 10. COMPORTAMIENTO MECÁNICO

1



¿Existe posibilidad de seísmo, incendio, explosiones, ruido severo o humedad?

APARTADO 11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

1



¿Dudas con la normativa?

APARTADO 12. NORMATIVA

2



¿Le interesa el costo?

APARTADO 13. COSTO ECONÓMICO

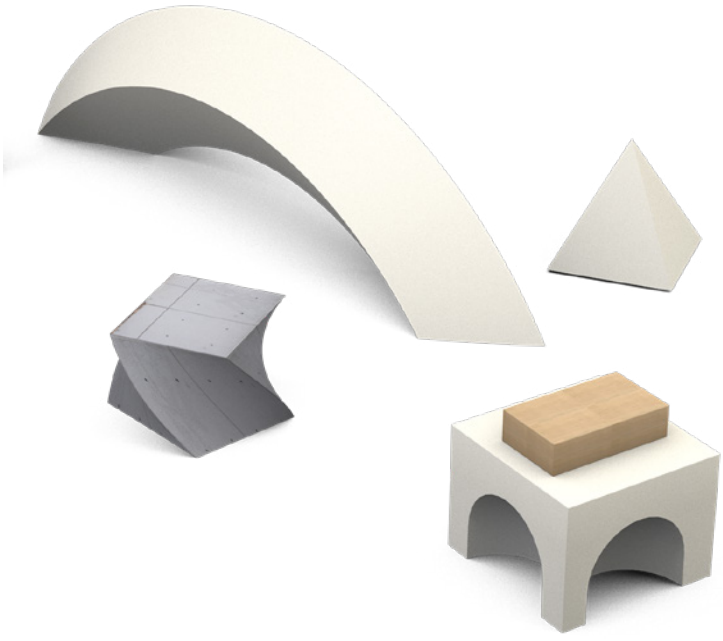
5



¿De que elementos consiste su edificio?

APARTADO 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO

3





6



FICHAS

- APARTADO 1. USOS DEL EDIFICIO
- APARTADO 2. PROYECTO DE REFORMA
- APARTADO 3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN
- APARTADO 4. FUTURAS REFORMAS
- APARTADO 5. TIEMPO
- APARTADO 6. MEDIO AMBIENTE
- APARTADO 7. CONDICIONES DE OBRA
- APARTADO 8. COMPONENTES DEL SISTEMA
- APARTADO 9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA
- APARTADO 10. COMPORTAMIENTO MECÁNICO
- APARTADO 11. COMPORTAMIENTO EN EL USO
- APARTADO 12. NORMATIVA
- APARTADO 13. COSTO ECONÓMICO
- APARTADO 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO

A.1. USOS DEL EDIFICIO



f.1. VIVIENDA UNIFAMILIAR, PAREADA Y ADOSADA

Capacidad de adaptación a las necesidades requeridas por la tipología de uso "vivienda unifamiliar" (recordar que se trata de la capacidad de adaptación a partir de la cota 0 de la vivienda). Este es un edificio de uso residencial en el que habita una sola familia en su totalidad. Puede ubicarse aislado, pareado o adosado y generalmente genera áreas de baja densidad.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

Totalmente adaptable a la tipología de vivienda unifamiliar.

Gran parte de parte de los sistemas industrializados son totalmente favorables para la construcción de viviendas unifamiliares, pudiendo alzar la vivienda en un periodo de tiempo mínimo.

Además, estos sistemas resultan más que una obra realizada por medio de hormigón vertido in situ. Se están desarrollando cada vez más sistemas que hace cada vez más competitivo y viable esta opción.

Dado que algunos de los sistemas son muy esbeltos y ligeros, permiten su montaje a mano, lo que no supone riesgo en una vivienda unifamiliar de dos alturas y evita la entrada de maquinaría en la ejecución de la obra.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

Aunque puede adaptarse a la tipología de vivienda unifamiliar, ésta será viable cuando la opción de prefabricación no sea viable.

La integración de elementos prefabricados, desde piezas de menor tamaño, como vigas o puertas prefabricadas, hasta baños totalmente finalizados, agiliza la construcción de la vivienda unifamiliar y disminuye el tiempo de obra.

IN SITU

0

Esta opción es la que genera mayor impacto ambiental por lo que no se considera la más apropiada para solucionar tipologías de vivienda unifamiliar.

BIBLIOGRAFÍA

— Código Técnico de la Edificación. Seguridad en caso de incendio. (2015)

A.1. USOS DEL EDIFICIO



f.1. VIVIENDA UNIFAMILIAR, PAREADA Y ADOSADA

Capacidad de adaptación a las necesidades requeridas por la tipología de uso "vivienda unifamiliar". Este es un edificio de uso residencial en el que habita una sola familia en su totalidad. Puede ubicarse aislado, pareado o adosado y generalmente genera áreas de baja densidad. Esta clasificación se determina debido a las restricciones concretadas el documento básico de "Seguridad contra incendios" del Código Técnico de la Edificación.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	5	2	4	1	1

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
1	3	2	3	3	2

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Código Técnico de la Edificación. Seguridad en caso de incendio. (2015)
- Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. Puesta en obra y aceptación en España. Santiago Inat Trigueros. (2011)

A.1. USOS DEL EDIFICIO

f.1. VIVIENDA UNIFAMILIAR, PAREADA Y ADOSADA



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

Es un sistema óptimo para la construcción de viviendas unifamiliares, ya que aporta gran rapidez de ejecución, calidad y una adecuada habitabilidad. Permite además salvar mayores luces que las convencionales y reduce los puentes térmicos contribuyendo a una mayor eficiencia energética de las viviendas.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

Es un sistema óptimo para la construcción de viviendas unifamiliares. Debido a la ligereza de sus perfiles, estos pueden montarse a mano sin necesidad de excesiva maquinaría en obra. Además, reduce los puentes térmicos contribuyendo a una mayor eficiencia energética de las viviendas. Pero hay que tener en cuenta la necesidad de arriostramientos para garantizar el adecuado comportamiento estructural y que suelen duplicarse elementos estructurales que deben estar en ambos paneles.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

No resulta rentable realizar una vivienda unifamiliar por medio de este sistema constructivo, ya que su rentabilidad comienza a partir de PB+4. Si bien las exigencias de fuego puede penalizar el sistema, puede resultar óptimo para algunos casos singulares, especialmente combinados con el acero ligero (Light Steel Framing.)

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

Es un sistema óptimo para la construcción de viviendas unifamiliares. Debido a la ligereza de sus perfiles, estos pueden montarse a mano sin necesidad de excesiva maquinaría en obra. Pero hay que tener en cuenta la necesidad de arriostramientos para garantizar el adecuado comportamiento estructural del conjunto y que suelen duplicarse elementos estructurales que deben estar en ambos paneles.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

Este sistema permite la construcción de viviendas unifamiliares, aunque las prestaciones de este material (alta inercia y resistencia, buen comportamiento ante el ruido y el fuego, etc.) pueden ser más rentables para otros usos. Resulta un sistema muy pesado por lo que requiere, en obra, maquinaría de mayor capacidad. Cuando se trata del sistema modular de hormigón, suelen además duplicarse elementos estructurales que deben estar en ambos módulos.

HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

Este sistema es el más habitual actualmente para la construcción de viviendas unifamiliares, aunque debido a las dimensiones mínimas requeridas por el EHE (pilares mínimos de 25x25) resultan unas estructuras sobredimensionadas, siendo más rentables para otros usos. Además el impacto medioambiental que conllevan y que el periodo de fase de obra es largo lo hacen poco recomendable.

A.1. USOS DEL EDIFICIO

f.1. VIVIENDA UNIFAMILIAR, PAREADA Y ADOSADA



GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	La ejecución por medio de módulos es muy aconsejable para viviendas unifamiliares, ya que no precisan de espacios de grandes luces, y las estancias que las componen pueden adaptarse a las medidas del camión que transporte los módulos.
MIXTO	La ejecución mixta es apropiada para la construcción de vivienda unifamiliares, de modo que cada estancia pueda construirse por medio de los sistemas más adecuados. Las estancias más reducidas podrán componerse de módulos y los espacios de grandes alturas libres de paneles o perfiles.
PANELES	Este sistema es muy aconsejable para la construcción de viviendas unifamiliares, debido a que estas tipologías no precisan de grandes espacios diáfanos, de modo que la ejecución de la tabiquería interior por medio de paneles portantes logra rentabilizar el sistema.
ELEMENTOS LINEALES	La tipología de vivienda unifamiliar puede construirse por medio de elementos lineales. Dependiendo del sistema constructivo y su adaptación para el empleo de elementos lineales, su adaptabilidad puede variar.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La colocación de los acabados e instalaciones en fábrica se adapta a esta tipología.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La colocación de los acabados e instalaciones en obra se adapta a esta tipología.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.1. USOS DEL EDIFICIO



f.2. RESIDENCIAL COLECTIVO EN BLOQUE

Capacidad de adaptación a las necesidades requeridas por la tipología de uso "residencial en altura (tanto público como privado)". Siguiendo el documento básico de "Seguridad contra incendios" del Código Técnico de la Edificación, se consideran los recintos o elementos de riesgo especial que pueda haber en cada tipología de uso, así como las condiciones de los posibles ocupantes.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

Los sistemas industrializados responden adecuadamente a los requisitos de esta tipología de uso, debido a que suele tratarse de distribuciones repetitivas que pueden ser estandarizadas en fábrica.

A partir de 15 metros de altura del edificio, algunos sistemas industrializados pueden perder viabilidad económica, ya que deben aumentar drásticamente su protección ante incendio y las exigencias estructurales (arriostramientos).

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

La obra semi industrializada permite la construcción de bloques residenciales, pero requiere analizar la viabilidad en cada proyecto concreto.

Este nivel de prefabricación, más cercano a la obra in situ que a la prefabricada, no responde adecuadamente en los casos en los que se precise de gran rapidez de ejecución, o cuando existan requisitos de ligereza del sistema o agilidad en la construcción.

IN SITU

0

La construcción in situ permite la ejecución de bloques de viviendas y es la más habitual, pero no es recomendable para todos los casos. Su impacto ambiental es muy alto.

Este sistema no responde correctamente en el caso de que se disponga de un corto plazo para la ejecución de la obra, ya que esta fase es mayor en tiempo que en comparación con la ejecución industrializada.

BIBLIOGRAFÍA

— Código Técnico de la Edificación. Seguridad en caso de incendio. (2015)

A.1. USOS DEL EDIFICIO



f.2. RESIDENCIAL COLECTIVO EN BLOQUE

Capacidad de adaptación a las necesidades requeridas por la tipología de uso "residencial en altura (tanto público como privado)".

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
3	3	3	3	3	3

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
2	2	3	3	3	2

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)
- Código Técnico de la Edificación. Seguridad en caso de incendio. (2015)

A.1. USOS DEL EDIFICIO

f.2. RESIDENCIAL COLECTIVO EN BLOQUE



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Por determinación del documento de Seguridad en caso de Incendio del Código Técnico de la Edificación (CTE-DB-SI), la estructura empleada para la construcción de las edificaciones con uso residencial en bloque, deben asegurar la siguiente resistencia dependiendo de la altura del edificio: R60 hasta 15 metros, R90 hasta 28 metros y R180 a partir de 28 metros. Esta condición puede limitar la altura de este sistema, dado que a partir de PB+4 los requerimientos de protección aumentan considerablemente, perdiendo rentabilidad.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Además del apunte anterior este sistema no es recomendable a partir de PB+4 debido a las necesidades de arriostramiento estructurales necesarios para el conjunto.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Este sistema se adecúa bien a las exigencias planteadas por estas tipologías de uso, siempre que sus alturas sean iguales o superiores a PB+4, ya que a una altura menor otros sistemas comienzan a ser económicamente más competitivos, como la madera o el sistema Light Steel Framing. Además, a partir de esta altura la balanza relación uso de materia prima y coste se posiciona a favor de este sistema en comparación con el acero ligero (Light Steel Framing), el cual pierde la ventaja de reducido uso de materia prima a partir de esta altura. Si bien las exigencias de protección al fuego señaladas aumentan considerablemente, perdiendo rentabilidad del conjunto.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	En este sistema también las condiciones de protección al fuego pueden limitar la altura de este sistema, dado que a partir de PB+4 los requerimientos de protección aumentan considerablemente, perdiendo rentabilidad. Por ello, se aconseja la utilización de este tipo de sistema constructivo hasta una altura máxima de PB+4. Además, este sistema no es recomendable a partir de PB+4 debido a las necesidades de arriostramiento estructurales necesarios para el conjunto.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	El sistema se puede adaptar a la tipología de vivienda residencial en bloque, si bien la industria ha desarrollado más el sistema para edificaciones de uso industrial, lo cual conlleva a tener que adaptar el sistema al residencial en bloque. Además, se recomienda limitar la altura de estos edificios a PB+8, debido a la necesidad de un mayor grado de arriostramiento de difícil rentabilidad frente a otros materiales. Por tratarse de un sistema muy pesado, los requisitos de maquinaria en obra son mayores que otros sistemas industrializados. Además, en el caso de la construcción modular en hormigón, ésta conlleva una duplicidad de elementos estructurales y mayores juntas y uniones que requiere de mayor atención de estos encuentros para evitar puentes térmicos en el conjunto.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Es el sistema constructivo tradicional por lo que se adapta bien a las tipología residencial. Sin embargo genera mayores limitaciones que los anteriores sistemas en aspectos como el tiempo requiere mayor tiempo de ejecución, más difícil de garantizar mayor calidad de ejecución, más difícil de controlar las condiciones de seguridad en obra, y suponen un importante impacto ambiental del edificio, condiciones de trabajo en obra, etc. Por todo ello se estima menos recomendable que el resto de sistemas.

A.1. USOS DEL EDIFICIO

f.2. RESIDENCIAL COLECTIVO EN BLOQUE



GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Para los usos residencial se recomienda la utilización de módulos, ya que las estancias requeridas por estas tipologías pueden cubrirse por módulos y además estos aportan gran rapidez en obra, disminuyendo drásticamente los plazos.
MIXTO	El sistema mixto de módulos y paneles se adecua correctamente a esta tipología, empleando los primeros para las estancias más reducidas y los segundos para mayores luces o diafanidad; de modo que el periodo de ejecución en obra se reduce en gran medida.
PANELES	Este sistema de ejecución se adapta correctamente a la tipología y especialmente en los casos de espacios diáfanos de mayores luces, para los casos en los que no resulte viable el transporte a obra en forma de módulos.
ELEMENTOS LINEALES	La ejecución de los sistemas constructivos industrializados por medio de elementos lineales se adapta a la esta tipología.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Los elementos prefabricados empleados para la construcción de edificios de uso residencial, puede integrar instalaciones o acabados en fábrica, favoreciendo la disminución del tiempo en obra.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Las instalaciones o acabados de esta tipología de uso pueden instalarse en obra, aunque incrementarán el tiempo invertido en el solar, por lo que no será favorable para una reforma que deba ejecutarse en un periodo corto de tiempo.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.1. USOS DEL EDIFICIO

f.3. DOCENTE Y ADMINISTRATIVO

Capacidad de adaptación a las necesidades requeridas por las tipologías de uso docente y administrativo. Siguiendo el documento básico de "Seguridad contra incendios" del Código Técnico de la Edificación, se consideran los recintos o elementos de riesgo especial que pueda haber en cada tipología de uso, así como las condiciones de los posibles ocupantes.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+2

Los sistemas industrializados responden adecuadamente a los requisitos de estas dos tipologías de uso, debido a tratarse de edificaciones que pueden sufrir alteraciones morfológicas o ampliaciones durante su vida útil.

En el caso de los centros educativos se precisa de gran agilidad y rapidez en la fase de obra, tanto si se trata de un nuevo edificio, y más aun en caso de ampliaciones, en las que el periodo de obra únicamente puede extenderse durante los meses de vacaciones.

A partir de 15 metros de altura del edificio, algunos sistemas industrializados pueden perder viabilidad económica, ya que deben aumentar drásticamente su protección ante incendio y las exigencias estructurales (arriostramientos).

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

La obra semi industrializada permite la construcción de centros docentes y administrativos, pero no es viable en todos los casos.

Este nivel de prefabricación, más cercano a la obra in situ que a la prefabricada, no responde adecuadamente en los casos en los que se precise de gran rapidez de ejecución, o cuando existan requisitos de ligereza del sistema o agilidad en la construcción.

IN SITU

0

La construcción in situ permite la ejecución de centros educativos y edificios administrativos, y es la práctica habitual, si bien no es recomendable para todos los casos.

Este sistema no responde correctamente en el caso de que se disponga de un corto plazo para la ejecución de la obra, ya que esta fase es mayor en tiempo que en comparación con la ejecución industrializada. Por ejemplo, no es recomendable para las ampliaciones de las escuelas, donde únicamente se dispone del periodo de vacaciones de los estudiantes para la ejecución de la obra, o para reformas de edificios administrativos, se requiere de silencio para minimizar las molestias generadas a los trabajadores.

BIBLIOGRAFÍA

— Código Técnico de la Edificación. Seguridad en caso de incendio. (2015)

A.1. USOS DEL EDIFICIO

f.3. DOCENTE Y ADMINISTRATIVO

Capacidad de adaptación a las necesidades requeridas por las tipologías de uso docente y administrativo.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
3	3	3	3	3	2

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
2	2	3	3	3	2

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)

— Código Técnico de la Edificación. Seguridad en caso de incendio. (2015)

A.1. USOS DEL EDIFICIO

f.3. DOCENTE Y ADMINISTRATIVO



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Por determinación del documento de Seguridad en caso de Incendio del Código Técnico de la Edificación (CTE-DB-SI), la estructura empleada para la construcción de las edificaciones con uso docente y administrativo deben asegurar la siguiente resistencia dependiendo de la altura del edificio: R60 hasta 15 metros, R90 hasta 28 metros y R180 a partir de 28 metros. Esta condición puede limitar la altura de este sistema, dado que a partir de PB+4 los requerimientos de protección aumentan considerablemente, perdiendo rentabilidad.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Además del apunte anterior este sistema no es recomendable a partir de PB+4 debido a las necesidades de arriostramiento estructurales necesarios para el conjunto.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Este sistema se adecúa bien a las exigencias planteadas por estas tipologías de uso, siempre que sus alturas sean iguales o superiores a PB+4, ya que a una altura menor otros sistemas comienzan a ser económicamente más competitivos, como la madera o el sistema Light Steel Framing. Además, a partir de esta altura la balanza relación uso de materia prima y coste se posiciona a favor de este sistema en comparación con el acero ligero (Light Steel Framing), el cual pierde la ventaja de reducido uso de materia prima a partir de esta altura. Si bien las exigencias de protección al fuego señaladas aumentan considerablemente, perdiendo rentabilidad del conjunto.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Las condiciones de Seguridad en caso de Incendio (CTE-DB-SI), pueden limitar la altura de este sistema, dado que a partir de PB+4 los requerimientos de protección aumentan considerablemente, perdiendo rentabilidad. Por ello, se aconseja la utilización de este tipo de sistema constructivo hasta una altura máxima de PB+4. Además, este sistema no es recomendable a partir de PB+4 debido a las necesidades de arriostramiento estructurales necesarios para el conjunto.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	El sistema se adapta adecuadamente a las tipologías de usos mencionadas en esta ficha, aunque se recomienda limitar la altura de estos edificios a PB+8, debido a la necesidad de un mayor grado de arriostramiento de difícil rentabilidad frente a otros materiales. Por tratarse de un sistema muy pesado, los requisitos de maquinaria en obra son mayores que otros sistemas industrializados. Además, en el caso de la construcción modular en hormigón, ésta conlleva una duplicidad de elementos estructurales y mayores juntas y uniones que requiere de mayor atención de estos encuentros para evitar puentes térmicos en el conjunto.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Es el sistema constructivo tradicional y se adapta a las tipologías docente y administrativos. Aunque genera mayores limitaciones que los anteriores sistemas en aspectos como el tiempo, ya que requiere de mayor tiempo de ejecución, calidad, más difícil de garantizar mayor calidad de ejecución, seguridad, más difícil de controlar las condiciones de seguridad en obra, medioambiente, importante impacto ambiental del edificio, condiciones de trabajo en obra, etc. Por todo ello se estima menos recomendable que el resto de sistemas.

A.1. USOS DEL EDIFICIO

f.3. DOCENTE Y ADMINISTRATIVO



GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Para el uso docente se recomienda la utilización de módulos, ya que las estancias requeridas por esta tipología pueden cubrirse por módulos y además estos aportan gran rapidez en obra, disminuyendo drásticamente los plazos.
MIXTO	El sistema mixto de módulos y paneles se adecua correctamente a estas tipologías, empleando los primeros para las estancias más reducidas y los segundos para mayores luces o diafanidad; de modo que el periodo de ejecución en obra se reduce en gran medida.
PANELES	Este sistema de ejecución se adapta correctamente a las tipologías y especialmente en los casos de espacios diáfanos de mayores luces, para los casos en los que no resulte viable el transporte a obra en forma de módulos.
ELEMENTOS LINEALES	La ejecución de los sistemas constructivos industrializados por medio de elementos lineales se adapta a las tipologías mencionadas.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Los elementos prefabricados empleados para la construcción de edificios de uso docente o administrativo puede integrar instalaciones o acabados en fábrica, favoreciendo la disminución del tiempo en obra.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Las instalaciones o acabados de estas tipologías de usos pueden instalarse en obra, aunque incrementarán el tiempo invertido en el solar, por lo que no será favorable para una reforma de un centro educativo, el cual debe ejecutarse en el periodo vacacional de los estudiantes.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.1. USOS DEL EDIFICIO

f.4. COMERCIAL, PÚBLICA CONCURRENCIA Y HOSPITALARIO

Capacidad de adaptación a las necesidades requeridas por las tipologías de uso "comercial, pública concurrencia y hospitalario". Esta clasificación se determina por medio de las restricciones que formaliza el documento básico de "Seguridad contra incendios" del Código Técnico de la Edificación. Se consideran los recintos o elementos de riesgo especial que pueda haber en cada tipología de uso, así como las condiciones de los posibles ocupantes.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

Los sistemas industrializados favorecen la construcción de edificios comerciales, de pública concurrencia y hospitalarios. Esto es así debido a que estas tipologías requieren de grandes luces o de grandes espacios diáfanos.

Además, la idoneidad de este sistema se incrementa cuando se trata de una rehabilitación de un edificio existente, ya que la construcción industrializada reduce el tiempo de ejecución en obra, así como las molestias hacia los usuarios y vecinos. Estos beneficios cobran gran importancia en usos como el hospitalario, donde los pacientes requieren de una estancia relajada y controlada, evitando ruidos, polvo u otro tipo de molestias que puedan generarse por medio de la obra tradicional.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

Resuelve adecuadamente este tipo de edificios, si bien no se recomienda para algunas de las situaciones que puedan darse en estas tipologías. Como por ejemplo, los edificios que requieran de gran rapidez de ejecución en obra, de limitaciones en los ruido o polvo generados en el proceso de obra, etc.

IN SITU

-1

Aunque la construcción tradicional puede resolver los usos planteados, no es aconsejable para ciertas situaciones.

Para los usos que requieran de grandes luces o diafanidad, no es recomendable el uso de este sistema tradicional, ya que sus características no favorecen esas morfologías.

Del mismo modo, este sistema genera mayor cantidad de polvo ruido u otros inconvenientes que pueden ser perjudiciales para los usuario de las tipologías expuestas, como es el caso de un hospital o un edificio de carácter público, donde se recomienda perturbar lo mínimo posible la estancia de los pacientes o de los usuarios de las instalaciones públicas.

BIBLIOGRAFÍA

— Código Técnico de la Edificación. Seguridad en caso de incendio. (2015)

A.1. USOS DEL EDIFICIO

f.4. COMERCIAL, PÚBLICA CONCURRENCIA Y HOSPITALARIO

Capacidad de adaptación a las necesidades requeridas por las tipologías de uso "comercial, pública concurrencia y hospitalario". Esta clasificación se determina por medio de las restricciones que formaliza el documento básico de "Seguridad contra incendios" del Código Técnico de la Edificación. Se consideran los recintos o elementos de riesgo especial que pueda haber en cada tipología de uso, así como las condiciones de los posibles ocupantes.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
3	3	4	3	3	1

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
2	2	3	1	3	2

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales Visesa. (2009)
- Código Técnico de la Edificación. Seguridad en caso de incendio. (2015)

A.1. USOS DEL EDIFICIO

f.4. COMERCIAL, PÚBLICA CONCURRENCIA Y HOSPITALARIO



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

Resuelve adecuadamente edificios comerciales, de pública concurrencia u hospitalarios. Cabe señalar que el documento de Seguridad en caso de Incendio del Código Técnico de la Edificación (CTE-DB-SI) limita en gran medida la altura de estas edificaciones. Esto es debido a que estos usos requieren de protección mayor que REI 60, lo que aumenta el coste del sistema, perdiendo rentabilidad a medida que aumenta en altura. Según dicta el CTE-DB-SI, la estructura de cualquiera de estos tres usos debe ser protegida con R90 como mínimo hasta alturas de evacuación de 15 metros, con R120 hasta 28 ros, y con R180 a partir de esta última.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

Resuelve adecuadamente edificios comerciales, de pública concurrencia y especialmente hospitalarios. Cabe señalar que el documento de Seguridad en caso de Incendio del Código Técnico de la Edificación (CTE-DB-SI) limita en gran medida la altura de estas edificaciones. Esto es debido a que estos usos requieren de protección mayor que REI 60, lo que aumenta el coste del sistema, perdiendo rentabilidad a medida que aumenta en altura. Según dicta el CTE-DB-SI, la estructura de cualquiera de estos tres usos debe ser protegida con R90 como mínimo hasta alturas de evacuación de 15 metros, con R120 hasta 28 metros, y con R180 a partir de esta última.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

Es un sistema aconsejable para la construir edificios de esta índole, principalmente por su capacidad estructural, esbeltez y luces que ofrece, si bien hay que tener en cuenta su protección para el comportamiento al fuego y los arriostramientos necesarios.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

Resuelve adecuadamente edificios comerciales, de pública concurrencia y especialmente hospitalarios. Cabe señalar que el documento de Seguridad en caso de Incendio del Código Técnico de la Edificación (CTE-DB-SI) limita en gran medida la altura de estas edificaciones. Esto es debido a que estos usos requieren de gran protección ante incendio, lo que aumenta el coste del sistema, perdiendo rentabilidad a medida que aumenta en altura. Según dicta el CTE-DB-SI, la estructura de cualquiera de estos tres usos debe ser protegida con R90 como mínimo hasta alturas de evacuación de 15 metros, con R120 hasta 28 metros, y con R180 a partir de esta última.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

Es un sistema aconsejable para la construir edificios de esta índole, si bien resulta una solución muy pesada que requiere de mayor maquinaria en obra que otros sistemas industrializados.

HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

Aunque los usos de pública concurrencia y los hospitalarios, de mejor o peor modo, pueden solucionarse por medio de este sistema, los locales comerciales pueden resultar más complejos y menos rentable debido a la necesidad de grandes espacios diáfanos.

Del mismo modo, este sistema genera gran cantidad de molestias como ruido, polvo, ocupación de la vía, etc., dificultando su implantación para reformas o ampliaciones de edificios de pública concurrencia, y en mayor grado en hospitales o centros sanitarios.

A.1. USOS DEL EDIFICIO

f.4. COMERCIAL, PÚBLICA CONCURRENCIA Y HOSPITALARIO



GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Los edificios de uso hospitalario albergan pequeñas estancias o habitaciones para el reposo de los pacientes, las cuales pueden ejecutarse por medio de módulos. Por el contrario, usos como el comercial puede ser más complejo de solucionar, debido a sus alturas libres y diafanidad.
MIXTO	El sistema mixto de módulos y paneles soluciona adecuadamente estas tipologías de uso, limitando el empleo de módulos a las estancias de pequeña escala y los paneles a espacios de grandes luces o alturas.
PANELES	La ejecución por medio de paneles puede solucionar cualquiera de las tipologías nombradas.
ELEMENTOS LINEALES	La ejecución por medio de elementos lineales puede solucionar cualquiera de las tipologías nombradas.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Los elementos prefabricados empleados para la construcción de edificios de uso comercial, hospitalario o de pública concurrencia pueden integrar instalaciones o acabados en fábrica, favoreciendo la disminución del tiempo en obra.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Las instalaciones o acabados de estas tipologías de usos pueden instalarse en obra, aunque incrementarán el tiempo invertido en el solar, y las molestias generadas a los usuarios.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.1. USOS DEL EDIFICIO

f.5. APARCAMIENTO

Capacidad de adaptación a las necesidades requeridas por la tipología de uso "aparcamiento". Esta clasificación se determina por medio de las restricciones que formaliza el documento básico de "Seguridad contra incendios" del Código Técnico de la Edificación. Podrán encontrarse dos tipos de aparcamiento: edificio de uso exclusivo de aparcamiento o situado sobre otro uso, y aparcamiento situado bajo un uso distinto.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+1

Aunque los sistemas industrializados pueden solucionar los aparcamientos situados sobre rasante, aun tienen limitaciones con los que se ubican en sótanos o semi soterrados.

Los aparcamientos situados bajo rasante podrán ejecutarse por medio de sistemas de hormigón prefabricado, pero no con el resto de sistemas industrializados.

Los edificios de uso exclusivo aparcamiento o los situados sobre otro uso deberán garantizar que la resistencia al fuego de 90 minutos.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

Del mismo modo que ocurre en la obra in situ, este sistema responde adecuadamente a la construcción de aparcamiento soterrados o semi soterrados, dado que los sistema industrializados no están lo suficientemente desarrollados para responder a esta necesidad. Por el contrario, en los casos en los que se sitúen sobre rasante, esta opción únicamente debe emplearse cuando se demuestre que no puede ser solucionado con elementos prefabricados.

IN SITU

+1

Aunque este sistema actualmente se encuentre totalmente adaptado para su ejecución en aparcamientos ubicados bajo rasante, para los casos en los que se no sea así, se recomienda su construcción por medio de sistemas industrializados.

BIBLIOGRAFÍA

— Código Técnico de la Edificación. Seguridad en caso de incendio. (2015)

A.1. USOS DEL EDIFICIO

f.5. APARCAMIENTO

Capacidad de adaptación a las necesidades requeridas por la tipología de uso "aparcamiento". Esta clasificación se determina por medio de las restricciones que formaliza el documento básico de "Seguridad contra incendios" del Código Técnico de la Edificación. Podrán encontrarse dos tipos de aparcamiento: edificio de uso exclusivo de aparcamiento o situado sobre otro uso, y aparcamiento situado bajo un uso distinto.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
1	1	3	1	4	2

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
2	2	1	1	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)
- Código Técnico de la Edificación. Seguridad en caso de incendio. (2015)

A.1. USOS DEL EDIFICIO

f.5. APARCAMIENTO



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

Sólo tendría sentido en aparcamientos sobre rasante pero habría que tener en cuenta la resistencia al fuego. Dado que su resistencia ante incendio es de 60 minutos, o lo que es lo mismo REI 60. Para adaptarse a esta tipología habrá de (1) reforzar sus paredes y techos que separen sectores hasta EI 120, (2) sus elementos estructurales hasta R90 en caso de ser un edificio de uso exclusivo aparcamiento o situado sobre otro uso, o a R120 si esta situado bajo un uso distinto. Dado que este sistema constructivo se compone del mismo elemento para la ejecución de la estructura y muro, todo el conjunto deberá cubrir los 120 minutos requeridos.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

Al igual que la madera contralaminada, sólo tendría sentido en aparcamientos sobre rasante pero habría que tener en cuenta la resistencia al fuego, dado que su resistencia ante incendio es de REI 60. Por ello, habrá de (1) reforzar sus paredes y techos que separen sectores hasta EI 120, (2) sus elementos estructurales hasta R90 en caso de ser un edificio de uso exclusivo aparcamiento o situado sobre otro uso, o a R120 si esta situado bajo un uso distinto. Dado que este sistema constructivo se compone del mismo elemento para la ejecución de la estructura y muro, todo el conjunto deberá cubrir los 120 minutos requeridos.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

Aunque este sistema requiere de gran protección ante incendio, el área a cubrir por estas protecciones es menor porque se ejecuta por medio de elementos lineales. Por ello, es más viable que otros sistemas. Además, la estructura es independiente al cerramiento, por lo que en el caso de un edificio de uso exclusivo aparcamiento o situado sobre otro uso, únicamente habrá de proteger su estructura hasta R 90. En caso de ser un aparcamiento bajo un uso distinto, o para la ejecución de forjados y separación entre sectores se recomienda utilizar hormigón armado. Este sistema posibilita gran separación entre pilares, lo que facilita la distribución en planta del aparcamiento.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

Sólo tendría sentido en aparcamientos sobre rasante pero habría que tener en cuenta la resistencia al fuego, dado que su resistencia ante incendio es de REI 60. Por ello, habrá de (1) reforzar sus paredes y techos que separen sectores hasta EI 120, (2) sus elementos estructurales hasta R90 en caso de ser un edificio de uso exclusivo aparcamiento o situado sobre otro uso, o a R120 si esta situado bajo un uso distinto. Dado que este sistema constructivo se compone del mismo elemento para la ejecución de la estructura y muro, todo el conjunto deberá cubrir los 120 minutos requeridos. Además, su condición de muro portante y su reducida distancia entre apoyos dificultan la distribución en la planta para esta tipología.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

El hormigón es el material más adecuado para la construcción de aparcamiento, ya que su resistencia ante incendio llega hasta los 120 minutos, o REI 120. Con este material, puede llevarse a cabo cualquier tipo de aparcamiento, pudiendo emplear el mismo componente para todos los elementos del edificio (estructura, muros y forjados separadores de sectores).

El hormigón in situ tiene más sentido en un aparcamiento bajo rasante y el prefabricado en uno sobre rasante. Habrá de tener especial cuidado en su ejecución en fábrica, garantizando que se ejecutan los recubrimientos requeridos entre la armadura y la superficie del hormigón.

HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

El hormigón es el material más adecuado para la construcción de aparcamiento, ya que su resistencia ante incendio llega hasta los 120 minutos, o REI 120. Con este material, puede llevarse a cabo cualquier tipo de aparcamiento, pudiendo emplear el mismo componente para todos los elementos del edificio (estructura, muros y forjados separadores de sectores).

El hormigón in situ tiene más sentido en un aparcamiento bajo rasante y el prefabricado en uno sobre rasante. Habrá de tener especial cuidado en su ejecución en obra, garantizando que se ejecutan los recubrimientos requeridos entre la armadura y la superficie del hormigón.

A.1. USOS DEL EDIFICIO

f.5. APARCAMIENTO



GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	La ejecución por módulos no se adapta a esta tipología de uso, dado que los aparcamientos requieren de distribuciones diáfanas, de modo que las parcelas y pasos puedan disponerse con suficiente espacio.
MIXTO	En caso de que los paneles sigan las especificaciones establecidas abajo, y la ejecución por módulos se utilice para la constitución de los servicios de comunicación (hueco de ascensor, caja de escaleras) o para pequeños recintos, como trasteros, salas de instalaciones, etc.
PANELES	Dependiendo del tipo de distribución del aparcamiento, así como del sistema constructivo empleado y su correspondiente capacidad a flexión de sus forjados, puede ser un sistema más o menos adecuado. Es decir, los sistemas murarios que permitan grandes luces pueden ser adecuados.
ELEMENTOS LINEALES	Es el tipo de ejecución más recomendable, ya que los perfiles aislados facilitan una distribución más diáfana de la planta, siempre que la cantidad de pilares sea reducida y su sección esbelta, ocupando la menor superficie en planta. **Las fachadas deberían realizarse mediante paneles.**
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.1. USOS DEL EDIFICIO



f.6. EDIFICIO INDUSTRIAL

Capacidad de adaptación a las necesidades requeridas por la tipología de uso "industrial". Esta clasificación se determina por medio de las restricciones que formaliza el "Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales", en el que se separan 2 tipos de edificios industriales y tres niveles de riesgo.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

La construcción industrializada se adapta muy bien a las necesidades de los establecimientos industriales.

Estos edificios suelen componerse de grandes espacios diáfanos, a lo que este tipo de construcción se adapta con gran facilidad.

Además, la rapidez en la ejecución de la obra permite poner en marcha en un reducido tiempo aquella actividad que deba realizarse en el edificio.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

La construcción semi industrializada se adapta a las necesidades de los establecimientos industriales, si bien no cumplen tan bien los requisitos como la totalmente industrializada, tanto por los tiempos de ejecución o impactos ambientales que conllevan.

IN SITU

-1

La construcción tradicional tiene mayores dificultades que la industrializada a la hora de adaptarse a esta tipología.

Esto ocurre debido a la imposibilidad de conseguir luces de tan grandes dimensiones como en la prefabricada.

Además, este tipo de ejecuciones generan mayores impactos ambientales y grandes periodos en obra, por lo que la apertura del establecimiento industrial se verá demorado en comparación con la obra industrializada.

BIBLIOGRAFÍA

— Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. (2004)

A.1. USOS DEL EDIFICIO

f.6. EDIFICIO INDUSTRIAL

Capacidad de adaptación a las necesidades requeridas por la tipología de uso "industrial". Esta clasificación se determina por medio de las restricciones que formaliza el "Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales", en el que se separan 2 tipos de edificios industriales y tres niveles de riesgo.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
3	2	4	2	4	1

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
4	3	3	2	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)
- Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. (2004)

A.1. USOS DEL EDIFICIO

f.6. EDIFICIO INDUSTRIAL



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Este sistema tiene ciertas restricciones a la hora de utilizarse en establecimientos industriales. Debido a su resistencia ante el fuego de 60 minutos, dentro de las diferentes tipologías de edificaciones industriales, únicamente serán viables las que requieran de R60 o menos, ya que a partir de este valor el sistema pierde viabilidad. Los establecimientos industriales que cumplen ese requisito son los siguientes: edificios de nivel de riesgo intrínseco medio de tipo C ubicados sobre rasante, edificaciones de nivel de riesgo intrínseco bajo de tipo B sobre rasante y edificio de nivel de riesgo intrínseco bajo de Tipo C tanto en sótano como sobre rasante.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Este sistema tiene ciertas restricciones a la hora de utilizarse en establecimientos industriales. Debido a su resistencia ante el fuego de 60 minutos, dentro de las diferentes tipologías de edificaciones industriales, únicamente serán viables las que requieran de R60 o menos, ya que a partir de este valor el sistema pierde viabilidad. Los establecimientos industriales que cumplen ese requisito son los siguientes: edificios de nivel de riesgo intrínseco medio de tipo C ubicados sobre rasante, edificaciones de nivel de riesgo intrínseco bajo de tipo B sobre rasante y edificio de nivel de riesgo intrínseco bajo de Tipo C tanto en sótano como sobre rasante.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Este sistema es más viable que los dos casos de madera o acero ligero (Light Steel Framing). Aunque este sistema requiere de gran protección ante incendio, el área a cubrir por estas protecciones es menor y fácil de proteger. Entre los sistemas más utilizados se encuentran los revestimientos mediante mortero proyectable, placas o paneles resistentes al fuego, pinturas o bien revestimientos de yeso aplicados conforme al punto c.2.4 del Anejo C del CTE DB SI. Además, este sistema posibilita gran separación entre pilares, lo que facilita un mejor funcionamiento de las actividades realizadas en el edificio.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Este sistema tiene ciertas restricciones en el momento de utilizarse para la construcción de establecimientos industriales. La resistencia ante un incendio de este es de R 60, por lo que su empleabilidad en este tipo de edificios será la misma que en los casos de la madera contralaminada y entramado de madera (Wood Framing).
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	El hormigón prefabricado responde muy bien a las exigencias requeridas por esta tipología de uso. Debido a la alta resistencia ante incendio del hormigón, este sistema constructivo responde de buen modo a cualquier nivel de riesgo intrínseco o a cualquier tipo de establecimiento (A, B o C) determinado por su cercanía a los edificios colindantes.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	El hormigón in situ no responde muy bien a las exigencias requeridas por esta tipología de uso. Aunque tiene una alta resistencia ante incendio del hormigón, debido a las limitaciones de las luces máximas alcanzadas y al mayor impacto ambiental que genera, hace que no sea una opción recomendable.

A.1. USOS DEL EDIFICIO

f.6. EDIFICIO INDUSTRIAL



GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Los edificios industriales pueden construirse mediante módulos plegables, los cuales se componen se cubierta y dos fachadas contrapuestas que se pliegan para ser transportados a obra donde proceden a abrirse para su colocación.
MIXTO	La construcción mixta de módulos y paneles se adapta a la tipología de establecimientos industriales, usando módulos plegables o incluso totalmente finalizados para las estancias más reducidas, y paneles para el resto de componentes del edificio.
PANELES	La ejecución por medio de paneles se adapta a la tipología de establecimiento industrial, los cuales son muy empleados en fachada o en cubierta. Combinados con las estructuras prefabricadas de elementos lineales resulta la opción más adecuada para este tipo de edificación.
ELEMENTOS LINEALES	Las estructuras de pilares, vigas o cerchas responde perfectamente a los requisitos planteados por esta tipología. Combinados con las fachadas por medio de paneles resulta la más adecuada para este tipo de edificación.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.1. USOS DEL EDIFICIO

f.7. OBRA CIVIL

Capacidad de adaptación a las necesidades requeridas por las tipologías de uso obra civil. Este tipo de obras comprende todas las intervenciones en redes o infraestructuras de la comunicación, como carreteras, túneles, puentes, etc.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+1

La construcción industrializada se adapta muy bien a las necesidades de la obra civil.

Uno de los objetivos más importantes para este tipo de obras es el factor tiempo, por lo que la ejecución por medio de elementos prefabricados son los que mejor responden a este requerimiento.

Además, suelen componerse de elementos de grandes luces o de grandes dimensiones, a lo que este tipo de construcción se adapta con gran facilidad. El limite, en este caso, lo marca el transporte de las piezas prefabricadas que deban trasladarse al lugar en el que deba efectuarse el puente, etc. **Así como la forma de la infraestructura que pueda hacer difícil dividirlo en piezas prefabricadas.**

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

Según qué tipo de infraestructura y especialmente la forma irregular que pueda tener, la opción semi-industrializada se puede adaptar mejor a las características del lugar.

De esta forma parte de la obra se realizaría mediante elementos prefabricados y parte mediante construcción in situ.

IN SITU

0

En casos en los que la irregularidad de la infraestructura sea importante puede ser necesario realizar la obra mediante sistemas in situ.
En el resto de situaciones se debe primar la construcción prefabricada.

Un ejemplo claro de este sistema es el de los túneles que por lo menos el hueco hay que realizarlo in situ.

A.1. USOS DEL EDIFICIO



f.7. OBRA CIVIL

Capacidad de adaptación a las necesidades requeridas por las tipologías de uso obra civil. Este tipo de obras comprende todas las intervenciones en redes o infraestructuras de la comunicación, como carreteras, túneles, puentes, etc.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
1	0	2	0	4	2

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
2	1	1	1	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

A.1. USOS DEL EDIFICIO

f.7. OBRA CIVIL



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	La madera contralaminada puede ser adecuada para algún tipo de puentes, quizás más peatonales, que para otro tipo de infraestructura civil. Si bien las necesidades de protección a las inclemencias climáticas penaliza su utilización.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	El sistema de entramado de madera no parece apropiado para la infraestructura civil.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	El acero estructural puede resultar adecuado para la estructura de algún tipo de puentes, o estructura de carreteras, si bien las necesidades de protección a las inclemencias climáticas penaliza su utilización.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	No parece un sistema apropiado para la infraestructura civil.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	Resulta el sistema más apropiado para la infraestructura civil, combinado quizás con la ejecución in situ para poder cubrir las irregularidades de los viales, o apertura de túneles, etc.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Resulta un sistema apropiado para algunas características concretas de la infraestructura civil (como los viales irregulares, apertura de túneles), que combinado quizás con piezas de hormigón prefabricado pueden resultar apropiados.

A.1. USOS DEL EDIFICIO

f.7. OBRA CIVIL



GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	No se adapta muy bien a la tipología, menos en casos concretos como los centros de transformación o módulos de aseos para autopistas, etc.
MIXTO	No se adapta bien a la tipología.
PANELES	No se adapta bien a la tipología.
ELEMENTOS LINEALES	Se adapta muy bien a la tipología, menos en casos concretos como los centros de transformación o módulos de aseos para autopistas, etc.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.2. PROYECTO DE REFORMA

f.1. REFORMAS DE EDIFICIOS EXISTENTES

Adecuación del sistema para la realización de reformas en edificios existentes. Estos edificios precedentes pueden constar tanto de una estructura tradicional, como industrializada.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

Este sistema responde adecuadamente a las necesidades determinadas por una obra de reforma de un edificio existente, tanto si este se ejecutó por medio de piezas prefabricadas como con sistemas tradicionales.

Algunos de estos sistemas constructivos industrializados, son de muy bajo peso como la madera contralaminada, Wood Framing, el acero estructural, o el acero ligero; evitando sobrecargar la antigua estructura.

Además, la industrialización facilita la realización de reformas, ya que son de rápida ejecución y las molestias a vecinos o los residuos generados son mínimos.

Dependiendo de la ubicación y las características del edificio a rehabilitar podrá optarse por el sistema constructivo más propicio.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

Este sistema puede adecuarse bien en casos concretos, pero no se recomienda para los casos en los que no proceda la construcción in situ.

IN SITU

0

Aunque la obra in situ se adapta a las reformas de edificios existentes, especialmente si se trata de proyectos con formas irregulares.

Las reformas en edificios existentes ejecutadas por medio de la construcción convencional o in situ pueden llevarse a cabo, aunque generan mayor cantidad de inconvenientes en comparación con la obra industrializada. Esto es así debido a que estas obras son más pesadas, complejas, molestas y sucias, además de que se prolongan en mayor tiempo en comparación con la construcción industrializada.

Este sistema puede utilizarse en los casos en los que el antiguo edificio no pueda ser solucionado con elementos prefabricados.

A.2. PROYECTO DE REFORMA

f.1. REFORMAS DE EDIFICIOS EXISTENTES

Adecuación del sistema para la realización de reformas en edificios existentes.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	5	3	4	0	1

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
2	3	2	2	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.2. PROYECTO DE REFORMA

f.1. REFORMAS DE EDIFICIOS EXISTENTES

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

El bajo peso de este sistema constructivo evita sobrecargar los elementos estructurales existentes (ya sea la cimentación, los pilares, las vigas o los forjados), por lo que resulta muy viable para las reformas en edificios existentes aunque suele ser más costoso que mediante entramado ligero de madera.

Sin embargo todo edificio a rehabilitar debe ser analizado detalladamente, tanto el estado de la estructura y cimentación como las cargas que estos elementos puedan soportar debido a su deterioro. En ciertas circunstancias, deberán ser rigidizados o deberán recibir ciertos tratamientos.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

El bajo peso de este sistema constructivo evita sobrecargar los elementos estructurales existentes (ya sea la cimentación, los pilares, las vigas o los forjados), por lo que resulta muy viable para las reformas en edificios existentes.

Sin embargo todo edificio a rehabilitar debe ser analizado detalladamente, tanto el estado de la estructura y cimentación como las cargas que estos elementos puedan soportar debido a su deterioro. En ciertas circunstancias, deberán ser rigidizados o deberán recibir ciertos tratamientos.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

Resulta un sistema adecuado tanto para refuerzos estructurales existentes como para tener flexibilidad de adecuación a posibles irregularidades del edificio a rehabilitar.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

El bajo peso de este sistema constructivo evita sobrecargar los elementos estructurales existentes (ya sea la cimentación, los pilares, las vigas o los forjados), por lo que resulta muy viable para las reformas en edificios existentes. Además, estas rehabilitaciones serán rápidas, económicas y limpias, aunque conllevan también un alto impacto ambiental.

Sin embargo todo edificio a rehabilitar debe ser analizado detalladamente, tanto el estado de la estructura y cimentación como las cargas que estos elementos puedan soportar debido a su deterioro. En ciertas circunstancias, deberán ser rigidizados o deberán recibir ciertos tratamientos.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

No se recomienda el uso de este material para la realización de reformas en edificios existentes, ya que el sistema posee un alto peso y sus piezas prefabricadas son complejas de transportar entre calles estrechas o de pequeños radios de giro.

HORMIGÓN

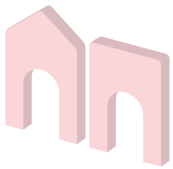
HORMIGÓN IN SITU

Aunque pueden realizarse rehabilitaciones de edificios existentes por medio de este sistema, su ejecución es complicada, artesanal y generan gran suciedad y molestias además de las cargas ambientales que conllevan. Además, este tipo de reformas pueden alargarse excesivamente en el tiempo en comparación con los sistemas industrializados.

Además, el edificio a rehabilitar deberá ser analizado detalladamente, tanto el estado de la estructura y cimentación como las cargas que estos elementos puedan soportar debido a su deterioro, ya que la construcción convencional es de mayor peso que oros sistemas anteriormente descritos. En ciertas circunstancias, deberán ser rigidizados o deberán recibir ciertos tratamientos.

A.2. PROYECTO DE REFORMA

f.1. REFORMAS DE EDIFICIOS EXISTENTES



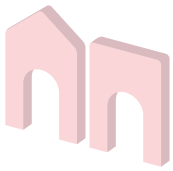
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Se adapta a reformas en edificios existentes para los casos en los que las estancias sean de dimensiones controladas y bastante regulares.
MIXTO	Se adapta a reformas en edificios existentes para los casos en los que se combinen estancias reducidas con espacios de mayores luces.
PANELES	Se adapta a reformas en edificios existentes para los casos en los que se requiera de grandes luces.
ELEMENTOS LINEALES	Se adapta a reformas en edificios existentes especialmente con formas irregulares. Dependiendo del sistema constructivos, se emplearán en casos que requieran de grandes luces, como de pequeñas estancias o de menores luces.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.2. PROYECTO DE REFORMA



f.2. AMPLIACIONES VERTICALES DE EDIFICIOS EXISTENTES

Adecuación del sistema para la realización de ampliaciones en edificios existentes.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

Los sistemas industrializados son la opción correcta para las ampliaciones verticales de edificios existentes, sin importar si estos han sido edificados por medio de sistemas tradicionales o prefabricados.

Entre los sistemas constructivos industrializados, la madera contralaminada, Wood Framing, el acero estructural y el acero ligero destacan para su utilización en ampliaciones verticales. Estos sistemas poseen un bajo peso propio, lo que reduce el valor de las cargas que constituyan la parte de la ampliación.

Se descartan sistemas pesados como el hormigón prefabricado, siempre que no se encuentre aligerado correctamente.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

La ejecución semi prefabricada se adecúa a algunos casos concretos de reformas, especialmente en casos de forma irregular.

La aportación de cierta cantidad de piezas prefabricadas facilita su adaptación para la realización de ampliaciones verticales de edificios de estructura existente.

IN SITU

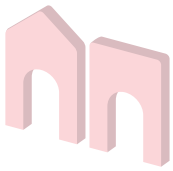
-1

La obra in situ no responde adecuadamente a los requisitos de ampliaciones verticales de edificios existentes.

Estas estructuras, colocadas sobre un edificio existente, generan un gran aumento de las cargas que soportan los elementos que componen el edificio existente, desde los elementos estructurales hasta las cimentaciones en las que la totalidad de las cargas descansan.

A.2. PROYECTO DE REFORMA

f.2. AMPLIACIONES VERTICALES DE EDIFICIOS EXISTENTES



Adecuación del sistema para la realización de ampliaciones en edificios existentes.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	5	4	4	1	1

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
2	3	3	3	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.2. PROYECTO DE REFORMA

f.2. AMPLIACIONES VERTICALES DE EDIFICIOS EXISTENTES

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

El bajo peso de este sistema constructivo evita sobrecargar los elementos estructurales existentes (ya sea la cimentación, los pilares, las vigas o los forjados), por lo que resulta muy viable para las ampliaciones de edificios existentes, aunque suele ser más costoso que mediante entramado de madera.

Sin embargo todo edificio a rehabilitar debe ser analizado detalladamente, tanto el estado de la estructura y cimentación como las cargas que estos elementos puedan soportar debido a su deterioro. En ciertas circunstancias, deberán ser rigidizados o deberán recibir ciertos tratamientos.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

El bajo peso de este sistema constructivo evita sobrecargar los elementos estructurales existentes (ya sea la cimentación, los pilares, las vigas o los forjados), por lo que resulta muy viable para las ampliaciones de edificios existentes.

Sin embargo todo edificio a rehabilitar debe ser analizado detalladamente, tanto el estado de la estructura y cimentación como las cargas que estos elementos puedan soportar debido a su deterioro. En ciertas circunstancias, deberán ser rigidizados o deberán recibir ciertos tratamientos.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

Resulta un sistema adecuado tanto para refuerzos estructurales existentes como para tener flexibilidad de adecuación a posibles irregularidades del edificio a rehabilitar.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

El bajo peso de este sistema constructivo evita sobrecargar los elementos estructurales existentes (ya sea la cimentación, los pilares, las vigas o los forjados), por lo que resulta muy viable para las ampliaciones de edificios existentes. Además, estas rehabilitaciones serán rápidas, económicas y limpias, pero conllevan mayor coste ambiental.

Sin embargo todo edificio a rehabilitar debe ser analizado detalladamente, tanto el estado de la estructura y cimentación como las cargas que estos elementos puedan soportar debido a su deterioro. En ciertas circunstancias, deberán ser rigidizados o deberán recibir ciertos tratamientos.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

No se recomienda el uso de este material para la realización de ampliaciones de edificios existentes, a ni ser que se trate de hormigón aligerado, ya que el sistema posee un alto peso y la superposición de estas piezas sobre la estructura y cimentación de un edificio existente generarían grandes flechas, pandeos, y hasta roturas.

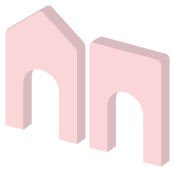
HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

No se recomienda el uso del hormigón y ladrillo para la realización de ampliaciones de edificios existentes, ya que el sistema posee un gran peso y la superposición de estos elementos sobre un edificio existente podría generar grandes flechas, pandeos, y hasta roturas.

A.2. PROYECTO DE REFORMA

f.2. AMPLIACIONES VERTICALES DE EDIFICIOS EXISTENTES



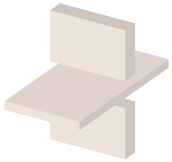
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Se adapta a reformas en edificios existentes para los casos en los que las estancias sean de dimensiones controladas y bastante regulares.
MIXTO	Se adapta a reformas en edificios existentes para los casos en los que se combinen estancias reducidas con espacios de mayores luces.
PANELES	Se adapta a reformas en edificios existentes para los casos en los que se requiera de grandes luces.
ELEMENTOS LINEALES	Se adapta a reformas en edificios existentes, especialmente con formas irregulares. Dependiendo del sistema constructivos, se emplearán en casos que requieran de grandes luces, como de pequeñas estancias o de menores luces.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN



f.1. GEOMETRÍA

Adaptabilidad a diferentes requisitos morfológicos, como grandes luces o voladizos, espacios diáfanos, cerramientos curvos o de formas no ortogonales, etc.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+1

Aunque están ocurriendo notables progresos, en la actualidad el diseño por medio del sistema industrializado resulta más rígido en comparación con el tradicional. Dependiendo del material o sistema constructivo industrializado esta variable puede verse mejorada, adaptándose mejor a formas menos habituales.

Debido a la adaptación de nuevas tecnologías, el uso de nuevos materiales o el perfeccionamiento que los sistemas industrializados, aumentan la posibilidad de diseñar complejas geometrías.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

La combinación de elementos industrializados e in situ resulta ser una buena combinación para adaptarse a las diferentes requisitos morfológicos del proyecto.

IN SITU

+2

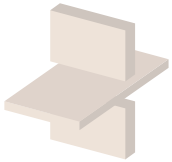
Puede ser adecuado en casos concretos en los que debido a una morfología muy irregular se deba utilizar este sistema. Para el resto de casos es preferible seleccionar un sistema más industrializado.

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. Puesta en obra y aceptación en España. Santiago Inat Trigueros. (2011)

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN



f.1. GEOMETRÍA

Capacidad de adaptación a diferentes requisitos morfológicos o tipológicos, como grandes luces o voladizos, espacios diáfanos, cerramientos curvos o de formas no ortogonales, etc.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
3	2	5	2	3	5

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
3	2	2	1	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

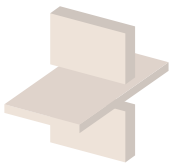
0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)
- Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. Puesta en obra y aceptación en España. Santiago Inat Trigueros. (2011)

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN

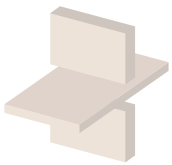


f.1. GEOMETRÍA

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Debido a la gran flexibilidad del material, puede adaptarse a diferentes geometrías y tipologías. Este sistema trabaja muy bien en voladizo, como en diseños curvos, espacios diáfano, etc. En caso de necesidad de disminuir del coste y optimizar el sistema, es recomendable un diseño ortogonal y modular, en el que las dimensiones de las piezas se adecuen a volumen del transporte y al rápido montaje.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	El sistema de entramado puede presentar ciertas limitaciones en la geometría del edificio. Dada la elasticidad de la madera podrán generarse curvos en fachada o en cubierta, dando forma a las vigas de los extremos, entre los que se colocaran los "montantes" del entramado y el aislamiento. La disposición de estos montantes repercutirán en la modulación de las fachadas y cubiertas, debiendo colocar las aberturas o huecos entre estos elementos. En el caso de requerir grandes voladizos, se recomienda la incorporación de vigas y pilares de madera laminada como estructura complementaria.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Las posibilidades de conformación del acero resultan muy adecuadas, consiguiendo formas curvas, grandes espacios diáfanos, etc. Para optimizar costes se aconsejan formas regulares y modulares, repitiendo formas y perfiles para realizar un montaje más eficiente, siempre adaptado a las dimensiones de transporte convencional.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	El sistema presenta ciertas limitaciones en la geometría del edificio. El diseño debe ser modular, debido a la perfilaría estructural dispuesta en el interior de los elementos estructurales. Estos largueros se colocarán a una distancia de 0,40 m y 0,6 m (respetando las medidas de los elementos de cerramiento de los mismos, como las placas de yeso de tamaño estándar de 1,2 m y 2,4 m, o los tableros OSB). Las superficies de los edificios (fachadas, forjados, tabiquería, puertas, ventanas, etc.) se verán afectados por esta modulación. En caso de voladizos, se recomienda la incorporación de una estructura adicional.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	En el caso de elementos lineales se puede adaptar mejor a la geometría del proyecto; mientras que en el caso de paneles de hormigón, supone un sistema demasiado rígido, la geometría deberá ser ortogonal y regular en planta, evitando curvas, retranqueos, cambios de dirección y voladizos. Para el diseño y dimensionamiento de los paneles de fachada debe tenerse en cuenta una modulación ordenada, de modo que puedan reducirse al mínimo la cantidad de moldes a producir. Se recomienda limitar la superficie de los paneles a un máximo de 10 m^2.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	No existen grandes limitaciones en el diseño, debido a que con los encofrados puede conseguirse cualquier forma. Pero el costo ambiental, la generación de residuos, ruidos, suciedad y los largos plazos de ejecución conllevan a recomendar otras alternativas.

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN



f.1. GEOMETRÍA

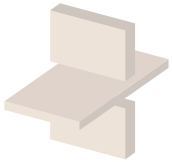
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	La geometría del edificio será modular y se verá condicionado por el diseño de los módulos. Las luces se verán limitadas por las dimensiones de los propios módulos, por lo que no podrán ser excesivas. Y resulta un sistema demasiado rígido.
MIXTO	El sistema de paneles y módulos se adaptará a las necesidades de cada zona del edificio, de modo que se usen módulos para los espacios que no precisen de grandes luces o alturas (aseos, vestuarios, cajas de ascensores, escaleras, etc.), y paneles para espacios más diáfanos.
PANELES	El diseño únicamente se verá limitado por las restricciones dimensionales que generen los paneles, por lo que el diseño tendrá mayor libertad que en los dos anteriores.
ELEMENTOS LINEALES	Podrán ejecutarse espacios de grandes luces, debido a la posibilidad de aumentar la sección del elemento lineal sin aumentar en tan gran proporción el material empleado.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN



f.2. LUCES

Capacidad del sistema en formalizar grandes luces. La luz es la distancia, en proyección horizontal, entre los apoyos en los que duerme una viga, panel, celosía o puente. Esta longitud se verá limitada por la relación entre la resistencia a flexión y la flecha máxima permitida por la normativa vigente.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

Los sistemas industrializados responden correctamente al requerimiento de espacios de grandes luces.

Entre algunos de sus componentes prefabricados, destacan las cerchas, las cuales pueden llegar a cubrir espacios de muy grandes luces, como establecimientos industriales, puentes, centros comerciales, estaciones, etc.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+2

Las obra semi industrializadas pueden cubrir grandes espacios, debido a la posibilidad de incorporar elementos prefabricados en los lugares en los que se requiera esta prestación.

Por ejemplo, la incorporación de cerchas para la cubrición de un edificio el cual sus pilares han sido ejecutados in situ.

IN SITU

0

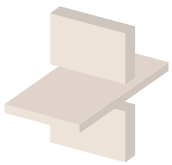
La obra in situ no se adapta fácilmente a la exigencia de grandes distancias entre apoyos.

Debido a la necesidad de optimizar los forjados del edificio se aconsejan luces de hasta 5 metros, aunque este sistema puede cubrir espacios de entre 6 y 7 metros. Luces mayores requiere soluciones costosas económica y ambientalmente. Además la generación de residuos, ruidos, suciedad y los largos plazos de ejecución conllevan a recomendar otras alternativas.

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik.

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN



f.2. LUCES

Capacidad del sistema en formalizar grandes luces. La luz es la distancia, en proyección horizontal, entre los apoyos en los que duerme una viga, panel, celosía o puente. Esta longitud se verá limitada por la relación entre la resistencia a flexión y la flecha máxima permitida por la normativa vigente.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	3	5	3	2	1

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
3	2	2	1	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

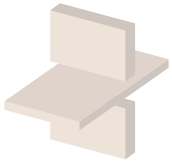
CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
3	1	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Buenas practicas para la construcción en Acero. (2008)
- Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. Puesta en obra y aceptación en España. Santiago Inat Trigueros. (2011)

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN

f.2. LUCES



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

Con dos apoyos pueden lograrse luces de entre 1,7 m y 8,8 m. En caso de precisar de mayores dimensiones puede incorporarse un tercer apoyo, cambiando su situación de estabilidad estática y pudiendo aumentar las luces a valores de entre 2,3 m y 11,6 m.

Aunque el sistema permite mayores luces, se aconseja no superar el limite de 7,5 metros, debido al aumento en el grosor del forjado. En caso de precisar de mayores luces, se aconseja el empleo de cerchas o elementos lineales adicionales. Estos elementos pueden premontarse en fabrica para colocarse posteriormente en obra.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

En caso de emplear paneles prefabricados, con dos apoyos pueden conseguirse luces de entre 4 y 9 metros, y con tres apoyos de entre 5m y 12m. Dadas sus adecuadas propiedades ante esfuerzos a flexión, suelen ser muy usados para la ejecución de forjados. Además pueden sumarse otros elementos como cerchas o grandes vigas de madera laminada para aumentar las distancias entre apoyos. En caso de incorporar estas vigas complementarias será casi obligatorio introducir un pilar a cada lado para llevar la carga hasta el terreno, ya que las paredes no son capaces de resistir grandes esfuerzos puntuales.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

En caso de edificios de uso no industrial, las dimensiones optimas de las luces se reducen a 7 metros de modo que el presupuesto no se vea afectado. Por ejemplo, la distancia entre apoyos en forjados colaborantes y prefabricados (mixtos) puede ser de +/- 7 m, el cual puede verse incrementado con hasta luces de 14 metros y esbelteces de L/35 en caso de integrar perfiles con la ala inferior más ancha que la superior, de modo que el perfil se integre en el propio forjado.

Por el contrario, en caso de edificios industriales, pueden emplearse pórticos de una sola planta que cubran entre 25 y 60 metros o celosías para los casos de mayores luces o mayor sobrecarga.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

La solución más habitual del sistema de acero ligero, es decir forjado con chapa colaborante, permite luces de hasta 5 metros, e incluso 6 metros para soluciones mixtas con pilares de acero laminado. Otros forjados permiten mayores luces a la vez que aumentan sus cantos. Por ejemplo los forjados ligeros del sistema seco pueden llegar a luces de hasta 9 metros, pero con cantos de 50 cm, y los forjados mixtos (combinación entre el forjado seco y el forjado colaborante) consiguen hasta 7,5 metros. Para mayores luces, es aconsejable la utilización de cerchas que cubren espacios de entre 10 y 14 metros, optimizando mejor el peso y pudiendo premontarse en fabrica.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

Las luces máximas se verán limitadas por las dimensiones del transporte convencional, el decir 12 metros. Del mismo modo, la optimización de las dimensiones de su canto, del consumo del material y del costo de la estructura son otros dos factores altamente condicionantes.

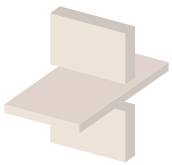
Si se opta por un sistema en seco, es decir la ejecución del forjado por medio de losas prefabricadas, la relación canto luz se sitúa entre 1/25 y 1/30. Por el contrario, en los casos de sistema húmedo, o ejecución mediante prelosas, se conseguirán luces de entre 7 y 8 metros.

HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

Para ajustarse a cantos de forjado moderados, la luz optima entre apoyos será de 5 metros. En cambio, la dimensión de la luz máxima es de entre 6 y 7 metros.

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN



f.2. LUCES

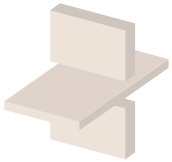
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Los módulos verán limitadas sus luces por medio de las dimensiones del transporte en el que deban ser trasladados, así como por el aseguramiento de su estabilidad ante los movimientos ejercidos desde la planta de fabricación hasta su colocación en obra.
MIXTO	Podrán combinarse luces de mayor o menor envergadura, empleando elementos lineales o paneles para espacios diáfanos, y limitando el uso de los módulos para espacios de menores dimensiones como aseos, vestuarios, pequeñas habitaciones de hotel, etc.
PANELES	La ejecución por paneles permite mayores luces que en el caso de los módulos, debido a la mayor facilidad en transporte y montaje.
ELEMENTOS LINEALES	Las estructuras compuestas por elementos lineales, como cerchas y vigas, posibilitan mayores espacios diáfanos que en comparación con los paneles, aunque no obligatoriamente mayores luces.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	La integración de una estructura adicional permitirá el aumento en las dimensiones de las luces.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	En caso de no usar estructura adicional, habrá de ajustarse a las luces del propio sistema.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN



f.3. ALTURAS

Capacidad del sistema en generar edificios de grandes alturas. La altura del edificio es la distancia, en proyección vertical, existente entre el suelo y el punto más alto de un edificio. Esta dimensión se verá condicionada por la resistencia a compresión del sistema constructivo, así como por la relación entre el tiempo de evacuación ante un incendio y la resistencia del material ante tal imprevisto.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

La construcción industrializada puede responder adecuadamente a este requerimiento.

Gracias a las propiedades de materiales como el acero laminado, o incluso la madera contralaminada, pueden construirse grandes rascacielos.

Del mismo modo, muchas de las empresas suministradoras de elementos prefabricados de otros materiales o sistemas constructivos desarrollan proyectos de investigación para responder a este reto.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

Aunque, la obra semi industrializada puede resolver grandes alturas, se precisará de complejos sistemas de encofrados para llegar a la altura deseada y de grandes camiones hormigonera con bomba de hormigón, además de aumentar el riesgo que esto supone.

IN SITU

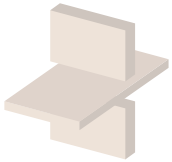
0

La ejecución in situ puede solucionar edificaciones de grandes alturas, se precisará de complejos sistemas de encofrados para llegar a la altura deseada y de grandes camiones hormigonera con bomba de hormigón, además de aumentar el riesgo que esto supone.

BIBLIOGRAFÍA

— La sostenibilidad en la construcción industrializada. La construcción modular ligera aplicada a la vivienda. Gerardo Wadel. (2009)

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN



f.3. ALTURAS

Capacidad del sistema en generar edificios de grandes alturas. La altura del edificio es la distancia, en proyección vertical, existente entre el suelo y el punto más alto de un edificio. Esta dimensión se verá condicionada por la resistencia a compresión del sistema constructivo, así como por la relación entre el tiempo de evacuación ante un incendio y la resistencia del material ante tal imprevisto.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	0	4	0	4	2

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
3	2	2	0	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

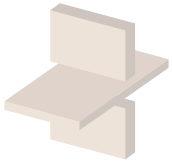
0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
3	1	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN



f.3. ALTURAS

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

Debido a la resistencia mecánica del sistema, la altura máxima recomendable es de 24 metros. Como ejemplos de esta afirmación, destacan el Edificio Stadhaus (Londres) de PB+8 y 30 metros de altura, y el Edificio Forté (Melbourne) de PB+9 y con una altura de 32,17 metros.

Siguiendo el CTE-DB-SI, y para usos residencial, administrativo y docente, se recomienda la utilización de madera hasta alturas de PB+4 (h<15m), donde la resistencia al fuego de la estructura es de RF 60. A partir de esta altura la estructura deberá protegerse ante el fuego por medio de placas de origen mineral hasta llegar a RF 90, incrementando su costo.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

Para el resto de los usos, habrá de conseguir que la estructura resista 90 minutos estable ante un incendio desde la planta baja, y se incrementará este valor a medida que la altura aumente. Por esta razón, hay que analizar el gasto que supone la incorporación de materiales o elementos adicionales para la protección ante incendio de los sistemas constructivos con madera y compararlo con otros sistemas que a primera vista resultaban más costoso.

En cualquier caso se están realizando numerosas investigaciones en el que se busca una mayor capacidad de altura mediante el panel contralaminado, que parece que lo sitúan como una competencia al hormigón y acero.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

La altura optima o más rentable es de PB+4, donde la protección frente a incendio es menor para los usos residencial, administrativo y docente (si bien hay rascacielos con este sistema constructivo).

Las estructuras compuestas de pórticos perpendiculares a fachada alcanzarán hasta PB+30. Las alturas variarán dependiendo del tipo de rigidización.

— Rigidizados mediante núcleos de escalera, ascensor: Hasta PB+15.

— Rigidizados mediante pantallas a lo ancho de todo el bloque: Entre PB+15 y PB+30.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

Tal y como ocurre en los casos de la madera, la altura de los edificios residenciales, administrativos y docentes deberán restringir su altura a PB+4, eliminando la necesidad materiales adicionales que incrementan el coste de la ejecución del edificio. Este factor no impide que puedan lograrse alturas de hasta PB+8 utilizando soluciones mixtas, pero aumentará el costo del edificio.

A partir de esta altura optima, empiezan a ser económicamente más competitivos otros sistemas como el acero estructural o el hormigón. Además la principal ventaja de reducción de uso de materia prima frente a sistemas como el acero laminado, se pierde a partir de alturas de PB+5.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

Este sistema se recomienda para edificios de alturas no superiores a PB+8, debido a la necesidad de una mayor nivel de arriostramiento, lo cual conlleva una difícil rentabilidad frente a otros materiales.

Dependiendo de la rigidización de la estructura, podrán alcanzarse diversas alturas:

— Estructura rigidizada por medio de nudos realizados in situ (empotramiento): PB+8.

— Estructura articulada o apoyada por medio de la ejecución de nudos secos: PB+4.

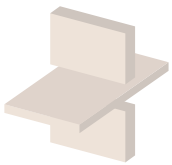
En caso de ejecutar la estructura mediante paneles la altura de la estructura se limitará a PB+4 o 5.

HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

Este sistema constructivo no genera limitaciones para construir edificios de grandes alturas, aunque si produce ciertos inconvenientes, como son la necesidad de un complejo sistema de encofrados, de grandes camiones hormigoneras con bomba de hormigón y la generación de riesgos innecesarios producidos por la ejecución de tareas a grandes alturas.

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN



f.3. ALTURAS

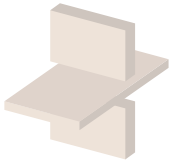
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Los módulos pueden resolver edificio de entre cuatro y seis plantas. En caso de incorporar una estructura adicional de pilares y vigas esta altura podrá aumentarse.
MIXTO	Los edificios mixtos de módulos y paneles podrán llegar hasta alturas de hasta diez pisos, aunque la integración de los módulos puede generar limitaciones en algunos puntos del edificio, donde puede requerirse de una estructura adicional.
PANELES	Los edificios construidos por medio de paneles pueden llegar hasta diez pisos de altura, aunque integrando una estructura complementaria de pilares y vigas pueden ver incrementada esta altura.
ELEMENTOS LINEALES	Los elementos lineales podrían entenderse como parte de una estructura adicional, por lo que permitirán una altura mayor que en los casos anteriores. Sobre estos elementos lineales se apoyarán los paneles o módulos.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	Reforzará la estabilidad del edificio permitiendo aumentar la altura. La estructura puede ser de otro material.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	Deberá ceñirse a la altura que admita cada sistema.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN



f.4. HUECOS EN FACHADA

Flexibilidad en la apertura de huecos en fachada. Estos son los espacios libres, o aperturas, situados en cualquier superficie compacta del edificio, como ocurre en los elementos de cerramiento, tabiquería o forjados; con el objetivo de ser ocupados por ventanas, puertas, escaleras, etc. También puede ser conocido como vano.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

Dependiendo del sistema constructivo empleado, la obra industrializada se adaptará mejor a la libre disposición de huecos o aberturas en las fachadas.

Por una parte, los sistemas de muros portantes limitarán la ubicación y dimensiones de estas aberturas. Por el contrario, la ejecución por medio de elementos lineales de viga sobre pilar permitirán gran libertad de diseño en fachada, pudiendo componer fachadas con el sistema de muro cortina.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

El sistema semi industrializado permite gran libertad en la disposición de los huecos en fachada.

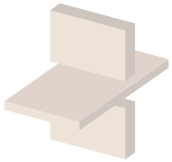
Al igual que la obra in situ, su estructura puede ejecutarse por medio de elementos lineales de pilar y viga, generando grandes aberturas.

IN SITU

+1

La construcción in situ posibilita gran libertad en la ubicación y dimensionamiento de huecos, pudiendo, incluso, diseñar fachadas totalmente translucidas.

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN



f.4. HUECOS EN FACHADA

Flexibilidad en la apertura de huecos en fachada. Estos son los espacios libres, o aperturas, situados en cualquier superficie compacta del edificio, como ocurre en los elementos de cerramiento, tabiquería o forjados; con el objetivo de ser ocupados por ventanas, puertas, escaleras, etc. También puede ser conocido como vano.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	2	4	2	4	4

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
3	2	1	1	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

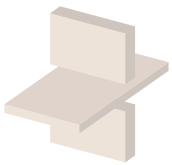
CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
3	1	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN

f.4. HUECOS EN FACHADA



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

En el caso en el que la fachada no es estructural, la libertad de huecos es grande. En el caso de que sea estructural, A la hora de ubicar los huecos en los paneles, debe comprenderse adecuadamente el reparto de cargas de modo que el sistema no se vea debilitado. Debido al carácter estructural de la fachada, habrá de realizar un exhaustivo estudio de las dimensiones y de la cantidad de puertas y ventanas a ubicar.

Además, el precio de la obra es proporcional a la cantidad de paneles fabricados, por lo que es recomendable diseñar bien los huecos y su disposición, optimizando el material y el costo.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

Para ubicar los huecos habrá de entender la estructura o los paneles estructurales como una red de perfiles entrelazados entre sí, de modo que no se debilite ningún larguero para la ubicación de las puertas, ventanas o hueco de diversa índole. Por lo que las aberturas serán proporcionales a las distancias entre los largueros y estos se reforzarán en caso de eliminar la continuidad de alguno de ellos.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

La fachada no es estructural, por lo que existe total libertad en la disposición y el tamaño de las ventanas y puertas, siempre que se verifique su justificación respecto a la normativa vigente.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

Al igual que ocurre en el sistema Wood Framing, los huecos ubicados en los cerramientos, tabiques y forjados estructurales, deberán ser proporcionales a los módulos de (30)-40-60 centímetros de ancho, y deberán usarse dinteles y refuerzos en aquellos perfiles que pierdan su continuidad.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

En caso de que el edificio se ejecute por medio de paneles estructurales, los huecos integrados en estos deberán limitarse dependiendo del reparto de cargas, de modo que el panel y el sistema al completo no pierdan su resistencia.

En caso de realizarse por medio de elementos lineales (pilares y vigas), la ubicación y el dimensionamiento de los huecos gozará de gran total libertad.

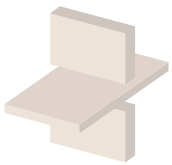
HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

Libertad en la disposición y dimensionamiento de los huecos, siempre que el sistema empleado para la ejecución de la fachada lo permita.

En caso de ejecutar cerramientos de ladrillo, estos integrarán un dintel (estructura adicional) en la parte superior del hueco, capaz de soportar las flechas que puedan generar los ladrillos ubicados sobre él. Estas flechas deberán calcularse correctamente para no generar futuras fisuras en las ventanas.

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN



f.4. HUECOS EN FACHADA

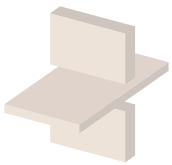
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Los módulos limitan la apertura de huecos debido a que ciertas partes de estos volúmenes deben ser estructurales, y por lo tanto opacas, para asegurar su resistencia.
MIXTO	Tanto lo volúmenes como los paneles limitan la apertura de huecos debido a que ciertas partes de estos deben ser estructurales, y por lo tanto opacas, para asegurar su resistencia.
PANELES	Los paneles limitan la apertura de huecos debido a que ciertas partes de estos deben ser estructurales, y por lo tanto opacas, para asegurar su resistencia.
ELEMENTOS LINEALES	Los elementos lineales como pilares y vigas no limitan la apertura de huecos, pudiendo generar desde pequeñas ventanas hasta estructuras de muro cortina. Por el contrario, los elementos lineales ligeros que forman muros portantes si condicionaran los huecos.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	Sea del mismo material o de otro, las estructuras adicionales facilitan una mayor libertad en huecos.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	Sin estructura adicional, la disposición y tamaño de los huecos debe limitarse a lo exigido por el sistema constructivo.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN



f.5. ACABADOS

Capacidad de integración de los acabados en el sistema. Estos son los trabajos realizados en una construcción para finalizar los detalles de esta, como por ejemplo la colocación de los materiales que cubrirán las superficies del edificio sin terminar. Su objetivo es proteger los materiales base de la construcción, así como proporcionar estética y confort. Entre estos materiales finales destacan el yeso, la madera, la cerámica, la pintura, la mampostería, etc.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

La construcción industrializada facilita la integración infinidad de tipos de acabados, en todos los casos: en fachada, en tabiquería interior, en suelos, como en techos.

Su colocación puede efectuarse tanto en obra como en fábrica y además permite la integración de infinidad de materiales o texturas.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

La obra semi industrializada facilita la colocación de los acabados, ya que estos pueden ser prefabricados, posibilitando un montaje más controlado y de mayor calidad, además de mayor rapidez y agilidad en la colocación.

IN SITU

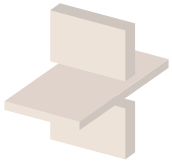
-1

La construcción in situ permite la incorporación de diferentes materiales de acabado, aunque estos únicamente podrán ser colocados en la fase de obra, reduciendo el control y calidad en la ejecución de estos.

BIBLIOGRAFÍA

— Estudios comparativo entre distintas metodologías de industrialización de la construcción de viviendas. Diego Gómez Muñoz. (2008)

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN



f.5. ACABADOS

Capacidad de integración de los acabados en el sistema. Estos son los trabajos realizados en una construcción para finalizar los detalles de esta, como por ejemplo la colocación de los materiales que cubrirán las superficies del edificio sin terminar. Su objetivo es proteger los materiales base de la construcción, así como proporcionar estética y confort. Entre estos materiales finales destacan el yeso, la madera, la cerámica, la pintura, la mampostería, etc.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
5	5	2	5	5	2

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
0	3	3	3	3	0

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

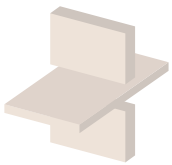
BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— Estudios comparativo entre distintas metodologías de industrialización de la construcción de viviendas. Diego Gómez Muñoz. (2008)

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN

f.5. ACABADOS



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

Los acabados pueden ir integrados en el propio sistema constructivo.

Si los tableros que componen la ultima capa del panel son de calidad industrial, estos se cubrirán por medio de acabados industriales, placas de cartón yeso, o incluso maderas tratadas de mejor calidad.

En caso de no requerir ningún acabado especial para el interior del edificio, podrá optarse por la integración de una madera de calidad visual en la ultima capa del panel, reduciendo la cantidad de acabados en un 70% respecto a la construcción convencional.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

Del mismo modo que el sistema de madera contralaminada, los tabiques o cerramientos que dan al interior del edificio, y que no deban ser protegidos ante humedades o fuego, pueden estar compuestos por una madera de calidad visual, de modo que no deba ser cubierta por otro material adicional que encarezca el precio.

Por ello, existen dos tipos de calidades: la industrial (para las superficie que vallan a cubrirse) y calidad estándar o visual (para las superficies que vallan a dejarse vistas).

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

Aunque el sistema en sí no es capaz de resolver los acabados, al igual que en el resto de sistemas, los acabados integrados en el edificio (aunque no como parte del sistema constructivo) pueden ser de cualquier material.

En caso de requerir la utilización del mismo material, puede optarse por paneles sándwich prefabricados, que además de la función de acabado, aíslan de cierta medida el edificio.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

Los acabados están integrados en el propio sistema y pueden ser acabados industriales, placas de cartón yeso o tableros de diversos tipos de madera. En caso de precisar de mayor protección frente al fuego humedad, o mayor resistencia mecánica, estos acabados podrán multiplicarse hasta conseguir los requisitos necesarios.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

Además de la opción de fijar cualquier acabado adicional al sistema, el mismo panel de hormigón prefabricado, el cual que compone el cerramiento, puede constituir el acabado. Esto ocurre gracias a que en la capa superficial del panel pueden integrarse infinidad de acabados, colores y texturas.

La variedad de colores naturales del hormigón arquitectónico son prácticamente los mismos que los de la piedra natural. La variedad de colores se conseguirá por medio de los tratamiento de la superficie, así como por la adición de pigmentos a la matriz. Las texturas y acabados se llevarán a cabo por texturizado o moldes, por chorro de arena, por lavado en ácido, por pulido, etc.

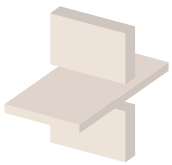
HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

El hormigón in situ no favorece la correcta realización de los acabados debido a que estos se efectúan en obra y, por lo tanto, tanto el control como la calidad de estos disminuirá.

Al igual que en el resto de sistemas, los acabados integrados en el edificio (aunque no como parte del sistema constructivo) pueden ser de cualquier material.

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN



f.5. ACABADOS

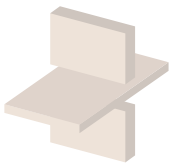
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Los módulos facilitan la integración de los acabados, ya que permite su ejecución en fábrica.
MIXTO	El sistema mixto de módulos y paneles facilitan la integración de los acabados, ya que permite su ejecución en fábrica.
PANELES	Los paneles facilitan la integración de los acabados, ya que permite su ejecución en fábrica.
ELEMENTOS LINEALES	Los elementos lineales no complican el montaje de los acabados, debido a que estos deberán efectuarse en la fase de obra.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Los acabados colocados en fábrica serán de mejor calidad, debido a que la ejecución se realiza en un espacio controlado y protegido de las inclemencias climáticas. Igualmente no existirá necesidad de andamiaje, por lo que la seguridad de los técnicos aumentará.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La fijación de los acabados en obra generará menor calidad que los anteriores. Esto ocurre debido a la falta de control y el aumento de la peligrosidad en los procesos realizados en el propio edificio.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN



f.6. PESO PROPIO

Disminución del peso propio del sistema, el cual es la relación entre la masa y el área que ocupa el sistema constructivo. La minoración en el peso propio del sistema implicará la reducción en las dimensiones de la cimentación, a innecesaridad en el uso de transportes especiales y un bajo uso de materia prima. Además, los sistemas ligeros serán adecuados para la incorporación en reformas o ampliaciones verticales de edificios.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

Los sistemas industrializados tienen menor peso propio en comparación con la construcción in situ.

Este factor generará grandes ventajas, como son la reducción de las dimensiones de las cimentación o facilidad en reformas o ampliaciones.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

La edificación semi industrializada puede ser más ligera que la obra in situ, pero no más que la industrializada, debido a que se emplea hormigón vertido en obra para tanto para efectuar la estructura del edificio como para unificar todas las piezas prefabricadas incorporadas.

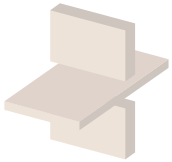
IN SITU

-2

La construcción in situ se compone de materiales de gran peso como el hormigón o el ladrillo, derivando en el aumento de las dimensiones de tanto la cimentación como de la propia estructura.

Esta propiedad limita su utilización en reformas y en ampliaciones de edificios existentes.

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN



f.6. PESO PROPIO

Disminución del peso propio del sistema, el cual es la relación entre la masa y el área que ocupa el sistema constructivo. La minoración en el peso propio del sistema implicará la reducción en las dimensiones de la cimentación, a innecesaridad en el uso de transportes especiales y un bajo uso de materia prima. Además, los sistemas ligeros serán adecuados para la incorporación en reformas o ampliaciones verticales de edificios.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	5	2	5	0	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

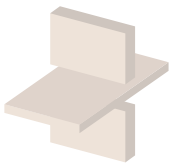
CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
0	3	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— Estudio comparativo entre distintas metodologías de industrialización de la construcción de viviendas. Diego Gómez Muñoz. (2008)

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN



f.6. PESO PROPIO

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

Los pesos propios de los elementos de este sistema son 5 veces menores que en la construcción convencional, es decir que los edificios ejecutados por medio de hormigón in situ y ladrillos.

El peso propio de los paneles verticales más empleados ronda los 30-40 kg/m^2, pero puede variar dependiendo del espesor de estos. 60 mm 27 kg/m^2, 100 mm 45 kg/m^2, 120 mm 54 kg/m^2, 160 mm 72 kg/m^2, 200 mm 90 kg/m^2, 240 mm 108 kg/m^2, 280 mm 126 kg/m^2.

El peso propio de los paneles dispuestos horizontalmente es de 70 kg/m^2, valor que puede variar a medida que cambie la sección del panel.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

El peso propio de los paneles será menor que en el caso de la madera contralaminada, debido a la integración del aislamiento, el cual constas de menor densidad.

Por ejemplo, en el caso de emplear madera C-18, podemos encontrar desde paneles de 30 kg/m^2 con una sección de 60 mm, hasta pesos propios de 170 kg/m^2 en el caso de grosores de 315 mm.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

El sistema de acero estructural, debido a su gran resistencia mecánica, reduce su peso en un 40% respecto a una de hormigón, ya que los perfiles, aunque de mayor densidad, precisan de menores secciones.

En el caso de edificios de gran altura, pueden emplearse pilares de alta resistencia en lugar de acero general, reduciendo el peso en un 17%. El peso propio de una estructura metálica se considera insignificante respecto al peso del forjado, no superando el 2% del peso del edificio, por lo que mayormente habrá de profundizar en la minoración del peso del forjado.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

El peso del sistema LSF es aproximadamente una sexta parte del peso del sistema tradicional in situ. La condición de reducción del peso implica ventajas en el transporte, cimentación y un bajo uso de materia prima. En el caso de los cerramientos, este

El peso propio del sistema es de 70 kg/m^2, incorporando la perfileria metalica, el aislamiento y los paneles de cerramiento. En el caso de analizar únicamente el aero, su peso propio seria de 24 a 30 kg/m^2.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

El peso de los elementos prefabricados es mayor que en la realización in situ. Esto ocurre debido a la necesidad de unas secciones mínimas para garantizar su estabilidad.

En el caso de las fachadas, el peso propio de los paneles (portantes o autoportantes) será mayor que 200 kg/m^2, por lo que nos encontramos antes un sistema pesado. Su peso puede variar dependiendo del hormigón y del tipo de panel empleado. Su peso se limitará a 10 tn o a la capacidad de la maquinaria con la que deba ser manipulado (grúa y camión)

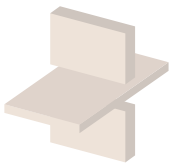
Los forjados ejecutados por medio de prelosas tendrán un peso de entre 265 y 500 kg/m^2.

HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

Este sistema tiene un peso propio muy elevado, debido al propio material. Aunque sea menor peso que el sistema de elementos prefabricados de hormigón. Esto ocurre debido a la utilización de elementos más ligero para la constitución de los elementos verticales, así como por la disminución de cemento incorporado en la mezcla.

A.3. DISEÑO/FORMA/VOLUMEN



f.6. PESO PROPIO

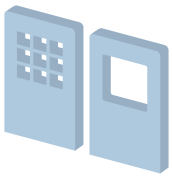
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	No procede.
MIXTO	No procede.
PANELES	No procede.
ELEMENTOS LINEALES	No procede.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	El peso será mayor debido a la incorporación de una estructura adicional.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	El peso será menor debido a la optimización de la estructura.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.4. FUTURAS REFORMAS



f.1. TRANSFORMABILIDAD

Adecuación del sistema para la realización futuras reformas en el edificio construido.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+2

El sistema favorece futuras transformaciones del edificio.

Los edificios ejecutados por medio de sistemas constructivos industrializados pueden ser transformados dependiendo del sistema empleado. En los casos en los que el sistema es más cerrado, las transformaciones serán más complejas.

Además su carácter desmontable, acentúa la posibilidad de cualquier trasformación pudiendo adaptarse a las diferentes tipologías que se den en el tiempo dentro del edificio. De este modo forjados, tabiques y cerramientos pueden ser rápidamente desmontados y sustituidos por otros al gusto del cliente.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

El sistema facilita la transformación de ciertos componentes del edificio.

Dependiendo de las uniones con las que los elementos prefabricados incorporados a la edificación se hayan fijado, estos podrán ser desmontables o no, facilitando o dificultando la transformabilidad del edificio.

Por ejemplo, el empleo de una fachada ventilada favorecerá una posterior reforma de esta, pudiendo cambiarse los acabados o integrar otros materiales para mejorar sus prestaciones térmicas.

Igualmente, unas puertas o ventanas prefabricadas podrán ser sustituidas fácilmente a gusto del propietario. Por el contrario, las bovedillas o semi viguetas de un forjado unidireccional in situ, complejizan la transformabilidad, debido a la complejidad de ser retiradas.

IN SITU

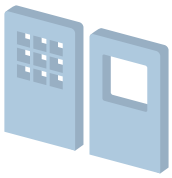
-1

El sistema no favorece futuras transformaciones del edificio.

Aunque puede realizarse, la rehabilitación de edificios ejecutados por medio de técnicas in situ es muy compleja, y genera gran cantidad de residuos y suciedad, así como grandes molestias, tanto a los dueños implicados en la reforma, así como a vecinos de viviendas contiguas.

Esto ocurre debido a la imposibilidad de desmontar los elementos constructivos que componen el edificio, debiendo romperlos hasta conseguir su eliminación.

A.4. FUTURAS REFORMAS



f.1. TRANSFORMABILIDAD

Adecuación del sistema para la realización futuras reformas en el edificio construido.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
2	3	3	3	2	1

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
3	3	3	3	1	3

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

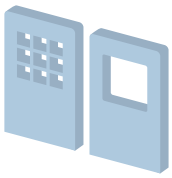
CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik.(2012)

A.4. FUTURAS REFORMAS

f.1. TRANSFORMABILIDAD

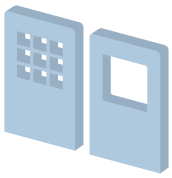


SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Las estructuras se realizan por medio de una solución de muros portantes (en ocasiones incluidos cerramientos y particiones interiores), lo que complica la realización de futuras transformaciones. En caso de requerir de futuras reformas, deberán de diseñarse espacios diáfanos de grandes luces en el que no todas las particiones interiores ejerzan de estructura y que puedan quitarse, transformarse o sustituirse. En aumento de las dimensiones de las luces repercutirá en un mayor gasto de material, con el consiguiente aumento en el costo.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Los paneles formados mediante el entramado ligero de madera ofrece una alta flexibilidad a la hora de reconfigurar los espacios ya que normalmente van independientes de la estructura del edificio.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Se admiten futuras reformas en los edificios construidos por medio de este sistema. Es el sistema más adecuado para soportar futuras rehabilitaciones, ya que aumentando la sección de los perfiles de acero, tanto por medio de soldadura como por unión atornillada, podemos aumentar las cargas a soportar. Es un modo sencillo y con el mínimo espacio requerido.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Los paneles formados mediante el entramado ligero de madera ofrece una alta flexibilidad a la hora de reconfigurar los espacios ya que normalmente van independientes de la estructura del edificio.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	La construcción de edificios mediante estructura y paneles de hormigón prefabricado ofrece una alta flexibilidad a la hora de reconfigurar los espacios o ampliaciones. En cualquier caso las uniones tanto de los paneles como de los elementos estructurales deberían plantear sin hormigón in situ, ya que de ser así resultaría más compleja la sencillez de las posteriores reformas.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Aunque los edificios construido de un modo in situ pueden transformarse, es muy complicada la realización de cambios y se producen grandes molestias y gran cantidad de residuos y suciedad.

A.4. FUTURAS REFORMAS

f.1. TRANSFORMABILIDAD



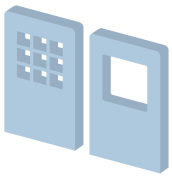
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	En caso de que el edificio este compuesto por módulos, estos podrán desmontarse, desplazarse o sustituirse fácilmente por otros, adaptando el edificio a nuevos requerimientos.
MIXTO	Los módulos integrados en el edificio podrán desmontarse, desplazarse o sustituirse fácilmente por otros. En cuanto a los paneles, y dependiendo de su carácter portante, podrán ser retirados o no.
PANELES	Dependiendo del carácter portante de los paneles dispuestos en la edificación, podrán retirarse o no. En caso de que asuman cargas, no podrán ser alterados libremente, por el contrario, si son únicamente autoportantes, podrán ser transformados o incluso retirados.
ELEMENTOS LINEALES	Los elementos estructurales lineales no son fácilmente reemplazables, únicamente serán sustituidos en caso de necesidad por su deterioro, y siempre siguiendo un procedimiento adecuado por medio de puntales y refuerzos, para no generar deformaciones o roturas.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La incorporación de instalaciones y acabados en fábrica complejiza las transformaciones. Aunque estas instalaciones sean registrables, su cambio de ubicación será más compleja que en los casos en los que se efectúan en obra.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	El montaje de las instalaciones y los acabados en obra facilita la transformabilidad del edificio, debido a que estas podrán cambiar de ubicación, únicamente desmontando los acabados fijados a la pieza prefabricada.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.4. FUTURAS REFORMAS



f.2. AMPLIABILIDAD

Adecuación del sistema para la realización de futuras ampliaciones en el edificio construido.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+2

Los sistemas constructivos industrializados favorecen la ampliabilidad del edificio.

Esto ocurre debido a su bajo peso, y gracias al fácil sobredimensionamiento de las piezas estructurales de algunos de estos sistemas.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

La utilización de la edificación semi industrializada para los casos de edificios que deban sufrir futuras ampliaciones será adecuada cuando se demuestre que no pueda ser solucionado por la técnicas totalmente industrializadas.

IN SITU

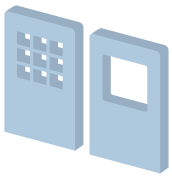
-1

El sistema no favorece futuras ampliaciones del edificio.

Aunque puede realizarse, la ampliación de edificios ejecutados por medio de técnicas in situ es muy compleja, y genera gran cantidad de residuos y suciedad, así como grandes molestias, tanto a los dueños implicados en la reforma, así como a vecinos de viviendas contiguas.

A.4. FUTURAS REFORMAS

f.2. AMPLIABILIDAD



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	4	4	4	3	1

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
2	2	2	2	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

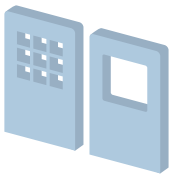
CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
3	0	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik.

A.4. FUTURAS REFORMAS

f.2. AMPLIABILIDAD

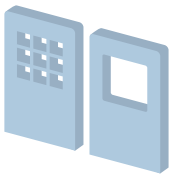


SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Podrán realizarse ampliaciones en edificios construidos por medio de la madera contralaminada siempre que la estructura haya sido sobredimensionada para esta situación. La buena relación entre el peso propio del sistema y su resistencia facilitan la ampliación de construcciones ejecutadas por medio de este sistema, ya que el sobredimensionamiento de las piezas afectará levemente a al dimensionamiento de la cimentación.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Podrán realizarse ampliaciones en edificios construidos por medio de entramado de madera siempre que la estructura haya sido sobredimensionada para esta situación. La buena relación entre el peso propio del sistema y su resistencia facilitan la ampliación de construcciones ejecutadas por medio de este sistema, ya que el sobredimensionamiento de las piezas afectará levemente a al dimensionamiento de la cimentación.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	El sistema permite la ampliabilidad del edificio construido por medio del acero estructural, de modo que, en el momento en el que se precise la suma de algún piso más, puedan aumentarse las secciones de los elementos estructurales de acero, por soldadura o unión atornillada, incrementando su capacidad portante y afectando muy levemente a la cimentación, debido a su buena relación entre su peso propio y su resistencia.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Podrán realizarse ampliaciones siempre que la estructura haya sido sobredimensionada para esta situación. La buena relación entre el peso propio del sistema y su resistencia facilitan la ampliación de construcciones ejecutadas por medio de este sistema, ya que el sobredimensionamiento de las piezas afectará levemente a al dimensionamiento de la cimentación.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	Es muy complicado asumir posteriores ampliaciones, cuando éstas se desean realizar en altura, debido a la complejidad en el sobredimensionamiento de la estructura, ya que esta acción afectará gravemente al coste económico y ambiental, así como a la capacidad de carga de los camiones en los que deban transportarse estas piezas. Sin embargo para la ampliación en horizontal sí resulta adecuado el sistema.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Aunque los edificios construidos de un modo in situ pueden ampliarse, resulta muy complicada debido al sobrepeso que conlleva, así como las grandes molestias y gran cantidad de residuos y suciedad que generan.

A.4. FUTURAS REFORMAS

f.2. AMPLIABILIDAD



GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	La ampliación de edificios formados por la superposición de módulos es una opción adecuada, si bien estará limitada por la resistencia de estos, y tiene la parte positiva de la rapidez de ejecución y pocas molestias generadas. Para incrementar su capacidad portante podrán añadirse estructuras complementarias, como barras tirantes u otro tipo de refuerzos.
MIXTO	Los edificios formados por módulos y paneles es una opción adecuada para las ampliaciones de edificios si bien la estructura debe haber sido sobredimensionada o se deberán añadir refuerzos o estructuras complementarias.
PANELES	La ampliación de edificios formados por paneles es adecuada, aunque habrá que analizar si el sobredimensionamiento de los elementos portantes genera que pierda rentabilidad respecto a las ventajas que suponga la ampliación.
ELEMENTOS LINEALES	Las construcciones constituidas por elementos lineales pueden ser ampliadas siempre que se aumente la sección y resistencia de estos elementos.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	Habrá de valorarse el sobredimensionamiento de esta o la integración de refuerzos.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	Habrá de sobredimensionar o reforzar los elementos constructivos propios.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.5. TIEMPO

f.1. TIEMPO DESDE DISEÑO A FABRICACIÓN

Minoración del tiempo transcurrido desde el diseño del edificio hasta la producción de sus componentes.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+1

El tiempo de diseño y planificación será poco más extenso debido a la necesidad de realizar un diseño detallado de cada pieza, y unión, de modo que se elimine cualquier posibilidad de que ocurra cualquier error o imprevisto en obra que aumenten el tiempo de ejecución así como el coste total de la obra.

En esta fase de diseño, el arquitecto se coordinará con la empresa prefabricadora, de modo que el diseño se adapte a los requerimientos y oportunidades del sistema constructivo industrializado.

Aunque hay que tener en cuenta también que hay cierta construcción totalmente industrializada que no requiere diseño, por ser parte de un catálogo. Quizás esta opción se vaya también desarrollando cada vez más.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

El periodo de diseño será parecido al de la obra in situ, ya que este tipo de edificaciones facilita las correcciones en obra, pudiendo corregir ciertos fallos ocurrido en la fase de diseño.

Por lo que respecta a la producción de las piezas prefabricadas estandarizadas que se integren en el edificio, como, semi viguetas, bovedillas, encofrados, tableros de yeso laminado, etc., su fabricación será ágil, debido a su normalización.

En caso de tratarse de piezas a medida, el periodo de fabricación puede verse aumentado.

IN SITU

+2

El plazo para la elaboración del proyecto es más reducido, ya que los fallos que puedan ocurrir en obra son más sencillos de corregir, aunque de menor calidad. En comparación con la obra industrializada, mayor numero de decisiones son tomadas en obra, debido a que el ser un sistema in situ aporta mayor flexibilidad.

En fábrica se producirán pequeños elementos como ladrillos, bloques de hormigón, etc., los cuales se producen ágilmente debido a su alta estandarización.

BIBLIOGRAFÍA

— www.bioclimax.net

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.5. TIEMPO

f.1. TIEMPO DESDE DISEÑO A FABRICACIÓN

Minoración del tiempo transcurrido desde el diseño del edificio hasta la producción de sus componentes.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
3	2	1	2	0	3

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)

A.5. TIEMPO

f.1. TIEMPO DESDE DISEÑO A FABRICACIÓN

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	No procede.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	No procede.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	No procede.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	No procede.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	No procede.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	No procede.

A.5. TIEMPO

f.1. TIEMPO DESDE DISEÑO A FABRICACIÓN

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	La ejecución por medio de módulos genera un sistema cerrado, en el que los elementos se construyen conforme a las especificaciones del propio sistema y edificio. Por ello, su fase de diseño será mayor, reduciendo al mínimo las correcciones o cambios en la fase de obra. Si bien en los casos de edificios realizados por módulos de catálogo revertiría el tiempo de diseño por ser mínimo.
MIXTO	El sistema mixto de módulos y paneles requiere de un diseño preciso para que no ocurran fallos en la fase de obra que puedan aumentar el costo de la construcción. Por ello, el plazo de diseño puede verse prolongado hasta garantizar el correcto despiece y diseño de piezas y volúmenes.
PANELES	El empleo de paneles genera un sistema más abierto en comparación con la ejecución por módulos o mixto. Por ello, el periodo de diseño será escasamente menor, aunque bastante detallado.
ELEMENTOS LINEALES	La utilización de elementos lineales permite crear un sistema abierto, el cual admite ciertas correcciones en obra, pudiendo reducir la fase de diseño.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Los tiempos en fábrica aumentarán debido que las instalaciones o acabados se instalarán antes del traslado a la obra. Al igual que la fase de diseño no se verá alterada, ya que habrán de detallarse los sistemas de unión entre acabados o instalaciones, y las zonas registrables.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Los tiempo en fábrica serán menores que en el caso anterior, ya que los acabados e instalaciones se realizan en obra.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.5. TIEMPO

f.2. TIEMPO EN CONSTRUCCIÓN EN OBRA

Reducción del periodo de ejecución de la obra, desde que los materiales o elementos abandonan la fábrica de producción hasta la finalización de la construcción. Se incluyen los casos de obra nueva y de reforma o ampliación.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

La obra industrializada permite una reducción del hasta 70% en el tiempo de la fase de obra en el propio solar.

Esto ocurre gracias a la elaboración de gran parte del edificio de un modo industrializado en fábrica, permitiendo una obra seca y una fácil construcción por medio de planos de montaje que llegarán a obra a la vez que las piezas prefabricadas.

Además de la facilidad de montaje, los técnicos están más cualificados y la cantidad de errores en obra son menores, agilizando la puesta en obra.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

La construcción semi industrializada permite reducir en cierta medida el tiempo transcurrido en la fase de obra en la ubicación del edificio.

El tiempo de ejecución se reduce levemente respecto a la obra in situ, pero sigue siendo apreciablemente mayor que la obra íntegramente industrializada.

Dependiendo del grado de industrialización y del grado de construcción in situ de la obra concreta se podrá reducir más o menos el tiempo de ejecución.

IN SITU

-2

Las edificación in situ no favorece la reducción del periodo de ejecución en obra.

El tiempo de construcción es considerablemente mayor que la ejecutada por sistemas industrializados.

Este aumento es derivado del factor de fraguado del hormigón, así como de las condiciones climáticas desfavorables que pueden afectar directamente a este último, como a la paralización de la obra por seguridad hacia los trabajadores.

Del mismo modo la incorporación de gremios de diferente índole, y la falta de planificación y coordinación desde la fase de diseño, generan imprevistos que deben ser solucionados en obra, aumentando su duración.

BIBLIOGRAFÍA

- Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. Puesta en obra y aceptación en España. Santiago Inat Trigueros. (2011)
- Procesos y técnicas de construcción. Hernan de Solminihac Tampier.
- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.5. TIEMPO

f.2. TIEMPO EN CONSTRUCCIÓN EN OBRA

Reducción del periodo de ejecución de la obra, desde que los materiales o elementos abandonan la fábrica de producción hasta la finalización de la construcción. Se incluyen los casos de obra nueva y de reforma o ampliación.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	4	3	3	4	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
0	2	2	3	3	0

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	3	0

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- CLT Handbook. FP Innovations. (2013)
- Una escuela para una educación sostenible. Sandra Bestraten Castells y Emilio Hormías Laperal. (2015)
- Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. Puesta en obra y aceptación en España. Santiago Inat Trigueros. (2011)

A.5. TIEMPO

f.2. TIEMPO EN CONSTRUCCIÓN EN OBRA

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

Según una comparativa realizada en el CLT Handbook (FP Innovations) en la que se analizan las característica y tiempos de ejecución de diversos edificios construido por medio de diferentes sistemas, y para el caso de bloques residenciales de varias alturas, el plazo de construcción de la estructura de los edificios construidos con madera contralaminada es un 30% menor en comparación con el hormigón armado.

En el estudio "Una escuela para una educación sostenible", el tiempo de montaje de este sistema se reduce a 50m^2 por día y por cada pareja de operarios más una grúa.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

La duración de la fase de obra se sitúa entre los valores de los paneles de madera contralaminada y los del sistema de LSF. Esto es así debido a su semejanza de ejecución con los paneles contralaminados de madera en el caso de realizarse por medio de planchas prefabricadas y con el sistema de LSF en caso de realizarse por medio de pequeños elementos lineales colocados siguiendo la ejecución del platform frame.

Conforme al Trabajo Fin de Master de Santiago Inat Trigueros, una obra de construcción tradicional tiene una duración de un año, mientras que con este sistema puede reducirse a entre 3 y 6 meses.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

Este sistema es 20% más rápido de ejecutar en comparación con una obra de hormigón armado ejecutada in situ, y un 40% más rápido en el momento de ejecutar las primeras estructuras y plantas.

La ejecución de la estructura primaria y de los forjados comprende alrededor del 20%-25% del tiempo total de ejecución de la obra.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

El tiempo de ejecución en obra es de 40%-50% menor que una obra convencional realizada con hormigón vertido in situ. Este tiempo puede variar conforme a la cantidad de operarios activos en la obra y el sistema empleado. Cuatro operarios pueden construir 20m^2 de estructuras de pared o de cubiertas a base de cerchas en un solo día. En el caso de ejecutar cubiertas con vigas de acero la superficie se reducirá a 18m^2/día, al igual que para la elaboración de forjados de vigas de acero. Por el contrario, para el caso de forjados mixtos hormigón-acero la superficie construida en un día por cuatro operarios aumentará a 40m^2.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

Por lo que respecta a la construcción de la estructura, pueden generarse ahorros teóricos de los plazos de hasta un 50% en comparación con la obra tradicional, en la que debe considerarse en tiempo de fraguado del hormigón.

En el caso de los forjados, la duración de ejecución de una prelosa apoyada en estructura de hormigón es equivalente a la construcción de la misma sobre una estructura de acero o a la de un forjado colaborante en un edificio de acero. Este periodo se multiplica por dos en los forjados realizados in situ (forjados reticulares o losas macizas) debido a la necesidad de una encofrado.

HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

El aumento en el grado de indefinición y la heterogeneidad entre los gremios colaboradores en la obra, provoca desviaciones en el tiempo y afecta proporcionalmente al coste.

Además, los tiempos de fraguado y las condiciones climáticas adversas afectan directamente a los tiempos de ejecución, imposibilitando cualquier oportunidad de acelerar el proceso en obra.

Las obras realizadas in situ pueden prolongarse entre uno y dos años, dependiendo de la envergadura de estas.

A.5. TIEMPO

f.2. TIEMPO EN CONSTRUCCIÓN EN OBRA

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	El sistema más rápido para construir un edificio compuesto de pequeños espacios y de reducida luces. Estos se fabrican en planta y se trasladan a la obra, finalizando con su montaje. Es muy adecuado para casos como escuelas en los que deban finalizarse la obra en pocos meses.
MIXTO	Es el sistema más rápido en caso de que la tipología de uso del edificio requiera espacios de grandes luces, de modo que el sistema pueda adaptarse por medio de módulos a los espacios de pequeñas dimensiones, y mediante paneles a los ambientes diáfanos y libres de pilares o muros.
PANELES	El periodo de ejecución en obra es mayor que en el caso de los módulos, ya que habrán de realizarse in situ las uniones entre los paneles horizontales y verticales.
ELEMENTOS LINEALES	Dependiendo del volumen y el peso de los elementos lineales, la obra se realizará con mayor o menor rapidez. En casos en los que los perfiles sean grandes y pesados, su manipulación será más compleja, aumentando el tiempo en obra. Por el contrario, los sistemas como LSF serán más ágiles.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	En caso de que las instalaciones y los acabados se monten en fábrica, el tiempo de ejecución en el solar se reducirá drásticamente, limitando el periodo de obra a la fijación entre los elementos y a la realización del acabado entre uniones.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Los obras industrializadas que efectúen la colocación de sus instalaciones y acabados en obra aumentarán en tiempo construcción en el solar.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	La obra seca permite la eliminación del tiempo de fraguado, reduciendo la duración de la fase de obra.
OBRA SEMI HÚMEDA	La obra húmeda exige un periodo de fraguado, por lo que el montaje en el solar se prolongará en el tiempo.

A.5. TIEMPO

f.3. TIEMPO EN EL DESMONTAJE O DERRIBO

Disminución en la duración del desacoplamiento de las piezas prefabricadas o de la demolición total del edificio.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

Un edificio ejecutado mediante construcción industrializada es la que menos tiempo de desmontaje supone para cualquier derribo de un edificio.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

Dependiendo del grado de industrialización de los diferentes elementos constructivos del edificio será más o menos sencillo su desmontaje. Cuantos más elementos se hayan ejecutado in situ será más complejo y se alargará más en plazos su desmontaje y al revés.

IN SITU

-2

Un edificio construido in situ es el que más penaliza cuando éste debe derribarse, debido a las dificultades de desmontar los diferentes elementos constructivos unidos in situ, que conlleva alargarse en el plazo de derribo además de los residuos y molestias generadas en el entorno.

A.5. TIEMPO

f.3. TIEMPO EN EL DESMONTAJE O DERRIBO

Disminución en la duración del desacoplamiento de las piezas prefabricadas o de la demolición total del edificio.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	4	4	4	3	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
0	2	2	3	3	0

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	3	0

A.5. TIEMPO

f.3. TIEMPO EN EL DESMONTAJE O DERRIBO

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Los sistemas mediante paneles de madera contralaminada resultan bastante fácilmente desmontables. Estos paneles suelen cubrirse mediante trasdosados de cartón yeso que resultan también sencillos de desmontar. El único inconveniente puede ser con los forjados de CLT a los que se suelen añadir una capa de compresión de hormigón lo cual no haría tan sencilla su desmontaje.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Igualmente los sistemas mediante entramado ligero de madera resultan bastante fácilmente desmontables. Suelen también cubrirse mediante trasdosados de cartón yeso que resultan también sencillos de desmontar.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Resulta un sistema relativamente sencillo de desmontar, especialmente si se trata de uniones atornilladas, frente a las soldadas.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	De manera similar al entramado ligero de madera se trata de un sistema que resultan bastante fácilmente desmontable. Suelen también cubrirse mediante trasdosados de cartón yeso que resultan también sencillos de desmontar.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	Resulta un sistema relativamente sencillo de desmontar, si bien, si las uniones se realiza mediante hormigón in situ en lugar de mediante uniones metálicas, la desmontabilidad del sistema se complejiza de una manera importante especialmente.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Es el sistema mas desaconsejable en cuanto a su desmontabilidad. Se deben demoler y derribar los diferentes sistemas constructivos que generan grupos monolíticos que provocan que no se pueda desmontar y que la única solución sea el derribo o demolición, con los consecuentes inconvenientes que se generan en cuanto a generación de residuos, largo plazos, y molestias en el entorno.

A.5. TIEMPO

f.3. TIEMPO EN EL DESMONTAJE O DERRIBO

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	La construcción por medio de módulos favorece una disminución en el tiempo de desmontaje del edificio, ya que se retiraran estancias completas.
MIXTO	La ejecución mixta mediante paneles y módulos, mayor tiempo de desmontaje que la ejecutada por módulos.
PANELES	La edificación por medio de paneles aumenta el tiempo de desmontaje respecto a las dos anteriores, debiendo separar los paneles horizontales de los verticales.
ELEMENTOS LINEALES	La construcción de edificios mediante elementos lineales, ya sean ligero o pesados, requerirán de mayor tiempo para su colocación en obra.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Los edificios que se compongan de elementos o volúmenes prefabricados, que contengan acabados e instalaciones que hayan sido incorporados en fábrica, facilitarán el desmontaje, ya que podrán ser trasladados a planta para realizar el desmontaje final.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Los acabados e instalaciones dispuestos en la fase de obra aumentan el tiempo de desmontaje, ya que estas deben desprenderse de la estructura en la propia obra.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	Al tratarse de una obra seca, únicamente habrá de desunir las piezas o volúmenes prefabricados.
OBRA SEMI HÚMEDA	Al ser una obra semi húmeda, habrá de picar las zonas dispuesta con hormigón vertido, aumentando el tiempo.

A.5. TIEMPO

f.4. CONTROL EN LOS PLAZOS DE EJECUCIÓN

Aumento de la verificación y registro de los periodos establecidos para la ejecución de cada una de las tareas a realizar en obra, de modo que la duración de cada actividad se programe desde el inicio y se lleve a cabo bajo esa planificación. A medida que la cantidad de labores a efectuar en obra aumente, existirá mayor posibilidad de que se generen imprevistos en los plazos de entrega del edificio.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

La construcción industrializada permite una garantía de plazo de entrega que evita sorpresas desgraciadamente habituales y poco agradables, muy típicas dadas las variaciones que caracterizan al sector de la construcción.

La previsibilidad, es decir el numero de proyectos terminados a tiempo y sin modificación del presupuesto, mejora en un 20% en comparación con la obra in situ.

El plazo de entrega vendrá determinado desde la firma del contrato, ya que la empresa prefabricadora es conocedora de sus tiempos para la fabricación de las diferentes piezas que compondrán el edificio, además de que estas se realizarán bajo situaciones controladas que no afectarán a la prolongación del plazo.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

La incorporación de cierta cantidad de elementos prefabricados ayuda a garantizar que los plazos se cumplan, aunque pueden seguir existiendo variaciones, ya que gran parte de las tareas son in situ.

Este factor variará en las características y dimensiones de los componentes prefabricados.

IN SITU

-2

La construcción tradicional provoca habituales e imprevistos aumentos en los plazos de entrega del edificio, generando molestias a los futuros usuarios de las instalaciones, así como aumentando el costo final, ya que habrá de hacer frente a todos los gastos (mano de obra, maquinaria, etc.) una vez finalizado el plazo establecido.

BIBLIOGRAFÍA

— Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. Puesta en obra y aceptación en España. Santiago Inat Trigueros. (2011)

A.5. TIEMPO

f.4. CONTROL EN LOS PLAZOS DE EJECUCIÓN

Aumento de la verificación y registro de los periodos establecidos para la ejecución de cada una de las tareas a realizar en obra, de modo que la duración de cada actividad se programe desde el inicio y se lleve a cabo bajo esa planificación.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	4	3	4	4	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
0	2	2	3	3	0

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	3	0

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)

A.5. TIEMPO

f.4. CONTROL EN LOS PLAZOS DE EJECUCIÓN

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Al tratarse de un sistema muy industrializado y cerrado, se garantiza desde el proceso de diseño el plazo de entrega, evitando demoras o aplazamiento. Aunque no es habitual, este control en los plazos de ejecución puede verse afectado por imprevistos ocurridos en la fase de construcción, como errores en las dimensiones o en el diseño de las piezas.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Al tratarse de un sistema muy industrializado y cerrado, se garantiza desde el proceso de diseño el plazo de entrega, evitando demoras o aplazamiento. Aunque no es habitual, este control en los plazos de ejecución puede verse afectado por imprevistos ocurridos en la fase de construcción, como errores en las dimensiones o en el diseño de las piezas en caso de tratarse de paneles o módulos prefabricados. Aunque no es habitual, en caso de ejecutarse por medio de elementos lineales, existen mayores probabilidades de que ocurran desviaciones en los plazos.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Se garantiza desde el proceso de diseño el plazo de entrega, evitando demoras o aplazamiento. Aunque no es habitual, este control en los plazos de ejecución puede verse afectado por imprevistos ocurridos en la fase de construcción, como errores en las dimensiones o en el diseño de las piezas en caso de tratarse de paneles o módulos prefabricados. Aunque no es habitual, en caso de ejecutarse por medio de elementos lineales, existe mayor probabilidades de que ocurran desviaciones en los plazos.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Al tratarse de un sistema muy industrializado y cerrado, se garantiza desde el proceso de diseño el plazo de entrega, evitando demoras o aplazamiento. Aunque no es habitual, este control en los plazos de ejecución puede verse afectado por imprevistos ocurridos en la fase de construcción, como errores en las dimensiones o en el diseño de las piezas en caso de tratarse de paneles o módulos prefabricados. Aunque no es habitual, en caso de ejecutarse por medio de elementos lineales, existe mayor probabilidades de que ocurran desviaciones en los plazos.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	Al tratarse de un sistema muy industrializado y cerrado, se garantiza desde el proceso de diseño el plazo de entrega, evitando demoras o aplazamiento. Aunque no es habitual, este control en los plazos de ejecución puede verse afectado por imprevistos ocurridos en la fase de construcción, como errores en las dimensiones o en el diseño de las piezas.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Este sistema constructivo puede, y suele, verse afectado por una serie de imprevistos que pueden generar retrasos en los plazos de entrega del edificio, por lo que el control será menor. Las condiciones climáticas, como la compleja planificación de la gran cantidad de tareas que deban realizarse, pueden, y suelen, suponer desviaciones en los plazos.

A.5. TIEMPO

f.4. CONTROL EN LOS PLAZOS DE EJECUCIÓN

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Debido a la escasez de tareas a realizar en obra, el edificio se ajustará en gran medida a los plazos marcados.
MIXTO	Aunque no es habitual, dependiendo de la cantidad de módulos empleados, mayor o menor, puede haber riesgo de que los plazos pueden verse ligeramente afectados.
PANELES	Aunque no es habitual, debido al aumento en la cuantía de tareas a realizar en obra, existen más posibilidades de que ocurran desviaciones en los plazos.
ELEMENTOS LINEALES	Al tratarse de una ejecución más abierta, puede haber más probabilidades de que ocurran cambios en los plazos.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La reducción de las tareas a realizar en obra existirá mayor control en los plazos de ejecución.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Debido a las nuevas tareas que suponen la colocación de las instalaciones y los acabados, y aunque no es habitual, existe mayor posibilidad de imprevistos en los plazos.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	Las tareas de unión entre elementos requieren de trabajos sencillo, respetando los plazos.
OBRA SEMI HÚMEDA	Aunque no es habitual, las uniones húmedas pueden generar variaciones en los plazos.

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.1. CONSUMO ENERGÉTICO

Disminución del consumo energético generado desde la extracción de los materiales hasta la finalización de la obra, sin tener en cuenta la cuantía derivada del transporte desde fábrica hasta la obra. Este impacto es de gran importancia debido a que la construcción consume el 30% de la energía empleada por la sociedad en Europa, y un 17% en Euskadi, debido al alto de peso del sector industrial en nuestro país.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

La obra industrializada disminuye drásticamente el consumo energético generado desde la extracción de los materiales hasta la finalización de la obra.

Las construcciones industrializadas, con materiales o incluso piezas totalmente industrializadas y muy ligeras, se produce una serie de ahorros que son muy relevantes y nada menospreciables en el consumo energético durante la ejecución de la obra.

Este ahorro en el consumo eléctrico durante el proceso de la obra, deriva de conceptos de montaje de encofrados, montaje de armaduras, vibrado del hormigón, etc.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

La obra semi industrializada genera menor gasto eléctrico que la obra in situ, debido a la incorporación de ciertas pieza prefabricadas.

La incorporación de elementos producidos en fabrica disminuye los procesos a realizar en obra, como el montaje del encofrado o andamiaje, el vibrado del hormigón, etc.

IN SITU

-2

La obra tradicional genera gran consumo energético derivado del proceso de transformación y construcción desde la extracción de los materiales hasta la finalización de la obra.

Este aumento en la energía consumida ocurre debido al los requerimientos eléctricos que precisa el propio material para su extracción y transformación, así como por los procesos llevados a cabo en la etapa de obra, como la colocación de encofrados, el montaje de andamios o armaduras, el vibrado del hormigón, etc.

BIBLIOGRAFÍA

— Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. Puesta en obra y aceptación en España. Santiago Inat Trigueros. (2011)

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.1. CONSUMO ENERGÉTICO

Disminución del consumo energético generado desde la extracción de los materiales hasta la finalización de la obra, sin tener en cuenta la cuantía derivada del transporte desde fábrica hasta la obra. Este impacto es de gran importancia debido a que la construcción consume el 30% de la energía empleada por la sociedad, y un 17% en Euskadi, debido al alto de peso del sector industrial en nuestro país.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	4	2	2	2	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
2	2	2	3	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

- Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)
- Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. Puesta en obra y aceptación en España. Santiago Inat Trigueros. (2011)
- Madera y cambio climático. Análisis del ciclo de vida de la madera como material alternativo. Gobierno Vasco. (2009)

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.1. CONSUMO ENERGÉTICO

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

En términos de energía por etapa del sistema de madera, destaca la importancia del gasto energético producido desde la extracción de la materia prima hasta su primera trasformación (tala de coníferas, traslado a serrería y fabricación de los tableros. Por el contrario, la segunda transformación (transformación a panel contralaminado por ejemplo) tiene un requerimiento menor.

En este proceso, la utilización de combustibles fósiles es muy escasa, por lo que el consumo energético se reduce en un 80% respecto a los procesos de fabricación de materiales como hormigón, ladrillo o metal.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

El ahorro energético derivado de este sistema ocurre debido por una parte a no ser necesaria la maquinaria auxiliar (solo en momento puntuales en los que así se precise) y por otro lado a no presentar grandes problemas de transporte.

En términos de energía por etapa del sistema de madera, destaca la importancia de la primera transformación, donde ocurre casi el 75% del consumo energético. En la segunda transformación tiene un requerimiento de más del 23%.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

Debido a que en la producción del acero se emplea mayor cantidad de arrabio que de chatarra, la cantidad de energía consumida aumentará considerablemente, ya que esta cuantía aumenta en las ocasiones en que la materia deba ser extraída en comparación con la reciclada. Por ello, a la hora de integrar este sistema constructivo en la construcción de un edificio, deberían seguirse dos pautas. Por una parte se debería considerar la reducción de la cantidad de acero empleado, y por otra parte habrá de optarse por aceros de mayor cantidad de acero reciclado incorporado. A pesar de todo ello, el acero consume grandes cantidades de energía en su elaboración.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

El acero requiere de grandes cantidades de energía en su elaboración.

Hay que tener también en cuenta que el reducido peso de los perfiles, y su gran cantidad de material reciclado incorporado, unido a la reducida maquinaria auxiliar necesaria (solo en momento puntuales en los que así se precise), y la ausencia de grandes problemas de transporte.

En cualquier caso su demanda energética para su fabricación penaliza bastante esta opción.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

Este sistema constructivo tiene un consumo energético asociado a la obtención de los materiales utilizados 1,6 veces mayor que la obra tradicional. Esto deriva del aumento en la proporción de cemento empleado en este sistema.

Del mismo modo, parte del consumo energético deriva de la producción del acero, por lo que en caso de reducir su cuantía requerida en la estructura, podrá reducirse el consumo energético. Por ello es conveniente limitar la longitud de las vigas (o luces) a una dimensión optima, de modo que se reduzca la cantidad de armadura que trabaje a flexión.

HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

Este sistema constructivo tiene un consumo energético asociado a la obtención de los materiales utilizados 1,6 veces menor que la obra industrializada. Esto deriva de la reducción en la proporción de cemento empleado en este sistema.

En términos de energía por etapa del sistema de hormigón, el principal requerimiento energético lo constituye la producción del cemento, con un 52% sobre el total, a tiempo que la producción del acero supone un 45% de requerimiento de energía primaria. La puesta en obra asume tanto gasto energético como el establecido para la producción del acero.

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.1. CONSUMO ENERGÉTICO

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Es el sistema que más optimiza tanto la energía utilizada en su fabricación así como los residuos generados.
MIXTO	El sistema optimiza la energía utilizada en su fabricación así como los residuos generados.
PANELES	El sistema optimiza la energía utilizada en su fabricación así como los residuos generados.
ELEMENTOS LINEALES	El sistema optimiza la energía utilizada en su fabricación así como los residuos generados.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.2. CALENTAMIENTO GLOBAL

Minoración de las emisiones de CO_2 emitidas a la atmósfera, desde la extracción de los materiales hasta su colocación en obra, eludiendo el transporte de fábrica a obra. Tenido en cuenta que hasta el 45% de las emisiones son producidas por la construcción, este se convierte en un factor insoslayable.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

La obra industrializada disminuye drásticamente las emisiones de CO_2 generadas desde la extracción de los materiales hasta la finalización de la obra.

En las construcciones industrializadas, con materiales o incluso, se producen una serie de ahorros que se resumen de la siguiente manera. Para la extracción y fabricación del material, la construcción en hormigón (sea en construcción industrializada o convencional) las emisiones de CO_2 son similares (600,5 $KgCO_2/m^2$ en convencional y 615,48 $KgCO_2$ en prefabricada) En madera se reduce considerablemente a 292,85 $KgCO_2/m^2$ y en acero sube a 708,66$KgCO_2/m^2$. Durante la ejecución de obra los datos son notorios: 43,21 $KgCO_2/m^2$ la convencional y entre 1,49 y 1,73$KgCO_2/m^2$ para madera, acero y hormigón prefabricado.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

La obra semi industrializada genera menores emisiones de CO_2 que la obra in situ, debido a la incorporación de ciertas pieza prefabricadas.

La incorporación de elementos producidos en fabrica disminuye los procesos a realizar en obra, como el montaje del encofrado o andamiaje, el vibrado del hormigón, etc.

IN SITU

-2

La obra tradicional genera grandes emisiones de CO_2 derivado del proceso de transformación y construcción desde la extracción de los materiales hasta la finalización de la obra.

Este aumento en las emisiones ocurre debido al los requerimientos eléctricos que precisa el propio material para su extracción y transformación, así como por los procesos llevados a cabo en la etapa de obra, como la colocación de encofrados, el montaje de andamios o armaduras, el vibrado del hormigón, etc.

BIBLIOGRAFÍA

— La sostenibilidad en la construcción industrializada. La construcción modular ligera aplicada a la vivienda. Gerardo Wadel. (2009)

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.2. CALENTAMIENTO GLOBAL

Minoración de las emisiones de CO_2 emitidas a la atmósfera, desde la extracción de los materiales hasta su colocación en obra, eludiendo el transporte de fábrica a obra. Tenido en cuenta que hasta el 45% de las emisiones son producidas por la construcción, este se convierte en un factor insoslayable.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	4	2	3	1	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
2	2	2	3	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)
- Madera y cambio climático. Análisis del ciclo de vida de la madera como material alternativo. Gobierno Vasco. (2009)

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.2. CALENTAMIENTO GLOBAL

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

Las emisiones de CO_2, desde la extracción de la materia prima hasta su primera trasformación (tala de coníferas, traslado a serrería y fabricación de los tableros) es mucho mayor que la segunda transformación (transformación a panel contralaminado).

En este proceso, la utilización de combustibles fósiles es muy escasa, por lo que las emisiones de CO_2 se ven ampliamente reducidas respecto a los procesos de fabricación de materiales como hormigón, ladrillo o metal. Además, en caso de sumar la absorción de CO_2 de la madera, el resultado seria mucho más favorable.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

Las emisiones de CO_2, desde la extracción de la materia prima hasta su primera trasformación) tala de coníferas, traslado a serrería y fabricación de los tableros) es mucho mayor que la segunda transformación (transformación a elementos de entramado).

En este proceso, la utilización de combustibles fósiles es muy escasa, por lo que las emisiones de CO_2 se ven ampliamente reducidas respecto a los procesos de fabricación de materiales como hormigón, ladrillo o metal. Además, en caso de sumar la absorción de CO_2 de la madera, el resultado seria mucho más favorable.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

Para la producción del acero se emplea mayor cantidad de arrabio que de chatarra, lo que aumenta considerablemente el impacto de calentamiento global. Por ello, a la hora de integrar este sistema constructivo en la construcción de un edificio, deben seguirse dos pauta: Por una parte se considerará la reducción de la cantidad de acero empleado, y por otra parte habrá de optarse por aceros de mayor cantidad de acero reciclado incorporado.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

La reducción de las emisiones de CO_2 respecto al sistema de acero estructural se debe a la innecesaridad de maquinaria auxiliar (solo en momento puntuales en los que así se precise), la ausencia de grandes problemas de transporte, el reducido peso de los perfiles, y su gran cantidad de material reciclado incorporado.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

Las emisiones derivadas de la producción de la estructura de este sistema constructivo produce un impacto sobre el potencial de calentamiento global 1,5 veces mayor que la obra tradicional.

El elemento de mayor emisión de CO_2, desde la fase de extracción hasta la producción de la pieza prefabricada, es la estructura. Los porcentajes de emisión por cada material extraído son las siguientes: Acero (30,64%), hormigón (69,23%), mortero de cemento (0,13%). Esto se explica debido a la descarbonatación de la piedra caliza que tiene lugar durante la producción del clinker.

HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

La fase de producción de la estructura este sistema constructivo produce un impacto sobre potencial de calentamiento global 1,5 veces menor que el sistema de hormigón prefabricado.

El material de mayor emisión de CO_2, desde la fase de extracción hasta su producción es el hormigón, debido a que es el que se usa en mayor cantidad y peso. Los porcentajes de emisión por cada material son los siguientes: Acero (21,62%), hormigón (60,78%), bovedillas (17,61%). Esto se explica debido a la descarbonatación de la piedra caliza que tiene lugar durante la producción del clinker.

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.2. CALENTAMIENTO GLOBAL

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Es el sistema que más minimiza las emisiones de CO_2 y su impacto en el calentamiento global ya que es el que más optimiza tanto la energía utilizada en su fabricación así como los residuos generados.
MIXTO	El sistema minimiza las emisiones de CO_2 y su impacto en el calentamiento global ya que optimiza tanto la energía utilizada en su fabricación así como los residuos generados.
PANELES	El sistema minimiza las emisiones de CO_2 y su impacto en el calentamiento global ya que optimiza tanto la energía utilizada en su fabricación así como los residuos generados.
ELEMENTOS LINEALES	El sistema minimiza las emisiones de CO_2 y su impacto en el calentamiento global ya que optimiza tanto la energía utilizada en su fabricación así como los residuos generados.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.3. IMPACTO DEL TRANSPORTE

Reducción del los costes ambientales derivados del transporte, el cual interviene en dos momentos básicos del proceso de construcción: un primer movimiento, que es el que efectúan las materias primas desde su lugar de extracción hasta el de fabricación de los productos, y un segundo desplazamiento, representado por el trayecto que realizan estos últimos desde la fábrica hasta el lugar donde se encuentra la obra a construir.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

En el sistema industrializado la cantidad de camiones a desplazar a la obra es menor. En consecuencia las molestias a los vecino disminuirán, al igual que el impacto ambiental.

Los camiones transportados se verán limitados por el recorrido que deban realizar, considerando los gálibos y las cargas máximas de los puentes. Dependiendo del sistema industrializado este inconveniente puede variar.

Se empleará desde transporte convencional hasta especial, dependiendo de las características del diseño estructural del edificio así como sus dimensiones.

Sin embargo, se recomienda la utilización de transporte convencional para facilitar su recorrido hasta la obra, como para disminuir el costo económico y ambiental.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

Los camiones que transporten piezas prefabricadas que se integrarán en la obra, se verán limitados por las condiciones del itinerario hasta el solar, por variables de gálibo y cargas máximas.

Puede emplearse tanto el transporte de dimensiones convencionales hasta el especial, dependiendo de las necesidades estructurales de la construcción.

No obstante, es aconsejable evitar el transporte especial debido a su complejidad en el recorrido hasta el solar, así como por el aumento del costo económico y ambiental.

IN SITU

-2

En la obra realizada in situ se desplazarán más camiones al solar en el que se efectúe la construcción, de modo que las molestias a los residentes serán mayores, así como las emisiones generadas.

Las hormigoneras serán de menor tamaño, al igual que las piezas transportadas hasta la obra (como ladrillos, tejas, laminas, armaduras, etc.)

BIBLIOGRAFÍA

— La sostenibilidad en la construcción industrializada. La construcción modular ligera aplicada a la vivienda. Gerardo Wadel. (2009)

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.3. IMPACTO DEL TRANSPORTE

Reducción del los costes ambientales derivados del transporte, el cual interviene en dos momentos básicos del proceso de construcción : un primer movimiento, que es el que efectúan las materias primas desde su lugar de extracción hasta el de fabricación de los productos, y un segundo desplazamiento, representado por el trayecto que realizan estos últimos desde la fábrica hasta el lugar donde se encuentra la obra a construir.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	4	1	2	1	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
1	2	2	2	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	3	0

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.3. IMPACTO DEL TRANSPORTE

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	La madera, supone menor peso que otros sistemas constructivos, como el acero estructural, el hormigón prefabricado o el elaborado in situ, por lo que se genera un ahorro en el combustible, y por lo tanto el impacto ambiental se verá reducido proporcionalmente.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	El entramado de madera destaca por su ligereza (al igual que el sistema de Light Steel Framing), por lo que supone menor peso que otros sistemas constructivos, como el acero estructural, el hormigón prefabricado o el elaborado in situ. En consecuencia, se genera un ahorro en el combustible, y por lo tanto el impacto ambiental se verá reducido proporcionalmente.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Aunque su peso es mayor que el de los sistemas de entramado ligero, sigue siendo menor que el del hormigón prefabricado o ejecutado in situ, por lo que repercutirá en el consiguiente ahorro de combustible y reducción del impacto ambiental.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	El entramado de acero ligero destaca por su ligereza (al igual que el sistema de Wood Framing), por lo que supone menor peso que otros sistemas constructivos, como el acero estructural, el hormigón prefabricado o el elaborado in situ. Además, debido a que el modo de ejecución más normalizado en el País Vasco para este sistema consta de finos y apilables elementos lineales, los cuales pueden trasladarse en camiones de pequeñas dimensiones. Por estas dos razones, la cuantía de combustible requerido disminuye favorablemente, reduciendo el impacto ambiental.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	En comparación con la construcción tradicional, el impacto del transporte es menor, debido a que disminuye la cantidad de camiones y hormigoneras desplazados a obra.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	El impacto del transporte es mayor, debido a que los traslados de todos los componentes y materiales necesarios para la ejecución de la construcción, la cantidad de camiones a desplazar es mayor que en la obra con hormigón prefabricado. El rendimiento de la hormigonera, 6m^3 por viaje, también es menor en comparación con los camiones empleados para el prefabricado.

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.3. IMPACTO DEL TRANSPORTE

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Genera importantes emisiones de CO_2, debido a la necesidad de un camión por cada uno o dos módulos. La construcción modular se verá rentabilizada si el objetivo es emplear el menor tiempo posible en la fase de obra.
MIXTO	Genera menores emisiones, ya que disminuye la cantidad de camiones a emplear frente a la anterior opción. Estos módulos pueden constituir los recintos que mayor ejecución o elaboración necesiten, como baños, vestuarios, cocinas, etc.
PANELES	Es la solución que menor impacto genera, debido a que los paneles pueden apilarse uno al lado del otro, optimizando los traslados en camión.
ELEMENTOS LINEALES	Dependiendo del peso y tamaño de estas piezas pueden generar menor impacto ambiental que incluso el transporte de paneles, ya que pueden trasladar se camiones de menor tonelaje.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	Genera menores emisiones de CO_2 derivado de la eliminación de hormigón en su fase de construcción.
OBRA SEMI HÚMEDA	Genera mayores emisiones de CO_2 debido a la utilización de hormigón.

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.4. RESIDUOS FIN DE VIDA

El sistema permite la reducción en la cantidad de residuos generados durante la ejecución de la obra. La construcción representa el 30% de los residuos generados en la sociedad, por lo que reducir este valor se convierte en un reto totalmente necesario. Cada metro cuadrado construido supone una media de 0,8 toneladas de residuo generado por metro cuadrado. Por otro lado, la construcción industrializada es la única forma de avanzar significativamente en la prevención de residuos en el sector de la construcción.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

Los sistemas industrializados facilitan el desmontaje de las diferentes piezas prefabricadas, de modo que pueda realizarse una separación selectiva y su posterior reutilización o reciclaje.

Para ello, se utilizarán fijaciones atornilladas, y únicamente se fijaran por adherencia los materiales que tengan el mismo potencial de reciclabilidad.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

Este sistema facilita la correcta gestión de residuos para ciertas partes del edificios, en la que las piezas puedan ser prefabricadas.

Dependiendo del tipo de uniones (secas o húmedas) con las que se hayan fijado las piezas prefabricadas a la estructura del edificio, facilitarán o dificultaran la separación por materiales.

IN SITU

-2

Las técnicas in situ no facilitan la correcta gestión de residuos en el fin de vida del edificio.

La obra in situ es el sistema constructivo que mayor cantidad de residuos genera, debido a que no existe la posibilidad de desmontar para su posterior reutilización. Los residuos generados en una demolición, sólo después del imprescindible tratamiento en plantas de valorización especializadas puede alcanzar cotas superiores al 90%, con un coste significativo para toda la cadena de valor, que puede disminuir únicamente con deconstrucción y separación selectiva de las distintas corrientes de residuos en origen, preceptiva en Euskadi.

BIBLIOGRAFÍA

- La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: cerrando el ciclo de los materiales. G. Wadel. (2009)
- Monografía sobre residuos de la construcción y demolición. Ihobe. (2004)
- Aplicación EEH Aurrezten. Ihobe. (2004)
- Manual para la redacción de Estudios de Gestión de Residuos. (2014)
- Manual para la redacción e implantación de Planes de Gestión de Residuos. Ihobe (2015)

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.4. RESIDUOS FIN DE VIDA

El sistema permite la reducción en la cantidad de residuos generados durante la ejecución de la obra. La construcción representa el 30 % de los residuos generados en la sociedad, por lo que reducir este valor se convierte en un reto totalmente necesario.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
5	5	4	5	4	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
1	3	3	3	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	3	0

BIBLIOGRAFÍA

— Monografía sobre residuos de la construcción y demolición. Ihobe. (2004)

— Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)

— Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. Puesta en obra y aceptación en España. Santiago Inat Trigueros. (2011)

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.4. RESIDUOS FIN DE VIDA

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Se recicla el 100% y se reutiliza el 100%, por lo que la generación de residuos en su fin de vida es mínima. Esto ocurre debido a la posibilidad de desmontaje del edificio, que facilita la separación de los materiales. Permite por tanto la sistematización de la reutilización de componentes. A veces, los residuos producidos se valorizan en la industrial de otros sectores como perfumería, látex, tintes, resinas e, incluso la industria farmacológicas. Además, se calcula que la mitad de la fuente energética utilizada para la fabricación de productos de la madera, corcho y papel proviene de la combustión del propio residuos, lo cual implica su valorización, un ahorro en el uso de combustibles fósiles y, por ello, una disminución de residuos generados.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Se recicla el 100% y se reutiliza el 100%, por lo que la generación de residuos en su fin de vida es mínima. Esto ocurre debido a la posibilidad de desmontaje del edificio, que facilita la separación de los materiales. A veces, los residuos producidos se reutilizan en la industrial de otros sectores como perfumería, látex, tintes, resinas e, incluso la industria farmacológicas. Además, se calcula que la mitad de la fuente energética utilizada para la fabricación de productos de la madera, corcho y papel proviene de la combustión del propio residuos, lo cual implica su valorización, un ahorro en el uso de combustibles fósiles y, por ello, una disminución de residuos generados.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	En cuanto a la estructura metálica del edificio, se recicla el 100% y se reutiliza el 100% (sin perder sus propiedades mecánicas), por lo que la generación de residuos es mínima. Esto ocurre debido a la posibilidad de desmontaje del edificio, que facilita la separación de los materiales y su posterior reutilización o reciclaje. En el caso del resto de componentes del edificio, su reciclaje puede ser más complejo dependiendo de los materiales empleados. En caso de forjado prefabricados totalmente secos, la separación por materiales será más sencilla.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Se recicla el 100% y se reutiliza el 100% (sin perder sus propiedades mecánicas), por lo que la generación de residuos es mínima. Esto ocurre debido a la posibilidad de desmontaje del edificio, que facilita la separación de los materiales y su posterior reutilización o reciclaje.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	Se recicla el 100% y se reutiliza el 100%, por lo que la generación de residuos es mínima. Esto ocurre debido a la posibilidad de desmontaje del edificio, que facilita la separación de los materiales y su posterior reutilización o reciclaje.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Este tipo de obra no son desmontables, solo son destruibles mediante acciones que generan gran cantidad de residuos heterogéneos que es necesario valorizar mediante plantas especializadas, costes significativos. Solo tras esa valorización se puede llegar a porcentajes superiores al 90%. Sin ese proceso adicional, la reintroducción de los recursos es testimonial. Los costes y efectividad de la valorización de residuos de construcción disminuyen significativamente si se realiza el fin de vida mediante deconstrucción y separación selectiva en origen de las distintas corrientes de residuos generados, preceptiva por otra parte en Euskadi. Remarcar que en esta comunidad está prohibido el vertido de residuos sin tratar previamente.

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.4. RESIDUOS FIN DE VIDA

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Es el sistema que más minimiza la generación de residuos, tanto durante la fabricación, la puesta en obra, y el desmontaje o reutilización de los módulos.
MIXTO	El sistema minimiza la generación de residuos, tanto durante la fabricación, la puesta en obra, y el desmontaje o reutilización de los módulos.
PANELES	El sistema minimiza la generación de residuos, tanto durante la fabricación, la puesta en obra, y el desmontaje o reutilización de los módulos.
ELEMENTOS LINEALES	El sistema minimiza la generación de residuos, tanto durante la fabricación, la puesta en obra, y el desmontaje o reutilización de los módulos.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	Se reducirá drásticamente la cantidad de residuos en el fin de vida del edificio.
OBRA SEMI HÚMEDA	Aparecerán ciertos residuos en el fin de vida del edificio, los cuales se compondrán de hormigón y armaduras.

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.5. RECICLABILIDAD

La capacidad de reciclaje de los materiales integrados en cada sistema constructivo. La capacidad de reciclaje va completamente unida con el cierre del ciclo de los materiales, y actúa directamente sobre la reducción de los principales impactos ambientales (emisiones de CO_2, consumo de energía, generación de residuos, etc.). Este proceso está traccionado por las fuerzas del mercado, por instrumentos económicos y por legislación ambiental.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

Puede reciclarse hasta un 100% de los materiales que componen la construcción. Esta cantidad deriva de la posibilidad de desmontar y separar todos los materiales involucrados.

Para ello habrá de utilizar soluciones constructivas de fácil desmontaje, o bien, unir por adherencia solo aquellos materiales que tengan el mismo potencial de reciclabilidad.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

Se recicla sobre un 30% de los materiales integrados en el edificio (aunque varía dependiendo del grado de industrialización y de construcción in situ del edificio).

Por medio del reciclaje selectivo se separarán, tanto los elementos que hayan debido ser derruidos, como por ejemplo el hormigón y la cerámica incorporada en los tabiques y cerramiento, como los materiales que componen las piezas colocadas por medio de un sistema seco (puertas o ventanas prefabricadas, placas de pladur, perfilaría de aluminio, etc.).

IN SITU

-2

Sin valorización posterior a demolición, el reciclado es insignificante. Con valorización efectiva, y por tanto costes adicionales, se puede lograr un porcentaje de reciclaje superior a un 90 % en el que destaca la producción de áridos para todo tipo de usos, normalizados y tipificados en Euskadi a través de disposiciones normativas ad hoc.

BIBLIOGRAFÍA

- La sostenibilidad en la construcción industrializada. La construcción modular ligera aplicada a la vivienda. Gerardo Wadel. (2009)
- Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)
- Guías y aplicaciones sobre residuos de la construcción y demolición. Ihobe. (2004-2019).
- http://www.ihobe.eus

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.5. RECICLABILIDAD

La capacidad de reciclaje de los materiales integrados en cada sistema constructivo. La capacidad de reciclaje va completamente unida con el cierre del ciclo de los materiales, y actúa directamente sobre la reducción de los principales impactos ambientales (emisiones de CO_2, consumo de energía, generación de residuos, etc.)

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	4	4	4	1	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	3	1

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	3	1

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Guías sobre residuos de la construcción y demolición. Ihobe. (2004-2019)
- Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. Puesta en obra y aceptación en España. Santiago Inat Trigueros. (2011)

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.5. RECICLABILIDAD

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Podrá reciclarse el 100% de los materiales integrados en el sistema constructivo. Aunque en el caso de forjados de CLT unidos con una capa de hormigón sobre ellos, dificultaría su reciclabilidad. Este 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. Estos residuos de madera reciclados se emplearan como aislantes térmicos, biomasa, tableros aglomerados, etc.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Podrá reciclarse el 100% de los materiales integrados en el sistema constructivo. Este 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. Estos residuos de madera reciclados se emplearan como aislantes térmicos, biomasa, tableros aglomerados, etc.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Podrá reciclarse el 100% de los materiales integrados en el sistema constructivo, sin perder sus propiedades mecánicas, por lo que el acero reciclado podrá reconvertirse en otro perfil estructural y volver a formar parte de un edificio. Este 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.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Este sistema es 100% reciclable. La reciclabilidad del sistema varía dependiendo de los materiales que componen el sistema. Por ejemplo, puede reciclarse el 100% de los perfiles de acero y de las placas de yeso, por el contrario la reciclabilidad de aislamiento puede variar dependiendo del material. Por ejemplo la lana mineral blanca puede llegar al 100%. Este 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.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	Podrá reciclarse el 100% de los materiales integrados en el sistema constructivo. Aunque si las uniones se realizaron mediante hormigón in situ, dificultaría su reciclabilidad. Este 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.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Se reciclará más del 90%, sólo después de realizar una demolición selectiva y tras el subsiguiente proceso de valorización en planta especializada con costes adicionales. Los materiales procesados son fundamentalmente áridos para aplicaciones ligadas y no ligadas, reglamentadas en Euskadi a través de normativa específica técnica y ambiental. La separación selectiva post demolición es crítica y puede resultar muy dificultosa si el proceso de demolición no está convenientemente planificado. Cuanto antes se separen los residuos antes se rentabiliza el proceso. En Euskadi está prohibido el vertido de residuos de construcción sin tratar.

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.5. RECICLABILIDAD

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	No procede.
MIXTO	No procede.
PANELES	No procede.
ELEMENTOS LINEALES	No procede.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	El panel, modulo o pieza prefabricada, con instalaciones y acabados, se desanexionará de la totalidad del edificio para proceder a su traslado a fábrica, donde se separarán todas las piezas. Este proceso es más cómodo, lo que aumenta su reciclabilidad.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Su reciclabilidad disminuirá respecto a la opción opuesta. Todos los acabados e instalaciones se desmontarán en obra, aumentando el tiempo de desmontaje y reduciendo el control sobre la demolición selectiva realizada.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	La reciclabilidad aumentará debido a la facilidad en la separación de diferentes materiales.
OBRA SEMI HÚMEDA	La reciclabilidad disminuye debido a que algunos de los materiales serán complejos de separar entre si.

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.6. MATERIA PRIMA

Reducción de consumo de nueva materia prima, la cual se empleará para la producción de los diversos elementos que integran cada sistema constructivo.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+2

Este sistema aprovecha en gran medida la materia prima extraída.

La materia prima empleada para la producción de los elementos prefabricados, por lo general, proviene en gran medida de material reciclado.

Además, debido a que gran parte de la construcción ocurre en fábrica, y bajo circunstancias controlada, los residuos o la materia prima sobrante será mínima.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

Este sistema aprovecha en menor medida la material prima extraída, ya que su reciclaje es complejo para posteriores usos y, además, en obra se desaprovecha gran cantidad de residuos.

IN SITU

-2

La obra tradicional es el sistema constructivo que más materias primas consume, debido a su complejidad en la reciclabilidad, y la cantidad de materia desaprovechada en obra.

BIBLIOGRAFÍA

— Estudio comparativo entre distintas metodologías de industrialización de la construcción de viviendas. Diego Gómez Muñoz. (2008)

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.6. MATERIA PRIMA

Reducción de consumo de nueva materia prima, la cual se empleará para la producción de los diversos elementos que integran cada sistema constructivo.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	4	2	3	2	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Estudio comparativo entre distintas metodologías de industrialización de la construcción de viviendas. Diego Gómez Muñoz. (2008)

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.6. MATERIA PRIMA

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

La material prima consta mayormente de pino insignis (radiata) o abeto en forma de tableros, y cola. Las tablas tienen una longitud de no más de 6 metros y una sección igual o inferior a 400 mm x 200 mm.

Las tablas y largueros provienen de bosques con certificación PEFC, por lo tanto no proviene de material reciclado.

Al tratarse de un sistema de poco peso, generará menor consumo de materias primas. Además, la esta es renovable.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

El sistema esta compuesto por montantes y travesaños de madera laminada, y aislante térmico, el cual puede variar su composición dependiendo de las prestaciones exigidas.

Las madera provienen de bosques con certificación PEFC, y el aislamiento de material reciclado, como por ejemplo madera, algodón, papel de periódico, lana de oveja, corcho triturado, coco, plumas, vidrio, paja, etc.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

El sistema consta de perfiles laminados en caliente.

La materia prima de este sistema es el acero, el cual pude provenir de material reciclado. Aunque la capacidad de incorporación de material reciclado es del 100%, este valor variará dependiendo del territorio. Las empresas de Euskadi incorporan una median de entre el 10% y el 20% de chatarra y un 80%-90% arrabio. Por el contrario, en Europa estas cantidades se igualan a un 50% ambas.

En lo que respecta al resto de componentes del edificio, tanto su extracción como su capacidad de incorporar material reciclado,dependerá del material o sistema constructivo escogido.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

El sistema esta compuesto por perfiles de acero conformados en frió (para los cuales, y debido a su ligereza, se precisa de escasa materia prima), por aislamiento y por placas de yeso o tableros OSB.

Aunque gran parte de los elementos pueden contener casi un 100% de material reciclado, los datos de nuestro territorio son más bajos: El acero proviene de bobinas de chapa, de las que el 80% proviene de reciclado y el 20% restante de arrabio. Por lo que respecta al aislamiento, por ejemplo, en el caso de la lana de vidrio, el 75%-80% deriva de vidrio y arena reciclados. Por el contrario para la producción de las placas de yeso únicamente entre el 0% y el 10% proviene de reciclado.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

El sistema consta de un hormigón de mayor calidad que el utilizado en el sistema in situ y una armadura de acero corrugado. Se emplea entre un 0 y un 5% más de cemento y áridos más finos respecto a la obra convencional, compuestos por un 15% más de arena y un 12,5% menos de grava. Este aumento de la calidad provoca la disminución de armados. Por ejemplo, en los pilares la utilización del acero se reduce en un 35%-40% y en las placas alveolares un 75% respecto a forjados reticulares de construcción in situ. Hay un porcentaje que proviene de áridos reciclados, uso de humo de sílice y cenizas volantes, aspectos que minimizan el impacto ambiental del material.

HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

El sistema consta de hormigón vertido in situ, armaduras de acero corrugado, ladrillos cerámicos y mortero. El hormigón será de menor calidad que en el prefabricado, por lo que se usará menos cantidad de cemento y arena y mayor de grava.

La obra convencional es el sistema constructivo que mayor consumo de materia prima supone, debido a que su reciclabilidad en el fin de vida en muy compleja, y la cantidad de material desaprovecha en obra es mayor que en los sistemas industrializados.

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.6. MATERIA PRIMA

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	No procede.
MIXTO	No procede.
PANELES	No procede.
ELEMENTOS LINEALES	No procede.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.7. CAPACIDAD DE REUTILIZACIÓN

El sistema permite la ejecución en obra seca, de modo que los elementos pueden reutilizarse.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

La construcción industrializada permite una obra totalmente seca, facilitando el desmontaje y posterior reutilización de los elementos prefabricados.

Para ello, las fijaciones o uniones se realizaran por medio de tornillería o apoyo, creando nudos isostáticos mayormente.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

Algunas de las piezas incorporadas al edificio serán prefabricadas y, en caso de que se fijen por uniones mecánicas, podrán ser retiradas para su futura reutilización. Por el contrario, aquellos elementos fusionados con algún tipo de mortero u hormigón, perderán su capacidad de desmontaje, dejando de ser reutilizables.

IN SITU

-2

La obra in situ no permite su ejecución de manera seca, por lo que mayormente no existirá posibilidad de desmontaje sino de, como mucho, demolición selectiva.

BIBLIOGRAFÍA

— Estudio comparativo entre distintas metodologías de industrialización de la construcción de viviendas. Diego Gómez Muñoz. (2008)

— Monografía sobre residuos de la construcción y demolición. Ihobe. (2004)

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.7. CAPACIDAD DE REUTILIZACIÓN

El sistema permite la ejecución en obra seca, de modo que los elementos pueden reutilizarse.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
3	4	4	3	1	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
3	2	2	2	2	3

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	3	1

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Estudio comparativo entre distintas metodologías de industrialización de la construcción de viviendas. Diego Gómez Muñoz. (2008)
- Monografía sobre residuos de la construcción y demolición. Ihobe. (2004)

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.7. CAPACIDAD DE REUTILIZACIÓN

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	La capacidad de reutilización es del 100%, en el caso en que no se incorpore hormigón vertido para la realización del solado y todos los elementos se ensamblen por medio de fijaciones atornilladas o apoyos. La capacidad de desmontaje de este sistema (debido a ser una obra seca) permite la reutilización directa de elementos de construcción.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	La capacidad de reutilización es del 100%, en el caso en que se emplee un aislamiento adecuado, no se incorpore hormigón vertido para la realización del solado y todos los elementos se enlacen por medio de fijaciones atornilladas o apoyos. La capacidad de desmontaje de este sistema (debido a ser una obra seca) permite la reutilización directa de elementos de construcción.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	La capacidad de reutilización es del 100%, para los casos en los que no se ejecuten forjados de hormigón in situ y en los que los perfiles metálicos se unan con fijaciones atornilladas y no por soldadura. La capacidad de desmontaje de este sistema (debido a ser una obra seca) permite la reutilización directa de elementos de construcción.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	La capacidad de reutilización es del 100%, en el caso en que no se incorpore hormigón vertido y todos los elementos sean de fácil desmontaje. La capacidad de desmontaje de este sistema (debido a ser una obra seca) permite la reutilización directa de elementos de construcción.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	La capacidad de reutilización es del 100%, en caso de que las uniones sean secas y reversibles, como apoyos isostáticos o fijaciones atornilladas. La capacidad de desmontaje de este sistema (debido a ser una obra seca) permite la reutilización directa de elementos de construcción.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Este sistema perjudica la reutilización de los elementos constructivos del edificio, ya que permanecen fijados por medio de hormigón vertido o mortero, y son complejos de separar. La separación selectiva post demolición puede resultar muy dificultosa para la posterior reutilización de piezas, pero puede mejorarse mediante la práctica de demoliciones selectivos planificados, de modo que algunos de los elementos constructivos puedan reutilizarse, como cuadros de ventanas de piedra, ladrillos, rampas de escaleras, los cuales representan el 4% de la masa total del edificio y cuya reventa puede cubrir parte de los propios gastos de la separación selectiva.

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.7. CAPACIDAD DE REUTILIZACIÓN

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Los módulos pueden ser adecuados para la reutilización aunque menos que los elementos lineales, ya que son piezas menos estandarizadas las cuales se dimensionan para responder a ciertas necesidades dimensionales exigidas por el primer uso.
MIXTO	La combinación de paneles y módulos pueden ser adecuados para la reutilización aunque menos que los elementos lineales, ya que son piezas menos estandarizadas las cuales se dimensionan para responder a ciertas necesidades dimensionales exigidas por el primer uso.
PANELES	Los paneles pueden ser adecuados para la reutilización aunque menos que los elementos lineales, ya que son piezas menos estandarizadas las cuales se dimensionan para responder a ciertas necesidades dimensionales exigidas por el primer uso.
ELEMENTOS LINEALES	Este tipo de estructura responde a unas propiedades más estandarizadas que los anteriores, por lo que su reutilización será mas sencilla.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Las piezas o volúmenes prefabricados que incorporen instalaciones y acabados serán más complejas de reutilizar, su siguiente uso deberá tener cierta correlación con la anterior.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Los elementos prefabricados sin acabados ni instalaciones y más estandarizados serán mas sencillos de reutilizar, debido a que pueden estar diseñados para responder a diferentes usos o necesidades, sin aberturas para el paso de instalaciones.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	La reutilización será más sencilla, ya que las piezas podrán desmontarse con facilidad.
OBRA SEMI HÚMEDA	La reutilización será más compleja, debido a la incorporación de cierta cantidad de hormigón vertido.

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.8. GESTIÓN DE RESIDUOS

Aumento en el control de la Gestión de Residuos producidos en obra para asegurar la correcta separación de restos de diversos materiales. Para ello, se dispondrá de distintos contenedores que den respuesta a los materiales de diferente índole utilizados para la construcción del edificio.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

La construcción industrializada aumenta el control en la Gestión de Residuos en obra, y disminuye su generación.

Esto ocurre debido a que estos elementos prefabricados se producen en fábricas controladas y habitualmente se colocan en seco, generando poco materiales sobrantes en la obra. Por el contrario, la cantidad de residuos derivados de los embalajes aumenta, pero dado que estos son fácilmente valorizables, el propio suministrador del producto de construcción, o los recuperadores de residuos pueden recogerlos en la obra. Así, por ejemplo, la madera de los palets de transporte es un residuo reciclable, incluso valorizable energéticamente. Los residuos plásticos también son fácilmente valorizables

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

Al igual que en la obra de técnicas in situ, la Gestión de Residuos en obra se ve perjudicada debido a las características de ejecución de esta.

Las piezas o partes prefabricadas que se incorporen al edificio semi industrializado verán valorizados los restos que de estas se hayan desprendido en la fase de producción en fábrica. Por lo tanto, la Gestión de Residuos puede variar dependiendo de la cantidad de piezas prefabricadas.

IN SITU

-2

La construcción in situ disminuye la capacidad de control en la separación de los residuos en obra.

Los elementos de construcción convencional que se producen en la misma obra o que están formados por técnicas húmedas, es decir por medio del vertido de hormigón in situ, generan unos residuos que son reintegrables en el ciclo sólo tras una costosa valorización, tanto más cuanto menor y más tardía sea la separación de las distintas corrientes de residuos. En Euskadi el vertido de residuos sin tratar está prohibido, y si la valorización es ineficiente los costes de lo que al final haya que verter se verán indefectiblemente aumentados.

BIBLIOGRAFÍA

— Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.8. GESTIÓN DE RESIDUOS

Aumento en el control de la Gestión de Residuos producidos en obra para asegurar la correcta separación de restos de diversos materiales. Para ello, por obligación legal se dispondrá de un parque de residuos e obra que asegure la correcta separación y gestión ulterior de las distintas categorías de residuos generados en la construcción o reforma del edificio.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	4	4	4	2	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
1	2	2	3	3	1

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	3	0

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.8. GESTIÓN DE RESIDUOS

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Los residuos generados en obra se reducen en un 60% respecto a la obra tradicional y es 100% reciclable (Ideafabrik).
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Los residuos generados en obra se reducen en un 60% respecto a la obra tradicional y es 100% reciclable (Ideafabrik).
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	El 100% del residuo es reciclado y el acero estructural es 100% reciclable (Ideafabrik).
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Se trata de un material reciclado y es 100% reciclable. Los residuos en fábrica se reducen en un 40% respecto a sistemas convencionales. Los residuos generados en obra se reducen entre un 10% y un 13% en comparación con la obra convencional.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	Los residuos generados en fábrica se reducen en un 20% respecto a la obra tradicional, debido a la posibilidad de optimizar el material en una situación controlada. Se generan 1kg/m^3 de residuos sólidos de hormigón en la industria que van a gestores de residuos controlados. El hormigón fresco se utiliza para pavimentar zonas colindantes a la industria. Igualmente, la ejecución en obra de la fachada por medio de prefabricados de hormigón genera 6 veces menos residuos que en la convencional, la cual seria mediante ladrillo cerámico. Por el contrario, esta fachada prefabricada precisa de materiales que generan ciertos residuos peligrosos, como botes de silicona para la ejecución de las juntas entre los paneles, aunque es cierto que en la obra convencional también existiría cierta cantidad de estos productos debido su producción en fábrica y a la desaparición de desperdicios en obra.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	El coeficiente estándar de generación de residuos en una obra tradicional (todas las fases de obras) es 0,12 m^3/m^2 construido según el proyecto LIFE98 ENV/E/000352 "Programa de acciones técnicas para fomentar la valoración, minimización y selección de residuos originados en las obras de construcción y demolición" (0,6-0,8Tn/m^2).Su reintroducción en el ciclo productivo es significativamente la más cara y dificultosa de todas las opciones. Por otro lado, a diferencia de la construcción industrializada, las posibilidades de llevar a cabo labores de prevención de residuos, -la más valiosa de las variantes de gestión de residuos-, son muy reducidas.

A.6. MEDIO AMBIENTE

f.8. GESTIÓN DE RESIDUOS

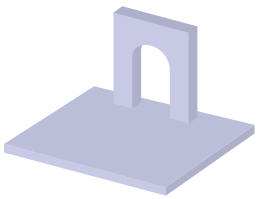
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	La construcción por módulos es la que más optimiza los materiales utilizados y residuos generados durante la fabricación.
MIXTO	La construcción por módulos y paneles optimiza considerablemente los materiales utilizados y residuos generados durante la fabricación.
PANELES	La construcción por paneles optimiza considerablemente los materiales utilizados y residuos generados durante la fabricación.
ELEMENTOS LINEALES	La construcción por elementos lineales no optimiza excesivamente, en el global de la obra, los materiales utilizados y residuos generados durante la fabricación.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Debido a que los elementos prefabricados llegan a obra con los acabados y las instalaciones, gran parte del control de la Gestión de Residuos se verificarán en fábrica, bajo comprobaciones más rigurosas.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La necesidad de un control en la Gestión de los Residuos aumenta debido a la recepción en obra de materiales de diferente índole para la constitución de los acabados e instalaciones, los cuales llegarán en embalajes que posteriormente deberán ser adecuadamente separados.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	La generación de residuos en obra disminuye considerablemente.
OBRA SEMI HÚMEDA	La ejecución de técnicas basadas en la utilización de materiales húmedos generan residuos poco valorizables.

A.7. CONDICIONES EN OBRA



f.1. FORMA DE LA PARCELA

Se trata de la capacidad de adaptarse a una forma concreta. Se entiende por forma de la parcela, sus características físicas en cuanto a sus condiciones regulares, geográficas, topográficas o hidrológicas que afecten a la capacidad del sistema para adaptarse a formas de parcela por ejemplo irregulares o de importantes desniveles.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

-1

La construcción industrializada puede tener limitaciones para adaptarse a formas irregulares de parcela o incluso topografías o desniveles importantes.

Generalmente las obras industrializadas tienen formas regulares y aunque algunos sistemas van avanzando en este sentido, no suelen ofrecer demasiada flexibilidad para adaptarse a formas irregulares o condiciones del terreno con importantes desniveles.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

La construcción semi industrializada se adapta mejor que la totalmente industrializada a las condiciones de forma y topografía de las parcelas.

En cualquier caso, dependiendo de los sistemas constructivos industrializados seleccionados, se podrán adaptar en mayor o menos medida a las condiciones físicas y formales de las parcelas.

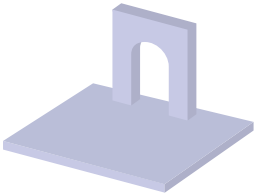
IN SITU

+1

Las técnicas in situ, por el momento, se adaptan mejor a las diferentes condiciones de forma de las parcelas.

El sistema de construcción tradicional, por ser más artesanal, se ajusta de mejor manera a las condiciones irregulares de las parcelas.

A.7. CONDICIONES EN OBRA



f.1. FORMA DE LA PARCELA

Se trata de la capacidad de adaptarse a una forma concreta. Se entiende por forma de la parcela, sus características físicas en cuanto a sus condiciones regulares, geográficas, topográficas o hidrológicas que afecten a la capacidad del sistema para adaptarse a formas de parcela por ejemplo irregulares o de importantes desniveles.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
2	2	3	2	3	4

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
3	1	1	0	NO PROCEDE	NO PROCEDE

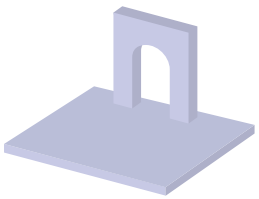
MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

A.7. CONDICIONES EN OBRA

f.1. FORMA DE LA PARCELA

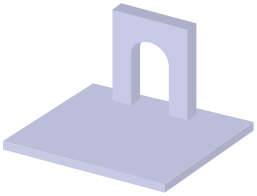


SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	El sistema de paneles CLT se puede adaptar bien a diferentes configuraciones de forma irregulares de la parcela del proyecto. Las posibilidades que ofrecen los diseños por control numérico en el que se pueden hacer cortes irregulares en los paneles, suponen que el sistema se adapte bien a formas irregulares. En cualquier caso no se adapta tan bien como la obra in situ, ya que ésta se puede amoldar a cualquier forma irregular de la parcela o cualquier desnivel del terreno
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	De manera similar al caso de los paneles de CLT el entramado ligero de madera se puede también adaptar bien a diferentes configuraciones e irregularidades de la parcela. Se adaptará mucho más fácil si se construye mediante elementos lineales que mediante paneles, que resultará más complicado para adaptarse a las formas irregulares.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Por tratarse de un sistema constructivo principalmente basado en la construcción mediante elementos lineales, se puede adaptar bastante bien a las diferentes formas irregulares de la parcela. En el caso de forjados (o incluso fachadas) basadas en acero, se adaptarán más difícilmente si se tienen que instalar mediante construcción de paneles que mediante construcción de elementos lineales.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	De manera similar al caso del entramado ligero de madera, en el caso del acero ligero, se puede adaptar bien a diferentes configuraciones e irregularidades de la parcela. Se adaptará mucho más fácilmente si se construye mediante elementos lineales que mediante paneles, que resultará más complicado para adaptarse a las formas irregulares.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	De manera similar al caso del acero estructural, el hormigón prefabricado estructural se adapta bien a diferentes formas irregulares de una parcela, puesto que se trata de una construcción de elementos lineales. En el caso de paneles de hormigón, como puede ser para forjados o fachadas, resulta bastante más complicado adaptarse a estas formas irregulares.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	La construcción in situ es la que mejor se adapta a diferentes configuraciones irregulares de la parcela o desniveles de la misma. Por su condición de construirse directamente en el lugar de la obra, tiene gran capacidad de adaptarse a las irregularidades de la parcela.

A.7. CONDICIONES EN OBRA

f.1. FORMA DE LA PARCELA



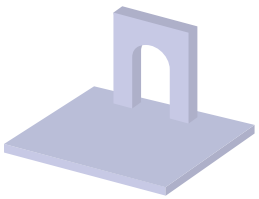
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Es el sistema que más difícilmente se podría adaptar a diferentes formas irregulares de la parcela.
MIXTO	Es un sistema que no ofrece mucha flexibilidad para adaptarse a diferentes formas irregulares de la parcela.
PANELES	Es un sistema que tiene sus limitaciones para adaptarse a diferentes formas irregulares de la parcela.
ELEMENTOS LINEALES	Es el sistema que más fácilmente se puede adaptar a diferentes formas irregulares que puede tener una parcela.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.7. CONDICIONES EN OBRA



f.2. UBICACIÓN DEL SOLAR

Versatilidad en la elección del solar debido a las características del recorrido desde fábrica.
Se comprende dentro de este factor el acceso al solar, así como su entorno o sus condiciones geográficas, topográficas o hidrológicas que afecten a la circulación de camiones, grúas y camión grúas.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+1

La construcción industrializada puede generar limitaciones en el acceso al solar.

Generalmente las piezas prefabricadas son mayores, por lo que habrá de analizar las características del recorrido a realizar por los camiones desde fábrica a la obra y garantizar tanto el paso del camión como de los elementos transportados por túneles, puentes y calzadas, de modo que se libren los gálibos u otras barreras como señales, arboles; y se tengan en cuenta los radios de giro de los vehículos requeridos.

Sin embargo, varios sistemas constructivos no se ven influenciados por este factor, debido a la posibilidad de ejecutarlos por medio de elementos lineales ligeros, evitando el uso de camiones pesados.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+2

La construcción semi industrializada se adapta a todas las posibles ubicaciones.

Al igual que ocurre en el sistema totalmente industrializado, habrán de considerarse tanto los recorridos hasta el solar como el acceso a la obra, pudiendo determinar el grado de industrialización adaptado a su ubicación.

En caso de un complicado acceso, o un itinerario complejo, puede limitarse la integración de elementos industrializados a esos espacios o elementos más reducidos y de mayor complejidad, como baños, vestuarios, cocinas, fachadas, forjados, etc.

IN SITU

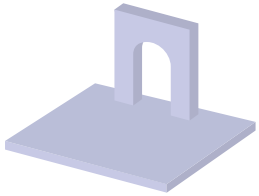
+2

Las técnicas in situ se adaptan a todas las ubicaciones posibles.

Los camiones empleados para el transporte de los materiales ejecutados in situ, son de menor tamaño, debido a las dimensiones reducidas de sus piezas. Igualmente las hormigoneras, son de menor tamaño en comparación con los camiones utilizados para el traslado de los elementos prefabricados.

Esto posibilita la llegada a cualquier destino, cualesquiera sean las características de su recorrido desde fabrica a obra.

A.7. CONDICIONES EN OBRA



f.2. UBICACIÓN DEL SOLAR

Versatilidad en la elección del solar debido a las características del recorrido desde fábrica.
Se comprende dentro de este factor el acceso al solar, así como su entorno o sus condiciones geográficas, topográficas o hidrológicas que afecten a la circulación de camiones, grúas y camión grúas.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
3	4	3	4	1	4

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
3	2	2	1	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

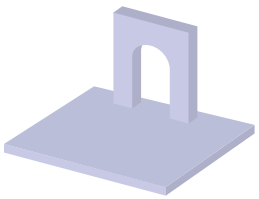
BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)

A.7. CONDICIONES EN OBRA

f.2. UBICACIÓN DEL SOLAR

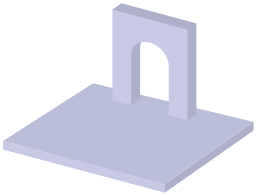


SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Al ser un sistema de poco peso, y en caso de que las piezas prefabricadas no excedan de las dimensiones del transporte convencional, no existe necesidad alguna de emplear transporte especial para transportarlas. De este modo, se facilita su circulación por las red viaria, siempre que esta soporte los radios de giro de estos camiones o camiones grúa. En caso de viales más estrechos, o de características restrictivas, puede realizarse un diseño y dimensionamiento de las piezas propicio para su traslado en camiones de menores dimensiones, pudiendo llegar al máximo de ubicaciones.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Este sistema, al igual que el Light Steel Framing, destaca por su ligereza, lo que facilita su transportabilidad. Además, gracias a su posibilidad de ejecución por medio de elementos lineales de menores dimensiones, facilita el traslado hasta el solar, pudiendo ser transportado en situaciones más complejas en las que las condiciones de los viales sean más restrictivas, como calles estrechas, viales con giros complejos, túneles, puentes u otras barreras que generen limitaciones en el gálibo.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Es más complejo que los elementos de este sistema puedan ser transportados a emplazamientos con calles estrechas o viales con difíciles radios de giro, ya que la optimización del sistema se obtiene por medio de la realización de pilares altos y forjados de grandes luces. Por esta razón, el acceso a todos los emplazamiento se ve dificultado.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Al igual que Wood Framing, es un sistema de poco peso, eliminando la necesidad de transporte especial. Igualmente, puede ejecutarse en pequeñas piezas lineales, de modo que la elección de los camiones pueda ajustarse a las dimensiones de los viales de acceso al solar.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	Este sistema destaca por el aumento en las dimensiones de sus elementos estructurales, incrementando considerablemente su masa. Debido a esta propiedad, la maquinaria empleada para su montaje y traslado debe ser de mayores prestaciones para soportar estas cargas, o por el contrario aumentar la cantidad de camiones para el desplazamiento de las piezas. Este factor dificulta el acceso a todas las ubicaciones.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Al tratarse de un sistema in situ, en el que toda la ejecución se lleva a cabo en el solar, el traslado de los materiales resulta más sencillo aunque más costoso económica y ambientalmente, debido al aumento en la cantidad de camiones y maquinaria a trasladar a la obra. Posibilidad de llegar a cualquier emplazamiento.

A.7. CONDICIONES EN OBRA

f.2. UBICACIÓN DEL SOLAR



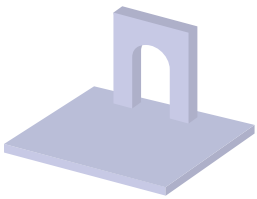
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Para el dimensionamiento de los módulos habrán de tenerse en cuenta las condiciones del recorrido desde fabrica hasta el acceso a la obra, así como las características de los camiones y maquinaría que quiera emplearse para el traslado y montaje.
MIXTO	Al igual que con los módulos, resulta indispensable el estudio del recorrido y acceso hasta el solar, al igual que las limitaciones del transporte que desee emplearse, debido al aumento de costo que este genera.
PANELES	Los paneles habrán de dimensionarse de manera que se facilite la llegada desde fábrica hasta obra y respetando las dimensiones máximas de los vehículos elegidos para su transporte.
ELEMENTOS LINEALES	En caso de elementos lineales de tamaño reducido, como en LSF o WF, se facilita considerablemente el traslado al solar, aumentando la posibilidad de ubicaciones. Por el contrario, la utilización de grandes elementos se verá limitado en algunos solares.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.7. CONDICIONES EN OBRA



f.3. DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS Y TRANSPORTE A LA OBRA

Facilidad y eficiencia en el traslado de materiales o elementos constructivos desde su punto de producción hasta la obra. Se tiene también en cuenta el tamaño de las piezas empleadas para la constitución de la obra y su transportabilidad. Se recomienda la utilización de camiones convencionales, y no transporte especial, para que la accesibilidad a la ubicación, el costo económico, el consumo de combustible y las emisiones de CO_2 sean menores.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+1

La obra industrializada facilita el traslado de materiales, pero aunque la obra industrializada permite el empleo de grandes piezas que disminuyen el tiempo de construcción en obra, esto puede dificultar el transporte. Se debe intentar que éste siempre sea transporte convencional.

El tamaño de estas piezas, por lo general, es mayor, de modo que el montaje será más eficiente, rápido y sencillo en el solar.

En el sistema industrializado la cantidad de camiones a desplazar a la obra es menor. Los camiones transportados se verán limitados por el recorrido que deban realizar, considerando los gálibos y las cargas máximas de los puentes. Dependiendo del sistema industrializado este inconveniente puede variar.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

Las técnicas semi industrializadas solo facilitan el traslado de las piezas al solar en los casos en los que la obra industrializada no puede responder correctamente, como por ejemplo debido a una complicada ubicación.

Los elementos prefabricados incorporados en la fase de obra, tienden a ser de mayor tamaño que los empleados en la obra in situ.

Los camiones que transporten piezas prefabricadas que se integrarán en la obra, se verán limitados por las condiciones del itinerario hasta el solar, por variables de gálibo y cargas máximas.

Puede emplearse tanto el transporte de dimensiones convencionales hasta el especial, dependiendo de las necesidades estructurales de la construcción.

IN SITU

-2

La construcción in situ únicamente favorece el transporte de los materiales al solar en las situaciones en las que la obra industrializada no puede responder correctamente, como por ejemplo debido a un complicado acceso.

Las piezas empleadas son de un tamaño reducido, pudiendo manipularlas a mano, pero aumentado el tiempo de obra y la complejidad en su ejecución.

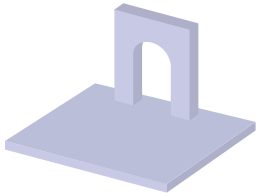
En la obra realizada in situ se desplazarán más camiones al solar en el que se efectúe la construcción, de modo que las molestias a los residentes serán mayores, así como las emisiones generadas.

Las hormigoneras serán de menor tamaño, al igual que las piezas transportadas hasta la obra (como ladrillos, tejas, laminas, armaduras, etc.)

BIBLIOGRAFÍA

— "Reglamentación sobre vehículos pesados, prioritarios, especiales, de transporte de personas y mercancías y tramitación administrativa" de la DGT. (2013)

A.7. CONDICIONES EN OBRA



f.3. DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS Y TRANSPORTE A LA OBRA

Facilidad y eficiencia en el traslado de materiales o elementos constructivos desde su punto de producción hasta la obra. Se recomienda la utilización de camiones convencionales, y no transporte especial, de modo que la accesibilidad a la ubicación, el consumo de combustible y las emisiones de CO_2 sean menores.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	5	3	4	2	1

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
2	2	1	1	2	1

MODO DE EJECUCIÓN

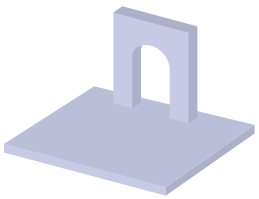
0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
3	1	3	1

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)
- La arquitectura residencial como una realidad industrial. Tres ejemplos recientes. F. Pich-Aguilera, T. Batlle, P. Casaldàliga. (2008)

A.7. CONDICIONES EN OBRA



f.3. DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS Y TRANSPORTE A LA OBRA

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

Las dimensiones y el peso de los paneles de madera contralaminada (puede llegar a de 16,50m x 3,5 m), se adaptan fácilmente a la capacidad del transporte convencional (13,6 m x 2,5 m), por lo que se generan grandes ahorros en los costos económicos. Para el traslado de piezas de mayores dimensiones, se empleará el transporte especial, con su consecuente aumento en el presupuesto.

La madera, supone menor peso que otros sistemas constructivos, como el acero estructural, el hormigón prefabricado o el elaborado in situ, por lo que se genera un ahorro en el combustible.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

El tamaño de las piezas dependerá del grado de prefabricación, pudiendo ejecutarse por medio de elementos lineales, como listones y tablas de menor tamaño y empalmadas entre si en la misma obra, así como paneles o módulos producidos en fábrica y de mayores dimensiones. En caso de realizarse por medio de paneles los elementos de entramado ligero de madera se adecuan muy bien a las características del transporte convencional (13,6 m x 2,5 m), generando ahorros económicos en el traslado de materiales a obra. Dependiendo de la densidad de aislamiento empleado, el peso del material transportado a obra puede verse reducido en comparación con los el CLT.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

Las dimensiones máximas de las vigas y pilares se verán limitadas por el transporte y la puesta en obra (13,6 m x 2,5 m) debido a sus dimensiones y masa. Aunque su peso es mayor que el de los sistemas de entramado ligero, sigue siendo menor que el del hormigón prefabricado o ejecutado in situ, por lo que repercutirá en el consiguiente ahorro de combustible.

Dependiendo de los componentes empleados para la ejecución de sus forjados y cerramientos, su peso puede aumentar.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

Dependiendo de su nivel de industrialización, es decir su formalización en elementos lineal, panel o modulo, las dimensiones variarán.

En el caso de los elementos lineales, es el modo de ejecución más normalizado en el País Vasco, ya que consta de finos y apilables elementos lineales, los cuales pueden trasladarse en camiones de pequeñas dimensiones, reduciendo la cantidad de combustible consumido.

En caso de ejecutarse por medio de paneles, al igual que para el caso de madera, se deberán ajustar a las dimensiones de los camiones convencionales (13,6 m x 2,5 m).

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

Es el sistema industrializado menos eficiente para el transporte hasta la obra, debido al peso de las piezas, paneles o módulos que compondrán el edificio; ya que resultan secciones mayores en comparación con in situ, por las solicitaciones del montaje. En comparación con la obra tradicional de hormigón in situ, para los traslados de la totalidad de los componentes del edificio, la cantidad de camiones a desplazar a obra es menor, por lo que genera mayor ahorro en carburante como en el respectivo coste económico.

El rendimiento del camión es de 8 m^3/viaje, y su radio de desplazamiento máximo es de 300 km, a partir de esta distancia las empresas pierden competitividad.

HORMIGÓN

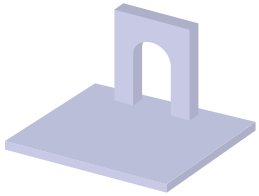
HORMIGÓN IN SITU

La cantidad de camiones a desplazar es mayor que en la obra con hormigón prefabricado.

El rendimiento de la hormigonera, 6 m^3 por viaje, es menor en comparación con los camiones empleados para el prefabricado.

Las dimensiones en sección de los elementos estructurales (pilar y viga) ejecutados in situ son menores que las dimensiones empleadas en los prefabricados de hormigón. La menor sección para los pilares de hormigón in situ es de 30 cm x 30 cm.

A.7. CONDICIONES EN OBRA



f.3. DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS Y TRANSPORTE A LA OBRA

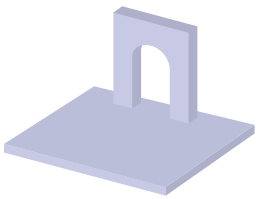
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	No resulta la más eficiente en cuanto a traslado hasta obra, debido a la necesidad de un camión por cada uno o dos módulos (ya que se transporta aire). La construcción modular se verá rentabilizada si el objetivo es emplear el menor tiempo posible en la fase de obra.
MIXTO	Disminuye la cantidad de camiones a emplear frente a la opción de usar únicamente módulos. Estos módulos pueden constituir los recintos que mayor ejecución o elaboración necesiten, como baños, vestuarios, cocinas, etc. y sus dimensiones deberán ajustarse a los límites del transporte.
PANELES	Los paneles pueden apilarse uno al lado del otro, optimizando los traslados en camión. El tiempo de ejecución en obra aumenta levemente respecto a la opción anterior. Este tipo de ejecución facilita la consecución de grandes luces y sus dimensiones deberán ajustarse a los límites del transporte.
ELEMENTOS LINEALES	Dependiendo del tamaño de los elementos lineales apilados en el camión, estos pueden ser más sencillos de transportar que los paneles, dado que pueden trasladarse a camiones de menores dimensiones o de menor tonelaje.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Las piezas o volúmenes que lleguen con instalaciones o acabados a obra pueden complejizar el transporte. Por ejemplo, los módulos totalmente finalizados no podrán plegarse para optimizar el viaje, y los paneles con acabados requerirán una separación mínima entre ellos por protección.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Los elementos prefabricados que lleguen a obra sin acabados ni instalaciones facilitarán y optimizarán el transporte, debido a la posibilidad de plegarlos o no requerir de grandes protecciones entre ellos, ya que no quedarán vistos.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	Paneles y módulos pueden ser mayores, debido a la integración de una estructura complementaria para soportar las fuerzas dinámicas.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	Sin estructura adicional, los paneles/módulos serán menores, ya que deberán soportar por si mismos las fuerzas generadas en el transporte, etc.
OBRA TOTALMENTE SECA	Solo se precisarán los camiones especificados por medio del sistema constructivo.
OBRA SEMI HÚMEDA	Dependiendo de la cantidad de vertido de hormigón, se precisará de camiones- hormigonera.

A.7. CONDICIONES EN OBRA



f.4. MAQUINARIA EN OBRA

Reducción de la cantidad de maquinaria o vehículos empleados para los traslados de materiales hasta la obra, como para la ejecución de la misma, y disminución de las dimensiones de estos.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

Este tipo de obra reduce la cantidad de camiones y maquinaria a desplazar a obra.

Al externalizar la producción de los elementos a una industria se reducen los equipos de trabajo en obra.

Además, se emplea menor cantidad de camiones para el traslado desde fábrica al solar. Según el estudio de Visesa, "Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales" en el que se comparaban una obra realizada in situ con otra semeja construida con elementos prefabricados y de una planta más, se utilizaron 947 camiones para el traslado de las piezas prefabricadas de hormigón, valor que aumentaba en el caso de la obra ejecutada in situ.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

La edificación semi industrializada, y dependiendo de las características de las piezas prefabricadas, puede disminuir la cuantía de camiones y maquinaria requerida en obra.

Debido a la posibilidad de integrar ciertos elementos prefabricados, podrá reducirse la cantidad de maquinaria respecto a la obra in situ, ya que estos elementos se producirán en fábrica.

Dependiendo de las características dimensionales de los elementos prefabricados (desde bovedillas o viguetas prefabricadas hasta módulos o paneles ejecutados en fabrica), la cuantía de camiones a desplazar al solar será mayor que en la obra totalmente industrializada, pero menor que en la obra in situ.

IN SITU

-2

La construcción tradicional o in situ incrementa la cantidad de maquinaria en obra, así como la suma de camiones destinados a realizar el transporte de materiales desde la fabrica a la obra.

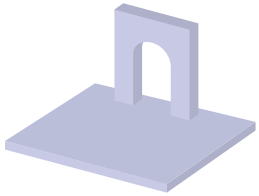
Esto ocurre debido a la realización de todas las tareas en la propia obra debiendo trasladar gran cantidad de maquinaria y materiales al solar.

Conforme al análisis realizado por Visesa, "*Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales*", se desplazaron un total de 1084 camiones para una obra in situ, en comparación con una menor cantidad de estos para la obra industrializada, aunque esta constase de una planta más

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)

A.7. CONDICIONES EN OBRA



f.4. MAQUINARIA EN OBRA

Reducción de la cantidad de maquinaria o vehículos empleados para los traslados de materiales hasta la obra, como para la ejecución de la misma, y disminución de las dimensiones de estos.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
3	4	2	4	1	1

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
2	2	2	1	3	0

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	2	0

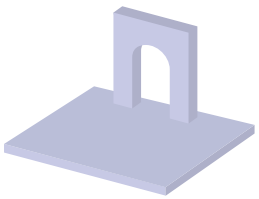
BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)

A.7. CONDICIONES EN OBRA

f.4. MAQUINARIA EN OBRA



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

Se emplearán los siguientes vehículos y maquinaria: camiones convencionales, para los casos en los que las dimensiones de los elementos prefabricados no sobrepasen los limites marcados por la DGT; grúa, pudiendo ser fija, autopropulsada o incluso para los casos de menor escala, camión grúa, pudiendo trasladar y montar las piezas con el mismo vehículo; y, para finalizar, los camiones para el traslado de las piezas.

A estos vehículos o maquinaria, habrá de sumarle los mecanismos para la ejecución de la cimentación, como excavadoras, etc.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

En el caso de que la construcción del edificio se lleve a cabo por medio de paneles o módulos, se emplearán los mismos instrumentos que los mencionados en la madera contralaminada. En cambio, en el caso de emplear elementos lineales para su ejecución, y dependiendo de la escala del edificio, podrán obviarse las grúas, debido a la posibilidad de maneja las piezas a mano.

Para proceder a la realización de la cimentación, se incorporarán vehículos como excavadoras para el movimiento de tierras.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

Este sistema destaca por la facilidad en la adaptación a tipologías edificatorias de grandes luces y muchas alturas, por lo que los vehículos y maquinaria empleada se adaptará a estas características. Los elementos lineales podrán trasladarse en camiones convencionales, pero en caso de que su finalidad sea la consecución de un edificio de muchas alturas se precisará de grúas que lleguen a esa altura.

Las tareas pertinentes para la ejecución de la cimentación, se llevaran a cabo por medio de excavadoras, etc.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

En el caso de que los elementos prefabricados no superen las dimensiones marcadas por la normativa de la DGT, Los elementos prefabricados llegarán a obra en camiones convencionales.

Para la ejecución mediante paneles o módulos se precisará la incorporación de grúas o camiones grúa, por el contrario, si se emplean elementos lineales, estos podrán manejarse manualmente dada su ligereza. Por lo que únicamente se requerirá de herramienta manual y un elevador tijera para la colocación de la fachada.

Para los movimientos de tierra para la cimentación, se emplearán excavadoras, perforadoras, etc.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

En este sistema predominan los elementos pesados, como paneles de fachada o elementos estructurales como pilares o vigas, los cuales deben limitar su peso a las características de la maquinaria y grúa a usar en obra.

Es indispensable la maquinaria pesada.

HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

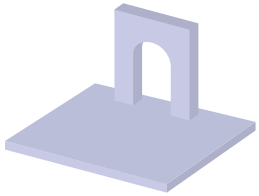
Para el caso de la obra in situ tradicional, la cantidad de camiones que deban desplazarse a obra, así como la cantidad de maquinaria que vaya a usarse in situ, será mayor que en los anteriores sistemas.

Además, habrán de sumarse elementos auxiliares que en las obras industrializadas pueden obviarse, como andamios, vibradoras, etc.

Se empleará maquinaria pesada para la ejecución de la cimentación.

A.7. CONDICIONES EN OBRA

f.4. MAQUINARIA EN OBRA



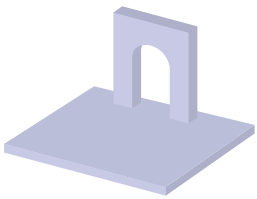
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Para el traslado de los módulos podrá emplearse tanto transporte convencional (recomendable) como especial dependiendo de sus dimensiones. Para su colocación se usarán desde grúas incluidas en el propio camión, hasta grúas autopropulsadas o fijas.
MIXTO	Debido a ser una ejecución por medio de paneles y módulos, se procederá a la utilización de la maquinaria ya expuesta en los respectivos apartados, pudiendo adecuar la elección de cada elemento (panel/modulo) a las necesidades de montaje o transporte.
PANELES	Para el transporte de los paneles se recomienda el transporte convencional, acotando el tamaño de las piezas a las dimensiones del vehículo. Para su montaje se emplearan desde camiones grúa hasta grúas autopropulsadas o fijas.
ELEMENTOS LINEALES	Dependiendo del peso y tamaño de estos elementos lineales, podrán ser manipulados manualmente como por medio de grúas. Por lo que respecta a las dimensiones, podrán emplearse desde pequeños camiones hasta grúas de gran tamaño.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Se precisará de menor cantidad de maquinaria o elementos auxiliares en obra, debido a la ejecución de instalaciones/acabados en fábrica. Por ejemplo no habrá necesidad de andamios, sopletes, taladros, etc.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La ejecución de la fachada e instalaciones generará mayor necesidad de herramientas en la obra.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	Al no emplear de hormigón vertido, no existirá necesidad de camión hormigonera, o hormigoneras.
OBRA SEMI HÚMEDA	Se precisará camión hormigonera o hormigonera para la ejecución de nudos y solados húmedos.

A.7. CONDICIONES EN OBRA



f.5. NÚMERO DE ELEMENTOS EN OBRA

Reducción de la cuantía de elementos necesarios para su puesta en obra, es decir, maquinaria, grúas, diferentes materiales o sistemas, etc.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

La obra industrializada reduce considerablemente los materiales y elementos empleados en la obra, así como los procesos a realizar.

Esto ocurre gracias a la su producción y parte del montaje en fábrica. Es decir, los elementos prefabricados del edificio se construyen en la planta de producción, como por ejemplo paneles completos de fachada, forjado, cubierta o tabiquería, minimizando de manera substancial la cantidad de materiales necesario en obra.

Debido a esta condición, los elementos necesarios para la puesta en obra se reducirá al mínimo.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

La edificación semi industrializada reduce en parte la cantidad de elementos necesarios para su puesta en obra.

Ciertas partes del edificio se construyen en fábrica, como puede ser un cerramiento de fachada compuesto por paneles de hormigón prefabricado, que sustituyen a un numero elevado de ladrillos y sacos de mortero.

IN SITU

-2

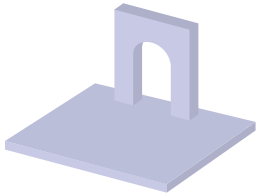
La ejecución de la obra in situ precisa de mayor cantidad de elementos, materiales y maquinaria en obra, y los procesos se ven multiplicados debido a que la totalidad de la edificación se realiza en el solar.

Por esta razón, la cantidad de elementos necesarios para la ejecución de la obra se ve incrementada notablemente.

BIBLIOGRAFÍA

— La sostenibilidad en la construcción industrializada. La construcción modular ligera aplicada a la vivienda. Gerardo Wadel. (2009)

A.7. CONDICIONES EN OBRA



f.5. NÚMERO DE ELEMENTOS EN OBRA

Reducción de la cuantía de elementos necesarios para su puesta en obra, es decir, maquinaria, grúas, diferentes materiales o sistemas, etc.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	4	2	4	2	1

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
1	2	2	3	3	0

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

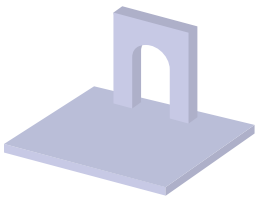
CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.7. CONDICIONES EN OBRA

f.5. NÚMERO DE ELEMENTOS EN OBRA

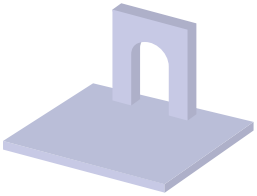


SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Para la ejecución de una obra por medio de madera contralaminada, únicamente se precisarán los paneles o modulo, y los herrajes o uniones entre ellos. La grúa para el montaje puede integrarse en el propio camión en el que se trasladen los módulos.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	En caso de que el entramado de madera se ejecute por medio de módulos o paneles, la cantidad de elementos necesarios para la puesta en obra será tan reducida como en el caso de la madera contralaminada. En montaje podrá realizarse mediante un camión grúa. Por el contrario, si el edificio los cerramientos y forjados se componen de perfiles lineales montados en obra, la cantidad de elementos para la puesta en obra aumentará.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	El sistema de acero estructural únicamente compone la estructura del edificio, por lo que para la realización de los cerramientos (y forjados) se precisará de otros elementos, los cuales pueden llegar a obra más fragmentados que en otros sistemas constructivos aquí planteados. Por ejemplo, para la ejecución de los cerramientos serán precisos elementos auto-portantes de otros materiales. En el caso de forjados, podrá ejecutarse por medio de un forjado de chapa colaborante, en el que habrá de incluirse una chapa, armadura y hormigón. Por esta razón, se precisará de mayor cantidad de elementos para su puesta en obra.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Al igual que ocurre en el entramado ligero, el LSF puede ejecutarse de dos modos, reduciendo o aumentando los elementos o procesos necesario para su ejecución. En caso de módulos o paneles, la cantidad de elementos se disminuirá, pero en caso de realizarse por medio de elementos lineales, la cuantía de los componentes aumentará.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	El hormigón prefabricado se ejecuta de tres maneras diferentes: elementos lineales, paneles portantes o módulos. En Euskadi el sistema más extendido es la ejecución por medio de pilares y vigas, en las que apoyan placas alveolares. Este modo de ejecución no permite gran disminución en la cantidad e elementos requeridos para la puesta en obra.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Las obras realizadas totalmente in situ precisan de una mayor cantidad de elementos, materiales y maquinaría en obra, debido a que todas las tareas deben realizarse en el solar. Entre los elementos y maquinaria destacan: los camiones, hormigoneras, andamios, encofrados, ladrillos, armaduras, separadores, aislamiento, etc.

A.7. CONDICIONES EN OBRA

f.5. NÚMERO DE ELEMENTOS EN OBRA



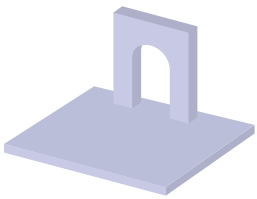
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Los módulos unifican en un mismo elemento los forjados y cerramientos, reduciendo la cantidad de elementos necesarios para la puesta en obra. La única maquinaria imprescindible será la grúa o camión grúa para su colocación.
MIXTO	Al igual que los paneles y módulos, los elementos necesarios para la ejecución de la obra se reduce.
PANELES	Los paneles se fabrican como grandes piezas de fachada o forjado, evitando la maquinaria y materiales necesarios para su ejecución. Los únicos elementos necesarios serán los de montaje.
ELEMENTOS LINEALES	La utilización de elementos lineales para la construcción, ya sean de menor o mayor escala, aumenta la cantidad de elementos en obra, debido a la necesidad maquinaria y materiales para la ejecución de los forjados, cerramientos, etc.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Por medio de la ejecución de las instalaciones y acabados en fabrica, la cantidad de elementos necesarios para la puesta en obra se reduce considerablemente.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Debido a la ejecución de los acabados e instalaciones en obra, la cantidad de elementos en obra aumentará considerablemente.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.7. CONDICIONES EN OBRA



f.6. ESPACIO LIBRE NECESARIO EN OBRA

Reducción del área limitada como zona libre de obstáculos situada en el solar en el que se proceda a la construcción del edificio, la cual consta de la resta de las dimensiones del solar con la ocupación del edificio. Este lugar se destinará para la realización de las maniobras de los camiones o maquinaria presente en la obra, así como para acopio de materiales.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+1

La obra industrializada reduce el área mínima requerida para el acopio y para la maniobrabilidad de los camiones.

El acopio en obra es menor, debido a la resolución de gran parte de los elementos en fábrica, de modo que en obra únicamente haya que proceder a su colocación o montaje.

Las piezas prefabricadas deberán trasladarse en el orden adecuado, es decir, en fabrica se apilarán en el camión en el orden opuesto al que deban montarse, colocando en la parte superior los primeros que deban montarse, y los camiones llegarán en el orden correcto, evitando la generación de acopio.

Además las necesidades de espacio para el almacenamiento de residuos se reducen considerablemente.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

La construcción semi industrializada no afecta a la reducción del área libre requerida en obra.

El acopio aumentará respecto a la industrializada, acercándose a valores de obra in situ.

Esta superficie destinada a acopio variará dependiendo de las características de la piezas prefabricadas incorporadas.

Por ejemplo, el empleo de elementos prefabricados de menor escala, como bovedillas y viguetas, para la ejecución de un forjado unidireccional obligará al acopio de estos materiales. En cambio, elementos de mayor calibre, como paneles prefabricados de hormigón, podrán fijarse a medida que lleguen a obra. Estas se trasladarán a obra en el orden adecuado para facilitar su montaje.

IN SITU

-2

Las técnicas in situ aumenta la superficie requerida para las tareas de acopio y maniobras respecto a las dos anteriores.

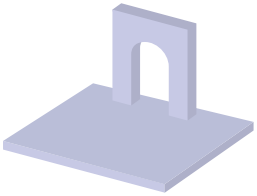
El espacio de acopio y el espacio libre para maniobras aumentan, debido a la menor escala de los elementos utilizados en la obra comparándolo con las dos anteriores.

Aunque la maquinaria que se desplazará por la obra será de menores dimensiones, su cantidad se verá considerablemente incrementada, de modo que deberá preverse espacios para la circulación de estos vehículos, así como zonas de acopio.

BIBLIOGRAFÍA

— "Evolución de los sistemas de construcción industrializados a base de elementos prefabricados" Christian Escrig Pérez.

A.7. CONDICIONES EN OBRA



f.6. ESPACIO LIBRE NECESARIO EN OBRA

Reducción del área limitada como zona libre de obstáculos situada en el solar en el que se proceda a la construcción del edificio, la cual consta de la resta de las dimensiones del solar con la ocupación del edificio. Este lugar se destinará para la realización de las maniobras de los camiones o maquinaria presente en la obra, así como para acopio de materiales.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	4	2	4	2	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
2	2	1	1	2	1

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

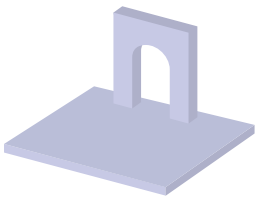
CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.7. CONDICIONES EN OBRA

f.6. ESPACIO LIBRE NECESARIO EN OBRA



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

Este sistema se ejecutará por medio de paneles o módulos. Estos pueden llegar a obra con las propias instalaciones y acabados integrados, reduciendo drásticamente el espacio necesario para acopio. El transporte de estos elementos se coordinará con el orden de montaje, y los paneles se apilarán en los camiones, de modo que los más accesibles sean los primeros en colocar.

El espacio libre de obstáculos necesario en obra: Área para la maniobrabilidad del camión encargado de trasladar las piezas prefabricadas (radio de giro 3 m x 14 m) + espacio para la grúa (puede prescindirse de esta en los casos en los que se integre en el propio camión.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

El espacio necesario en obra dependerá del modo de ejecución de la obra. Es decir, en caso de ejecutarse por medio de paneles o módulos, la zona de acopio podrá reducirse, ya que a medida que los elementos lleguen a obra se montarán sin generar acopio, pero habrá de dejar un amplio espacio para la maniobrabilidad del camión: Área para la maniobrabilidad del camión encargado de trasladar las piezas prefabricadas (radio de giro 3 m x 14 m) + espacio para la grúa (puede prescindirse de esta en los casos en los que se integre en el propio camión.

En caso de realizarse por medio de elementos lineales, al espacio antes mencionado habrá de sumarle una zona de acopio de 100 m^2 para los elementos que compondrán forjados y tabiques. Semejarlo con LSF.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

El sistema de acero estructural se ejecuta por medio de elementos lineales, por lo que habrá de reservarse un espacio tanto para el acopio como para la el pre-montaje de los elementos.

Las piezas pueden ser colocadas a medida que llegan a obra, pero en caso de descoordinación de los gremios o falta de disponibilidad de las grúas, se realizará un pre-montaje en el solar.

El espacio libre de obstáculos necesario en obra: Área para la maniobrabilidad del camión encargado de trasladar las piezas prefabricadas (radio de giro 3 m x 14 m) + superficie ocupada por la grúa + espacio para pre- montaje de piezas y operaciones de ensamblaje.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

Su montaje en obra puede realizarse mediante elementos lineales, paneles o módulos prefabricados. En el caso de los paneles y módulos el espacio para acopio puede desaparecer pero aumenta la superficie destinada para la maniobrabilidad del camión: Área para la maniobrabilidad del camión encargado de trasladar las piezas prefabricadas o camión grúa (radio de giro 3 m x 14 m).

En la ejecución por medio de elementos lineales aparecerá la variable de acopio, pero las dimensiones de los camiones podrán reducirse. Los perfiles son muy ligeros pudiendo trasladarlos a mano: Espacio para maniobrabilidad del camión grúa (el radio de giro dependerá de las dimensiones del camión, 3m x 14m en caso de que las piezas se corten en obra) + 100 m^2 para acopio.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

En este caso, la situación optima sería la cercanía entre la obra y la empresa en la que estos prefabricados de hormigón se produjesen, permitiendo el almacenamiento de estas piezas hasta el momento de su colocación. De esta manera, el espacio para acopio se reduciría, aunque es necesario prever un espacio para almacenamiento ante un imprevisto o mala coordinación, así como para la inmediata manipulación de las grúas.

El espacio libre de obstáculos necesario en obra: Área para la maniobrabilidad del camión encargado de trasladar las piezas prefabricadas (radio de giro 3 m x 14 m) + espacio para la grúa + superficie para almacenamiento.

HORMIGÓN

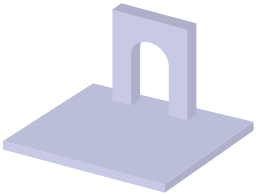
HORMIGÓN IN SITU

El espacio libre en obra aumenta debido a la complejidad en la ejecución de ésta. La gran cantidad de diferentes materiales, gremios, camiones, maquinaria, etc. incrementa el espacio libre de obstáculos necesario en obra.

El espacio libre de obstáculos necesario en obra: Espacio para maniobrabilidad de camiones, hormigoneras y diversa maquinaria (elevadoras, etc.) + radio de giro de camiones (3m x 14m) + superficie para grúa + gran espacio para acopio.

A.7. CONDICIONES EN OBRA

f.6. ESPACIO LIBRE NECESARIO EN OBRA



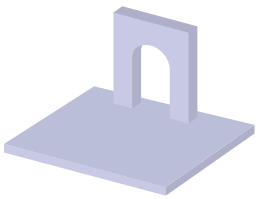
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	La ejecución por medio de módulos puede evitar el espacio de acopio. Dependiendo de las dimensiones de los camiones en los que se trasladen estos elementos habrá de conservarse un espacio libre para la entrada y maniobrabilidad de estos vehículos.
MIXTO	Los módulos y paneles se dimensionarán dependiendo del espacio libre que exista en la parcela o inmediaciones, debido a que los camiones deberán ser capaces de maniobrar en ese espacio y no deberán dificultar el tráfico adyacente al solar.
PANELES	La construcción mediante paneles permite la eliminación del espacio para acopio, adaptando los camiones y los paneles que en ellos se trasladen al espacio libre del solar.
ELEMENTOS LINEALES	Gran parte de los elementos lineales deberán ser almacenados en el solar y colocados a posteriori. En caso de elementos de gran tamaño pueden colocarse a medida que llegan los camiones, pero por posibilidad de errores o falta de coordinación, habrá de dejarse un espacio para acopio de estos.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	En caso de que las instalaciones y los acabados se ejecuten en obra, habrá de reservar un espacio de acopio para los materiales empleados para este fin.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	En las obras en las que los paneles y módulos lleguen con los acabados o instalaciones integradas, el espacio para acopio de materiales se reducirá o desaparecerá.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.7. CONDICIONES EN OBRA



f.7. AFECCIÓN A LOS VECINOS

Reducción de la alteración del confort de los residentes en las inmediaciones a la obra producidas por distintas variables derivadas de la construcción, como el ruido, el polvo, la ocupación de la vía, etc., las cuales estarán totalmente vinculadas con el tiempo de ejecución en el solar. Estas molestias pueden ser causa de protestas y paradas en la obra y afectan a la imagen de la empresa o de la administración que permite la construcción.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

La construcción in situ reduce drásticamente las molestias generadas a los vecinos o usuarios de calles cercanas. Esto ocurre debido a estos factores:

— El tiempo transcurrido desde el comienzo de la obra hasta su finalización es mucho menor.

— La cantidad de polvo y los valores de ruido producidos son menores.

— La cantidad de camiones que intervienen en la obra es menor.

— Se requiere de menor espacio de acopio, por lo que se traduce en una obra más limpia.

— Se reduce drásticamente la cantidad de tareas a realizar en la obra.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

Las características de una obra semi industrializada reduce en cierta medida las molestias que puedan sufrir los residentes o usuarios de las vías próximas. Esto sucede debido a diversos factores:

— El tiempo transcurrido desde el comienzo de la obra hasta su finalización es menor.

— La cantidad de polvo y los valores de ruido producidos es menor.

— La cantidad de camiones que intervienen en la obra es menor.

— Se requiere de mayor espacio de acopio, por lo que se traduce en una obra más sucia.

— Reduce una parte de las tareas a realizar en obra.

IN SITU

-2

La construcción in situ genera grandes molestias a los vecino y usuarios de las infraestructuras de comunicación contiguas. Esto es así debido a las siguientes condiciones:

— El tiempo transcurrido desde el comienzo de la obra hasta su finalización es mucho mayor.

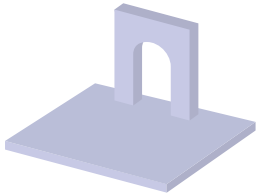
— La cantidad de polvo y los valores de ruido producidos son mayores.

— La cantidad de camiones que intervienen en la obra es mayor.

— Se requiere de mayor espacio de acopio, por lo que se traduce en una obra más sucia.

— Exige gran cantidad de tareas a realizar en obra.

A.7. CONDICIONES EN OBRA



f.7. AFECCIÓN A LOS VECINOS

Reducción de la alteración del confort de los residentes en las inmediaciones a la obra producidas por distintas variables derivadas de la construcción, como el ruido, el polvo, la ocupación de la vía, etc., las cuales estarán totalmente vinculadas con el tiempo de ejecución en el solar.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	4	3	4	3	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
1	2	2	3	3	0

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

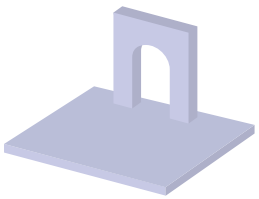
CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.7. CONDICIONES EN OBRA

f.7. AFECCIÓN A LOS VECINOS



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

La afectación a los vecinos en fase de obra es reducida debido a que el periodo de construcción será corto y la generación de ruido y polvo así como la ocupación de las vías se minimizará drásticamente.

Además, el espacio para acopio será mínimo y bastará con un espacio para favorecer la maniobrabilidad de los camiones, por lo que no habrá que ocupar espacios adyacentes al solar. Esto es así, debido a que el montaje de los paneles o volúmenes se realizará a medida que estas piezas se descarguen de los camiones.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

La afectación a los vecinos en fase de obra es reducida debido a que el periodo de construcción será corto, el espacio para acopio será mínimo y la generación de ruido y polvo así como la ocupación de las vías se minimizará drásticamente.

Además, debido a su posibilidad de ejecución en ligeros elementos lineales, posibilitará su construcción sin maquinaria, reduciendo tanto las molestias a los vecinos como el impacto sobre el entorno y la biodiversidad que la rodee.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

Este sistema constructivo requerirá de cierto espacio de libre destinado al acopio de los elementos lineales que formarán la estructura además de los elementos que constituirán los forjados, cerramientos y acabados del edificio.

Además, debido a su idoneidad para edificio de altura el periodo de obra aumentará para proceder a la construcción de todas las plantas.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

La afectación a los vecinos en fase de obra es reducida debido a que el periodo de construcción será corto, el espacio para acopio será mínimo y la generación de ruido y polvo así como la ocupación de las vías se minimizará drásticamente.

Además, debido a su posibilidad de ejecución en ligeros elementos lineales, posibilitará su construcción sin maquinaria, reduciendo tanto las molestias a los vecinos como el impacto sobre el entorno y la biodiversidad que la rodee.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

Por tratarse de un sistema industrializado, en el que en obra se realizarán los montajes de los diferentes elementos constructivos, se verá reducido las afecciones a los vecinos. Sin embargo por tratarse de un sistema tan pesado, requiere de una maquinaria pesada que sí afectará a las inmediaciones de la obra.

HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

La afección a los vecinos aumenta drásticamente respecto a el resto de sistemas constructivos, debido a los siguientes factores:

— Todas las tareas se realizarán en obra y durante un largo tiempo.

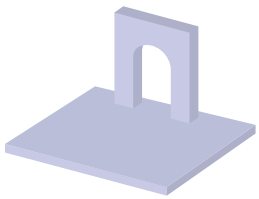
— Se generará gran cantidad de ruidos y polvo en obra.

— Intervendrá una amplia suma de camiones y maquinaria.

— Se requiere de mayor espacio para acopio, llegando a ocupar vías o espacios cercanos.

A.7. CONDICIONES EN OBRA

f.7. AFECCIÓN A LOS VECINOS



GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Debido a la agilidad y rapidez que este tipo de ejecución supone en la fase de construcción en el solar, las molestias a vecinos será mínima.
MIXTO	Paralelamente al tiempo de ejecución en obra, las molestias a los vecinos serán poco mayores que en el caso de los módulos.
PANELES	Aunque no en tan gran medida como en las dos anteriores, las obras realizadas por medio de paneles aligeran el tiempo en obra, por lo que se reducirá la afección a los vecinos igualmente.
ELEMENTOS LINEALES	La ejecución por medio de elementos lineales aumentan el plazo de la fase de obra, así como la necesidad de un espacio para el acopio. Por ello, las molestias a los vecinos aumentaran respecto a las anteriores.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La afección a los vecinos será mínima, debido a que las piezas llegarán totalmente finalizadas y solo habrá de proceder a su colocación, ejecutando una obra seca y reduciendo drásticamente el periodo de construcción.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La obra se alargará en alguna semanas más, aumentando en tiempo la fase de obra y consecuentemente el periodo en el que los vecinos puedan verse afectados por ruidos, entrada de camiones, ocupación de la vía, etc.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.8. COMPONENTES DEL SISTEMA

f.1. APLICACIÓN DEL SISTEMA EN EL MERCADO ACTUAL

Alta aplicabilidad en el mercado actual debido a la gran variedad de componentes.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

0

Baja aplicabilidad en el mercado actual en comparación con la obra in situ o semi industrializada.

Existe menor cantidad de componentes en el mercado actual, debido al desconocimiento sobre este tipo de sistemas constructivos y a los hábitos arraigados sobre el empleo de hormigón vertido in situ.

Además, la práctica constructiva no incluía muchos de estos sistemas, debido a que las normativas y los ensayos estaban enfocados hacia la construcción tradicional in situ, por lo que abandonar esa línea podía ser muy compleja para proyectistas y constructores.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

Mayor aplicabilidad en el mercado actual.

Existe gran variedad de componentes en el mercado actual, debido a que la composición de las edificaciones comienza a integrar ciertos elementos prefabricados para aportar agilidad, rapidez y seguridad a la obra, como por ejemplo bovedillas, viguetas prefabricadas, tabiques de cartón yeso, paneles de hormigón prefabricado para fachada, etc.

IN SITU

+2

Alta aplicabilidad en el mercado actual.

Existe gran variedad de componentes en el mercado actual, debido a la habitual costumbre en emplear este tipo de construcción.

Tanto la normativa como los ensayos estaban direccionados hacia este sistema constructivo, por lo que esta situación dificultaba la innovación a la hora de escoger el material o el sistema de ejecución.

BIBLIOGRAFÍA

— Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. Puesta en obra y aceptación en España. Santiago Inat Trigueros. (2011)

A.8. COMPONENTES DEL SISTEMA

f.1. APLICACIÓN DEL SISTEMA EN EL MERCADO ACTUAL

Alta aplicabilidad en el mercado actual debido a la gran variedad de componentes.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
2	2	4	3	4	5

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
3	2	1	1	1	3

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. Puesta en obra y aceptación en España. Santiago Inat Trigueros. (2011)

A.8. COMPONENTES DEL SISTEMA

f.1. APLICACIÓN DEL SISTEMA EN EL MERCADO ACTUAL

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	El sistema puede aplicarse en el mercado actual, aunque con ciertas limitaciones. Hasta la entrada del CTE, la madera estaba desplazada o infravalorada por la administración, constructores, arquitectos y demás agentes de la construcción. Además, una vez entrada en vigor esta normativa aun no hay unidad de cómo aplicar este sistema constructivo. Esta situación afecta a la variedad de componentes en el mercado actual, generando dificultades o barreras en el desarrollo de este sistema constructivo.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	El sistema puede aplicarse en el mercado actual, aunque con ciertas limitaciones. Hasta la entrada del CTE, la madera estaba desplazada o infravalorada por la administración, constructores, arquitectos y demás agentes de la construcción. Además, una vez entrada en vigor esta normativa aun no hay unidad de como aplicar este sistema constructivo. Esta situación afecta a la variedad de componentes en el mercado actual, generando dificultades o barreras en el desarrollo de este sistema constructivo.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	El sistema tiene alta aplicabilidad en el mercado actual. Al tratarse de un sistema muy conocido y aceptado, existe gran cantidad de empresas que lo producen o desarrollan, aumentando la variedad de componentes en el mercado.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	El sistema puede aplicarse en el mercado actual, aunque con ciertas limitaciones. Al igual que ocurre con la madera, este sistema constructivo se encuentra desplazado entre los agentes de la construcción debido al desconocimiento sobre sus características y aplicabilidad. Esta situación afecta a la variedad de componentes en el mercado actual, generando dificultades o barreras en el desarrollo de este sistema constructivo.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	El sistema tiene alta aplicabilidad en el mercado actual. El hecho de tratarse de un material sumamente conocido y aceptado, muchas empresas se han especializado en su producción y tanto constructoras como arquitectos han comenzado a incorporar este tipo de soluciones en sus obras y diseños. Por ello, existe gran variedad de componentes en el mercado actual.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	El sistema tiene alta aplicabilidad en el mercado actual. Es un sistema constructivo muy expandido en nuestro territorio lo que prolifera la creación de empresas especializadas que generan gran aumento en la creación de diferentes componentes. Además, tanto la normativa como los ensayos están direccionados hacia este sistema constructivo.

A.8. COMPONENTES DEL SISTEMA

f.1. APLICACIÓN DEL SISTEMA EN EL MERCADO ACTUAL

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	La ejecución por medio de módulos no está lo suficientemente extendida en el mercado actual de Euskadi.
MIXTO	La ejecución por medio de módulos y paneles no está lo suficientemente extendida en el mercado actual de Euskadi.
PANELES	La ejecución por medio de paneles comienza a expandirse en el mercado actual de Euskadi.
ELEMENTOS LINEALES	La ejecución por medio de elementos lineales, los pesados en mayor proporción que los ligeros, están integrados en el mercado actual de Euskadi.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La colocación de los acabados e instalaciones en fábrica se emplea mayormente en la ejecución modular, la cual no está lo suficientemente extendida en nuestro territorio.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	En el caso de los paneles, los cuales están más extendidos, se trasladan a la obra sin instalaciones ni acabados.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.8. COMPONENTES DEL SISTEMA

f.2. FUSIÓN ENTRE ESTRUCTURA Y CERRAMIENTO

Capacidad del sistema constructivo en unificar la estructura y el cerramiento de la construcción en un solo elemento, aumentando la superficie útil del edificio. Además, se generarán ahorros en el material, en el tiempo de ejecución y en la cantidad de gremios en obra.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+2

Los sistemas constructivos industrializados son capaces de resolver la estructura y el cerramiento del edificio, de modo que la superficie útil del edifico se vea incrementada de mismo modo que se reduce la cantidad de materiales empleados.

Entre estos sistemas destacan la madera contralaminada, el entramado de madera y el de acero ligero.

En el caso del acero estructural y el hormigón prefabricado, aunque detentan de capacidades para realizar las dos funciones en una, su versión más extendida en Euskadi comprende la ejecución por medio de elementos lineales pesados de pilar y viga como esqueleto estructural.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

Del mismo modo que ocurre en la edificación in situ, éste puede resolver la estructura y el cerramiento en un mismo elemento, como por ejemplo una pantalla o muro de hormigón armado.

IN SITU

+1

Aunque la construcción in situ posee la propiedad de ejercer de cerramiento y estructura (como por ejemplo un muro de hormigón armado), por viabilidad económica se recomienda su ejecución por medio de elementos lineales que efectuarán la función de esqueleto estructural del edificio, el cual creará sus muros por medio de otro materiales más factibles y económicos.

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.8. COMPONENTES DEL SISTEMA

f.2. FUSIÓN ENTRE ESTRUCTURA Y CERRAMIENTO

Capacidad del sistema constructivo en unificar la estructura y el cerramiento de la construcción en un solo elemento, aumentando la superficie útil del edificio. Además, se generarán ahorros en el material, en el tiempo de ejecución y en la cantidad de gremios en obra.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	5	2	5	4	2

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
1	3	3	3	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.8. COMPONENTES DEL SISTEMA

f.2. FUSIÓN ENTRE ESTRUCTURA Y CERRAMIENTO

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

El sistema constructivo constituye la estructura y los cerramientos del edificio.

Está formado por muros y forjados portantes, los cuales consisten en paneles compuestos por tablas colocadas y encoladas de modo que la dirección de las fibras de dos planchas adyacentes sea perpendicular entre sí. Estos paneles pueden ejercer de muro, forjado y cubierta, por lo que todos los elementos del edificio serán estructurales, y gracias a sus láminas encoladas de forma cruzada, trabajarán de manera bidireccional, consiguiendo menores secciones. De esta manera se consigue un aumento en la superficie útil del edificio y la disminución de los materiales a emplear.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

El sistema constructivo constituye la estructura y los cerramientos del edificio.

Es un sistema constructivo de muros y forjados portantes, los cuales se componen de un entramado de madera de pequeños perfiles dispuestos paralelamente a una distancia de entre 30 y 60 cm, y unidos en los dos extremos por medio de dos listones perpendiculares. En caso de que algunos muros requiriesen de ser eliminados en algún momento de la vida útil del edificio, éstos podrían no ser portantes, aunque afectarían a la rentabilidad del sistema. Esta fusión entre estructura y cerramientos aumenta la superficie útil del espacio interior, y reduce la cantidad de material.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

Los elementos estructurales del edificio rara vez solucionan la función de cerramiento, a no ser que su disposición sea semejante a la del entramado de acero ligero, pero con perfiles de mayor tamaño.

El sistema constructivo generalmente consta de un esqueleto estructural de elementos lineales como pilares y vigas. Por lo que es necesario la integración de otro sistema constructivo para la ejecución de los muros. En el caso de fachadas de establecimiento industriales pueden usarse paneles sandwich, donde no sean necesarios altos requisitos en el comportamiento al uso.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

El sistema constructivo constituye la estructura y los cerramientos del edificio.

Se define como un sistema de muros y forjados portantes, compuestos por un esqueleto estructural de perfiles ligeros de acero, que colocados paralelamente entre sí, conformando la red de montantes o studs, y unidos en la parte inferior y superior mediante unos carriles (tracks) perpendiculares a la dirección, logran generar la estabilidad del edificio.

La fusión entre estructura y cerramientos consigue un aumento en la superficie útil del edificio y la disminución de los materiales a emplear.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

Aunque el sistema más asentado en Euskadi consiste en pilares, vigas, forjados y paneles de fachada de hormigón prefabricado, también existe la posibilidad de ejecutarlo por medio de paneles estructurales, los cuales combinaran las funciones de estructura y cerramiento.

De esta manera se consigue un aumento en la superficie útil del edificio y la disminución de los materiales a emplear.

HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

Aunque este sistema constructivo puede combinar ambas funciones, estructural y cerramiento, para garantizar la rentabilidad de la construcción se recomienda la ejecución de la estructura mediante elementos lineales de pilar y vigas y la incorporación de otros materiales o sistemas constructivos para efectuar los muros del edificio.

Por ello, la superficie útil se verá reducida en cierta medida.

A.8. COMPONENTES DEL SISTEMA

f.2. FUSIÓN ENTRE ESTRUCTURA Y CERRAMIENTO

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Los módulos están formados por paneles estructurales, por lo que se unifican cerramiento y estructura.
MIXTO	Los módulos y los paneles se componen de muros estructurales, por lo que combinan la función de cerramiento y estructura.
PANELES	La estructura y el cerramiento se unifican para crear un panel portante.
ELEMENTOS LINEALES	Puede constituir únicamente la estructura, como ocurre en el acero estructural o formar parte del cerramiento y estructura, como es el caso de LSF o entramado ligero de madera.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.8. COMPONENTES DEL SISTEMA

f.3. AUTONOMÍA DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

Independencia del sistema constructivo para formar la totalidad del edificio, sin necesidad de materiales o sistemas constructivos adicionales.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+1

Cierta dependencia para componer la totalidad de las partes del edificio.

Debido a reticencia hacia la utilización de sistemas totalmente industrializados, en la actualidad este sistema no está suficientemente aceptado o desarrollado para llegar a constituir la totalidad del edificio por medio de elementos industrializados. Por ejemplo, la cimentación, los sótanos y la solera son partes del edificio que aun se construyen in situ dentro de la construcción industrializada, tanto por la falta de conocimiento como por las facilidades constructivas. Además, algunos materiales o sistemas constructivos industrializados (la madera contralaminada, Wood Framing, o LSF) precisan del auxilio de otros para erigir la totalidad del edificio.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

Total dependencia sobre los sistemas de construcción industrializada.

Esto es así, debido a la imposibilidad de ejecutar la construcción sin la integración de ciertos elementos industrializados, como viguetas, bovedillas, tabiquería de cartón yeso, ventana o puertas prefabricadas, paneles de fachada, módulos de baño o cocina, etc.

Al igual que en el resto de sistemas, en la actualidad la cimentación se realiza por medio de técnicas in situ.

IN SITU

+2

Total independencia para erigir la totalidad del edificio.

Este sistema es capaz de adecuarse a todas las partes del edificio. Al contrario que la obra industrializada, permite grandes facilidades en el caso de la cimentación, y por ello este sistema es tan usado para la constitución de la base del edificio en los tres sistemas. De echo, en el hormigón vertido un situ es muy apropiado para la ocasiones en los que el terreno facilita la ejecución de estas piezas sin encofrado alguno debido a su firmeza y estabilidad, debiendo únicamente verter la mezcla a hueco que la parcela se haya realizado.

A.8. COMPONENTES DEL SISTEMA

f.3. AUTONOMÍA DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

Independencia del sistema constructivo para formar la totalidad del edificio, sin necesidad de materiales o sistemas constructivos adicionales.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
3	3	2	2	4	5

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	3	1

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)

A.8. COMPONENTES DEL SISTEMA

f.3. AUTONOMÍA DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Precisa de otros materiales (como el hormigón armado) para conformar la cimentación y los sótanos, debido a la presencia de humedad en el terreno. Igualmente, se usará hormigón armado en la planta baja del edificio en caso de estar ubicado en una urbe y cerca del tráfico, por posibles colisiones, así como por la posibilidad albergar distintos usos al de vivienda, debido a los consiguientes requerimientos de protección frente ante fuego. Dependiendo de la altura del edificio y su uso, este sistema requerirá de placas de cartón yeso para aumentar su resistencia ante incendio.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Precisa de otros materiales (como el hormigón armado) para conformar la cimentación y los sótanos, debido a la presencia de humedad en el terreno. Igualmente, se usará hormigón armado en la planta baja del edificio en caso de estar ubicado en una urbe y cerca del tráfico, por posibles colisiones, así como por la posibilidad albergar distintos usos al de vivienda, debido a los consiguientes requerimientos de protección frente ante fuego. Dependiendo de la altura del edificio y su uso, este sistema requerirá de placas de cartón yeso para aumentar su resistencia ante incendio.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Precisa de otros materiales (como el hormigón armado) para conformar la cimentación y los sótanos, debido a la presencia de humedad en el terreno; así como para proteger la estructura de posibles incendios (morteros, placas de cartón yeso, pinturas, etc) o constituir el muro de fachada de un edificio no industrial. Para realizar los forjados, el hormigón es uno de los complementos más empleados, como es el caso de la tipología de forjado colaborante. En caso de ser edificios de 3 o 4 plantas existen soluciones Dry Floor, los cuales se rigidizan mediante la madera. El comportamiento frente al ruido mejorará dependiendo de la elección del material.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Precisa de otros materiales (como el hormigón armado) para conformar la cimentación y los sótanos, debido a la presencia de humedad en el terreno. Igualmente, se usará hormigón armado en la planta baja del edificio en caso de estar ubicado en una urbe y cerca del tráfico, por posibles colisiones, así como por la posibilidad albergar distintos usos al de vivienda, debido a los consiguientes requerimientos de protección frente ante fuego.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	El sistema puede resolver casi la totalidad de elementos del edificio: cimentación, sótano, muro de cerramiento, muros divisorios, forjados y cubierta. Aunque no resulta viable para las particiones interiores (para el que se usan placas de cartón yeso), o como elemento aislante.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	El sistema puede resolver la totalidad de elementos del edificio: cimentación, sótano, muros divisorios, forjados y cubierta. Aunque no resulta viable para los muros de cerramiento, las particiones interiores (para el que se usa ladrillo o placas de cartón yeso), o como elemento aislante. Por lo que a menudo se opta por una obra semi industrializada.

A.8. COMPONENTES DEL SISTEMA

f.3. AUTONOMÍA DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	No procede.
MIXTO	No procede.
PANELES	No procede.
ELEMENTOS LINEALES	No procede.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No precisará de más materiales que los dispuestos dentro del sistema constructivo.
OBRA SEMI HÚMEDA	Precisará de cierta cantidad de hormigón, por lo que puede suponer la incorporación de otro material.

A.8. COMPONENTES DEL SISTEMA

f.4. COMBINACIÓN CON OTROS MATERIALES

Posibilidad de asociación con otros materiales, sistemas o componentes para la conformación final del edificio.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+2

Posibilita de asociación con otros materiales o sistemas constructivos, tanto industrializado como ciertos componentes in situ.

La totalidad de los sistemas constructivos industrializados pueden combinarse para optimizar la construcción de los edificios, permitiendo emplear cada uno de ellos para aquellas tareas en las que mejor se defiendan.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+2

Posibilita la combinación con otros materiales o sistemas constructivo, tanto técnicas in situ como ciertos elementos prefabricados.

Por ejemplo, puede ejecutarse un edificio de estructura lineal de hormigón in situ, con cerramientos prefabricados de paneles de hormigón, tabiquería de entramado de madera o acero ligero, y módulos de baños o cocinas prefabricadas.

IN SITU

+1

Posibilita la combinación con otros materiales o sistemas constructivos, siempre que estos sean llevado a cabo con técnicas in situ.

Por ejemplo, pueden combinarse una estructura in situ de hormigón armado, con cerramientos cerámicos, aislamiento de fibra de madera, etc.

A.8. COMPONENTES DEL SISTEMA

f.4. COMBINACIÓN CON OTROS MATERIALES

Posibilidad de asociación con otros materiales, sistemas o componentes para la conformación final del edificio.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	4	5	4	3	4

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.8. COMPONENTES DEL SISTEMA

f.4. COMBINACIÓN CON OTROS MATERIALES

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Permite la combinación con otros materiales. Por ejemplo, los edificios de madera (tanto ejecutados por medio de paneles, elementos lineales o módulos) requieren de elementos metálicos para la fijación de sus piezas como para reforzar su estabilidad. Igualmente, se combinarse con el hormigón prefabricado para ejecutar la cimentación. Por ello deben ser fácilmente combinables, protegiendo adecuadamente, en los casos que proceda, las juntas entre estos materiales o sistemas constructivos de tan diferentes características.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Permite la combinación con otros materiales. Por ejemplo, los edificios de madera (tanto ejecutados por medio de paneles, elementos lineales o módulos) requieren de elementos metálicos para la fijación de sus piezas como para reforzar su estabilidad. Igualmente, se combinarse con el hormigón prefabricado para ejecutar la cimentación. Por ello deben ser fácilmente combinables, protegiendo adecuadamente, en los casos que proceda, las juntas entre estos materiales o sistemas constructivos de tan diferentes características.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Permite la combinación con otros materiales o sistemas constructivos. De hecho, parte de su estructura puede estar compuesta por otros sistemas, como por ejemplo los forjados, que pueden efectuarse por medio de elementos prefabricados de hormigón. Igualmente la tabiquería se constituirá mediante el sistema Light Steel Framing. Dada a la necesidad de combinación con otros sistemas, es un sistema muy adaptable.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Permite la combinación con otros materiales. Por ejemplo, los edificios de acero ligero (tanto ejecutados por medio de paneles, elementos lineales o módulos) requieren otros materiales tanto para reforzar su estabilidad como para asegurar el adecuado comportamiento de uso. Igualmente, se combinarse con el hormigón prefabricado para ejecutar la cimentación. Por ello deben ser fácilmente combinables, protegiendo adecuadamente, en los casos que proceda, las juntas entre estos materiales o sistemas constructivos de tan diferentes características.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	Permite una menor combinación con otros materiales. Aunque en menor medida, este sistema podrá combinarse con otros sistemas constructivo o materiales para la constitución del edifico. Por ejemplo, un edificio de cimentación y estructura de hormigón prefabricado podrá completar su cubierta por medio de elementos lineales de acero laminado o ejecutar su tabiquería interior con el sistema Light Steel Framing.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Permite la combinación con otros materiales o sistemas constructivos, siempre que estos sean llevado a cabo con técnicas in situ. Por ejemplo, pueden combinarse una estructura in situ de hormigón armado, con cerramientos cerámicos, aislamiento de fibra de madera, etc.

A.8. COMPONENTES DEL SISTEMA

f.4. COMBINACIÓN CON OTROS MATERIALES

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	No procede.
MIXTO	No procede.
PANELES	No procede.
ELEMENTOS LINEALES	No procede.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.1. TÉCNICOS CUALIFICADOS EN OBRA

Incremento en la cualificación laboral del personal y operario implicados en la ejecución de la obra. Este valor añadido provocará una disminución en los accidentes laborales y posibilitará mayor calidad y la ejecución de la obra en un menor tiempo.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

Genera un incremento en la cualificación laboral del personal implicado en la obra.

Los operarios de las obras industrializadas son obreros de mayor especialización que los que las cuadrilla contratadas para la obra in situ.

Esto ocurre debido a que el único industrial en este tipo de obra industrializada es la empresa prefabricadora, la cual consta de técnicos especializados en la materia.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

Al ser un nivel intermedio entre la ejecución de una obra por medio de la industrialización y la ejecución un situ, se aproxima en mayor cantidad a la obra convencional, lo que genera una disminución de técnicos cualificados por lo que respecta a la obra industrializada, aproximándose a las condiciones de la obra tradicional.

IN SITU

-2

Por el contrario, en la obra tradicional interviene mayor cantidad de cuadrillas, las cuales poseen menor grado de especialización que en la obra industrializada.

Este hecho tiene lugar debido a la cantidad de trabajos a realizar en obra, así como a los diferentes gremios que deben participar en desempeño de estos trabajos.

BIBLIOGRAFÍA

— Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.1. TÉCNICOS CUALIFICADOS EN OBRA

Incremento en la cualificación laboral del personal y operario implicados en la ejecución de la obra. Este valor añadido provocará una disminución en los accidentes laborales y posibilitará mayor calidad y la ejecución de la obra en un menor tiempo.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	4	3	4	3	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
0	3	3	3	3	0

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	3	0

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA

f.1. TÉCNICOS CUALIFICADOS EN OBRA



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Este tipo de construcción en madera fomenta la incorporación de técnicos cualificados en la fase de obra. Estos operarios que se responsabilicen de la colocación o montaje de las piezas estructurales pertenecerán al ámbito laboral de la empresa prefabricadora, por lo que detentarán de gran cantidad de conocimientos sobre el sistema de madera contralaminada.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Este tipo de construcción en madera fomenta la incorporación de técnicos cualificados en la fase de obra. Estos operarios que se responsabilicen de la colocación o montaje de las piezas estructurales pertenecerán al ámbito laboral de la empresa prefabricadora, por lo que detentarán de gran cantidad de conocimientos sobre el sistema de entramado de madera.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	El sistema de acero estructural aumenta en menor medida la cantidad de técnicos cualificados en obra. Debido a tratarse de una tipo de construcción más habitual en Euskadi, así como a su dependencia sobre otros materiales o sistemas constructivos para la ejecución de forjados, cerramientos y tabiquería interior, la cantidad de gremios aumenta y la cuantía de técnicos cualificados disminuye.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Este sistema constructivo posibilita la incorporación de técnicos cualificados en la fase de obra, aunque debido a su fácil montaje, en caso de tratarse de un edificio simple, puede ser construido por operarios de menor especialización. Los operarios involucrados en la obra son parte de la plantilla de la empresa prefabricadora, por lo que detentan de gran cantidad de conocimientos sobre el sistema de entramado de acero ligero. Puesto que la utilización del sistema es aun mínima en nuestro territorio, escasean los profesionales cualificados que sean expertos en el montaje del sistema.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	El sistema de hormigón prefabricado aumenta en menor medida la cantidad de técnicos cualificados en obra. Debido a tratarse de un material más habitual en Euskadi, así como a su dependencia sobre otros materiales o sistemas constructivos para la ejecución tabiquería interior y otros, la cantidad de gremios aumenta y la cuantía de técnicos cualificados disminuye.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	La construcción por medio de hormigón vertido in situ no fomenta la incorporación de técnicos cualificados en la fase de obra. La cantidad de gremios en obra aumenta y la especialización de estos disminuye.

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.1. TÉCNICOS CUALIFICADOS EN OBRA

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	La cualificación laboral del personal y de los operarios que intervienen en la obra aumenta.
MIXTO	La cualificación laboral del personal y de los operarios que intervienen en la obra aumenta.
PANELES	La cualificación laboral del personal y de los operarios que intervienen en la obra aumenta.
ELEMENTOS LINEALES	La cualificación laboral del personal y de los operarios que intervienen en la obra aumenta.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Los acabados o instalaciones se incorporarán en fabrica, lo que aumenta la cantidad de técnicos especializados y reduce los gremios en obra.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Al ejecutarse los acabados o instalaciones en obra, aumentará la cantidad de gremios en obra, disminuyendo la especialización de estos sobre las técnicas del sistema constructivo empleado.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	Aumentará la cantidad de técnicos cualificados, los cuales pertenecerán a la empresa prefabricadora.
OBRA SEMI HÚMEDA	Disminuirá la cualificación de las cuadrilla, debido al aumento en la cantidad de gremios.

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.2. ACCIDENTABILIDAD EN OBRA

Aumento de la seguridad de los trabajadores implicados en la ejecución de la construcción, reduciendo la probabilidad de percances en obra. Estos incidentes pueden ser producidos por el movimiento de cargas, trabajos en altura, transporte, acopio, etc.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

La ejecución de la obra por medio de técnicos especializados deriva en una reducción del 90% en la cuantía de accidentes laborales de los trabajadores.

Además, dado que gran parte de los trabajos han sido realizados en fábrica (hormigonado, cortes de piezas, colocación de acabados, etc.), y con unas condiciones de ejecución más controladas y estrictas (protegido de las inclemencias del tiempo, operaciones manuales más sencillas y estandarizadas, sin andamios y a poca altura, etc.), la seguridad de los trabajadores aumenta considerablemente.

Por lo tanto, una construcción en fábrica influye favorablemente la disminución de la accidentabilidad, ya que una construcción más rápida, segura y controlada, disminuye la presencia de accidentes.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

La accidentabilidad en obra aumenta respecto a los procesos industrializados.

Debido a que ciertos trabajos han sido realizados en fábrica, disminuyen proporcionalmente las operaciones manuales en obra.

No obstante, la probabilidad de contratiempos sigue existiendo.

Además, el tiempo que los trabajadores pasan a la intemperie sigue siendo mayor en comparación con la obra industrializada, aumentando la peligrosidad.

IN SITU

-2

La accidentabilidad en obra aumenta respecto a los procesos industrializados en un 90%.

Debido al aumento en la cantidad de elementos necesarios para ejecutar la construcción in situ (hormigón, armaduras, encofrados, ladrillos, morteros, etc.), así como su carácter manual y complejo, genera mayor desgaste físico en los trabajadores implicados.

Además, estos elementos efectuados in situ, no alcanzan la estabilidad hasta una vez transcurrido el periodo de fraguado, lo que pone en peligro la seguridad de los obreros que los manipulen.

Del mismo modo, la obligatoriedad de trabajar a la intemperie aumenta la posibilidad de accidentes en la obra.

BIBLIOGRAFÍA

— Estudio comparativo entre distintas metodologías de industrialización de la construcción de viviendas. Diego Gómez Muñoz. (2008)

— Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)

— Procesos y técnicas de construcción. Hernán de Solminihac. (2008)

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.2. ACCIDENTABILIDAD EN OBRA

Aumento de la seguridad de los trabajadores implicados en la ejecución de la construcción, reduciendo la probabilidad de percances en obra. Estos incidentes pueden ser producidos por el movimiento de cargas, trabajos en altura, transporte, acopio, etc.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
5	5	4	5	4	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
0	3	3	3	3	0

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	3	0

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— Estudio comparativo entre distintas metodologías de industrialización de la construcción de viviendas. Diego Gómez Muñoz. (2008)

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.2. ACCIDENTABILIDAD EN OBRA

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Se mejoran considerablemente las condiciones laborales del personal implicado en cada una de las fases de fabricación y montaje, y repercute de manera muy significativa en la reducción de los riesgos de accidentes en obra, siendo siempre un aspecto a mejorar. Gran parte de las tareas se realizan fábrica, donde las condiciones de trabajo están más controladas y por lo tanto son más seguras, reduciendo al mínimo la cantidad de tareas en obra.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Se mejoran considerablemente las condiciones laborales del personal implicado en cada una de las fases de fabricación y montaje, y repercute de manera muy significativa en la reducción de los riesgos de accidentes en obra, siendo siempre un aspecto a mejorar. Gran parte de las tareas se realizan fábrica, donde las condiciones de trabajo están más controladas y por lo tanto son más seguras, reduciendo al mínimo la cantidad de tareas en obra.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Las condiciones de trabajo son mejores que en la obra in situ, aunque peores que en los sistemas constructivos de madera contralaminada, entramado de madera y acero ligero. La peligrosidad disminuirá debido al aumento de trabajo en fábrica y la correspondiente disminución de operaciones manuales en obra y la reducción de los riesgos de accidentes. Por el contrario aumenta respecto a los sistemas constructivos industrializados mencionados, debido a que las construcciones de acero estructural, habitualmente, aumenta la cantidad de tareas a realizar en obra. Se requiere una especialización de la mano de obra.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Se mejoran considerablemente las condiciones laborales del personal implicado en cada una de las fases de fabricación y montaje, y repercute de manera muy significativa en la reducción de los riesgos de accidentes en obra, siendo siempre un aspecto a mejorar. Gran parte de las tareas se realizan fábrica, donde las condiciones de trabajo están más controladas y por lo tanto son más seguras, reduciendo al mínimo la cantidad de tareas en obra.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	La disminución de accidentes en este tipo de obras es menos destacada en comparación con los sistemas constructivos en madera o LSF. Esto ocurre debido al gran peso y al consiguiente aumento en la complejidad de la ejecución de la obra. Además, aun son muchas las construcción de hormigón prefabricado que se ejecutan de modo semi húmedo, lo que aumenta la peligrosidad. En comparación con el sistema de hormigón in situ, la ejecución de hormigón prefabricado permite gran reducción de accidentes debido a que muchos de los trabajos ya han sido resueltos en fabrica, como el hormigonado de pilares, paneles y vigas, o la incorporación de los acabados de fachada.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	La ejecución in situ del edificio aumenta drásticamente la probabilidad de accidentes en obra, debido a que la mayor parte de los procesos se realizan en la ubicación. Además, al tratarse de una obra totalmente húmeda, su estructura no entrará en carga hasta su fraguado.

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.2. ACCIDENTABILIDAD EN OBRA

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Dado que los módulos se producen en fábrica, y que estos se construyen bajo condiciones controladas, la probabilidad de sufrir un accidente disminuirá considerablemente.
MIXTO	Dado que los módulos y paneles se producen en fábrica, y que estos se construyen bajo condiciones controladas, la probabilidad de sufrir un accidente disminuirá considerablemente.
PANELES	Dado que los paneles se producen en fábrica, y que estos se construyen bajo condiciones controladas, la probabilidad de sufrir un accidente disminuirá considerablemente.
ELEMENTOS LINEALES	Dependiendo de la escala de los elementos lineales empleados y su correspondencia con ciertos sistemas constructivos pueden disminuir en mayor o menor grado la posibilidad de accidentes. Unos perfiles ligeros, estandarizados y fáciles de manipular reducirán la posibilidad de percances.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La colocación de los acabados y/o instalaciones en fábrica disminuirá altamente la peligrosidad en la obra. Esto sucede debido a que los acabados se fijarán desde una baja y segura altura, sin necesidad de andamiaje.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Su ejecución en obra de los acabados y/o instalaciones aumentará la probabilidad de accidentes debido a su ejecución en altura y por el exterior del edificio. Para asegurar la seguridad del trabajador, deberán instalarse andamios y sistemas de seguridad.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	La seguridad aumentará debido a que los elementos entrarán en carga tan pronto sean fijados.
OBRA SEMI HÚMEDA	En el caso de la uniones, la seguridad disminuye debido a que la estructura no entrará en carga hasta que fragüe.

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.3. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Reducción de la afección de la climatología a la construcción, así como a las condiciones de los trabajadores. El clima afecta gravemente a la fase de obra, debido a que puede perjudicar a la estructura edificada o aumentar la accidentabilidad. Por ello, en ciertas ocasiones las obras deben paralizarse ante condiciones climáticas adversas.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+2

Las condiciones climáticas afectan mínimamente a las construcciones industrializadas, debido a que gran parte de las tareas son realizadas en la fábrica. De este modo, los trabajadores pueden beneficiarse de gran seguridad respecto a la obra in situ y los elementos prefabricados están protegidos de cambios de temperatura o grandes lluvias, aumentando su resistencia y reduciendo la aparición de imprevistos o fallos.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

Las condiciones climáticas afectan en menor medida que en la obra in situ debido a que parte de los elementos del edificio pueden ser prefabricados, disminuyendo tanto las tareas en obra como el tiempo de dicha fase.

IN SITU

-2

Las condiciones climáticas adversas afectan considerablemente en este tipo de obras, tanto en la fase de fraguado del hormigón como en la seguridad de los trabajadores que efectúen la construcción del edificio, llegando a paralizar la obra en casos extremos.

Debe protegerse el hormigón vertido tanto de lluvias intensas, como de vientos y tiempos calurosos. Para el primer caso, habrán de cubrir las superficies desfavorables con delgadas sabanas de material plástico para impermeabilizarlas durante el intervalo de lluvia torrencial. Por el contrario, y en caso de épocas de fuertes calores, debe regarse en hormigón de modo que su fraguado sea el correcto y evitando la aparición de fisuras.

BIBLIOGRAFÍA

— Estudio comparativo entre distintas metodologías de industrialización de la construcción de viviendas. Diego Gómez Muñoz. (2008)

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.3. CONDICIONES CLIMÁTICAS

Reducción de la afección de la climatología a la construcción, así como a las condiciones de los trabajadores. El clima afecta gravemente a la fase de obra, debido a que puede perjudicar a la estructura edificada o aumentar la accidentabilidad. Por ello, en ciertas ocasiones las obras deben paralizarse ante condiciones climáticas adversas.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
3	3	2	3	3	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
0	1	2	3	3	0

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	3	0

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA

f.3. CONDICIONES CLIMÁTICAS



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Este sistema puede verse afectado por las condiciones climáticas, aunque en caso de protegerse bien no se verá afectado. Aunque su fase de construcción en el solar sea muy reducido, en caso de condiciones climáticas adversas habrá de proteger los elementos estructurales so constructivo que hayan sido colocados o montados. Para reducir estos imprevistos, muchas de las piezas llegan a obra con parte de sus acabados, protegiéndolos así de los factores climáticos.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Este sistema puede verse afectado por las condiciones climáticas, aunque en caso de protegerse bien no se verá afectado. Aunque su fase de construcción en el solar sea muy reducido, en caso de condiciones climáticas adversas habrá de proteger los elementos estructurales so constructivo que hayan sido colocados o montados. Para reducir estos imprevistos, muchas de las piezas llegan a obra con parte de sus acabados, protegiéndolos así de los factores climáticos.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Debido a que este sistema se ejecuta, en gran parte, por elementos lineales, las condiciones climáticas pueden afectarle en mayor medida, ya que su ejecución en el solar puede constar de mayor cantidad de tareas, por lo que el periodo en obra podrá verse aumentado. Las condiciones climatológicas pueden afectar a las uniones soldadas, por lo que se recomienda que estas se realicen en taller y por personal cualificado.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Este sistema puede verse afectado por las condiciones climáticas, aunque en caso de protegerse bien no se verá afectado. Aunque su fase de construcción en el solar sea muy reducido, en caso de condiciones climáticas adversas habrá de proteger los elementos estructurales so constructivo que hayan sido colocados o montados. Para reducir estos imprevistos, muchas de las piezas llegan a obra con parte de sus acabados, protegiéndolos así de los factores climáticos.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	Este sistema puede verse afectado por las condiciones climáticas en los casos en los que se precise el fraguado de juntas semi húmedas, las cuales podrán verse afectadas al igual que ocurre en las técnicas in situ.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Los materiales han de traerse unos días antes de ser incorporados en el edificio, de modo que puedan adaptarse a las condiciones climáticas del lugar y no sufran posteriores dilataciones. Las inclemencias del tiempo pueden afectar gravemente a la resistencia de la estructura como a la seguridad de los trabajadores. Por una parte ha de controlarse el fraguado del hormigón, protegiéndolo de fuertes lluvias o bajas temperaturas y humedeciéndolo en presencia de vientos calurosos. Además, en los momentos en los que la climatología ponga en peligro la seguridad de los técnicos, habrá de parar la fase de obra.

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.3. CONDICIONES CLIMÁTICAS

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Dado que los módulos se construyen en casi toda su totalidad en fábrica, el tiempo que los obreros han de pasar a la intemperie es mínimo, por lo que la afección climática será la más reducida en este caso.
MIXTO	La afección climática será poco mayor en comparación con la ejecución de los módulos. Este aumento será proporcional a la cantidad de paneles empleados en lugar de módulos.
PANELES	La ejecución por paneles aumenta en cierto grado la afección por las condiciones climáticas, debido a que el tiempo en obra se vera ciertamente aumentado respecto a las dos anteriores.
ELEMENTOS LINEALES	Este el tipo de ejecución que más afectado se verá por las condiciones climáticas, ya que se prolongará en mayor periodo de tiempo en comparación con los otros tres.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Las inclemencias de tiempo afectaran menos a los elementos estructurales debido a estar cubiertos con los correspondientes acabados. Además, el tiempo de ejecución en obra será menor y la climatología afectará en menor periodo.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Los elementos estructurales están expuestos a las condiciones climáticas, pudiendo ser afectadas negativamente.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	El tiempo no afectara a la uniones entre los elementos prefabricados.
OBRA SEMI HÚMEDA	Las uniones entre elementos prefabricados pueden verse afectadas en caso de su ejecución in situ.

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.4. CALIDAD DE EJECUCIÓN/MANTENIMIENTO

Incremento de la calidad del producto final, disminuyendo el mantenimiento necesario a realizar en un futuro por parte del usuario.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

Se reduce el numero de defectos en un 90% respecto a la obra in situ o semi industrializada.

La ejecución se coordina desde el momento del diseño, de modo que no ocurra ningún error en obra. Los sistemas industrializados destacan por una coordinación y planteamiento teórico firme.

Además, debido a que los elementos prefabricados que deben colocarse en el edificio se producen en fábrica, y de un modo altamente controlado y unas condiciones exhaustivas, la calidad de sus materiales y acabados será mayor que si se ejecutasen in situ.

En obra únicamente se montarán las piezas prefabricadas, por lo que los únicos problemas que puedan surgir son los desperfectos derivados de transporte de dichas piezas.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

En la obra semi industrializada, parte de la construcción se realiza in situ, integrando diversos elementos prefabricados.

Debido a ser una mezcla de y la construcción industrializada, conllevará una disminución en la calidad respecto a la industrializada.

IN SITU

-2

Las necesidades de mantenimiento a posteriori, se incrementan respecto a las exigidas por los materiales de los sistemas industrializados. Al tratarse de una obra que no ha sido sometido a tan altos niveles de control es clara la aparición de defectos y la obtención de acabados de menor calidad.

Igualmente, la cantidad de gremios y su falta de coordinación aumentan la cantidad de fallos en la ejecución. Estos errores que pueden ocurrir en la obra se arreglan de modo rápido e ineficiente, lo conlleva la disminución de la calidad final del edificio.

BIBLIOGRAFÍA

— "Evolución de los sistemas de construcción industrializados a base de elementos prefabricados" Christian Escrig Pérez.

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.4. CALIDAD DE EJECUCIÓN/MANTENIMIENTO

Incremento de la calidad del producto final, disminuyendo el mantenimiento necesario a realizar en un futuro por parte del usuario.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	4	3	4	3	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	HORMIGÓN IN SITU
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	3	0

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)
- Evolución de los sistemas de construcción industrializados a base de elementos prefabricados de hormigón. Christian Escrig Pérez.

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA

f.4. CALIDAD DE EJECUCIÓN/MANTENIMIENTO



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Gran calidad de ejecución, menor cantidad de defectos y disminución del mantenimiento. Las necesidades de mantenimiento a posteriori, una vez terminada la obra, se reducen respecto al mantenimiento exigidos por la construcción in situ, debido a la reducción defectos y mejora de la calidad de los acabados resultante del alto grado de industrialización del sistema. Los productos de madera comercializada en el entorno del País Vasco disponen de marcado CE o DITE (actualmente conocido como DdP Declaración de Prestaciones).
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Gran calidad de ejecución, menor cantidad de defectos y disminución del mantenimiento. Todos los pasos de instalaciones y mecanismos se realizan en el interior de las paredes, los forjados y las cubiertas, evitando la ejecución de rozas en las paredes y su posterior relleno y secado redundando una elevada calidad de ejecución y mayor facilidad de mantenimiento. Las necesidades de mantenimiento se reducen respecto a los exigidos por la construcción in situ. Los productos de madera comercializada en el entorno del País Vasco disponen de marcado CE o DITE (actualmente conocido como DdP Declaración de Prestaciones).
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Calidad de ejecución, minoración de los defectos y facilidad de mantenimiento. Los componentes estructurales de acero son producidos con una maquinaria y unos sistemas de control con unas tolerancias limitadas a milímetros y por lo tanto los productos finales llevan un alto nivel de control de calidad. En caso de que el mantenimiento de estas piezas se realice correctamente, estas podrán durar indefinidamente. En caso de estar expuestos al aire, la humedad y a otros medio corrosivos, es recomendable que sean pintados periódicamente. Pueden usarse aceros intemperizados para evitar esta necesidad y minorar costos.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Gran calidad de ejecución, menor cantidad de defectos y disminución del mantenimiento. Todos los pasos de instalaciones y mecanismos se realizan en el interior de las paredes, los forjados y las cubiertas, evitando la ejecución de rozas en las paredes y su posterior relleno y secado redundando una elevada calidad de ejecución y mayor facilidad de mantenimiento. Las necesidades de mantenimiento se reducen respecto a los exigidos por la construcción in situ. Los productos de madera comercializada en el entorno del País Vasco disponen de marcado CE o DITE (actualmente conocido como DdP Declaración de Prestaciones).
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	Calidad de ejecución, minoración de los defectos y facilidad de mantenimiento. La calidad del material y de los acabados será mejor en comparación con el hormigón in situ, debido a que se su vertido y fraguado se efectúa en fábrica bajo un control exhaustivo y unas condiciones ambientales adecuadas. Los únicos desperfectos podrían ocurrir en el transporte de las piezas. Los moldes se dispondrán del modo más adecuado y se controlarán el vibrado y desencofrado, de modo que la calidad sea máxima. Las estructuras prefabricadas se diseñan para facilitar las tareas de mantenimiento preventivo, son más durables y son más fácilmente desmontables y sustitutivas.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	El control de calidad del hormigón no se realiza en fábrica, sino que se deriva prácticamente al momento de recepción en la obra, por ejemplo rotura de probetas para caracterizar su resistencia. Los errores que ocurran en obra se solucionarán rápidamente pero no de un modo tan eficaz como si se hubiesen efectuado en una planta controlada.

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.4. CALIDAD DE EJECUCIÓN/MANTENIMIENTO

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	No procede.
MIXTO	No procede.
PANELES	No procede.
ELEMENTOS LINEALES	No procede.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	El mantenimiento será menor en comparación con la ejecución de los acabados y/o instalaciones en obra. Esto deriva del incremento de la calidad en los elementos producido en fábrica, así como en su facilidad de mantenimiento y su fácil desmontaje en caso de requerir alguna sustitución.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La colocación de los acabados y/o instalaciones en obra reduce la calidad y aumenta en mantenimiento que deba hacerse a posteriori. Además, muchos de estos acabados y/o instalaciones suelen ser de difícil acceso y desmontaje, lo que dificulta su reparación o sustitución.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.5. CORRECCIONES EN OBRA

Capacidad y facilidad en la realización de rectificaciones o modificaciones en obra ante cambios o problemas imprevistos.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

-1

Aunque las correcciones en obra serán más complejas, la cuantía de estas se verá drásticamente reducida.

De hecho, la planificación y diseño inicial adquirirá mayor importancia, impidiendo la aparición de imprevistos en obra y asegurando el perfecto montaje de los elementos prefabricados. Todas las piezas y uniones se diseñarán y detallarán en los planos de ejecución, describiendo el modo de ejecución de todos los puntos conflictivos.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

Aunque la cantidad de errores en obra puedan ser mayores, sus correcciones serán más ágiles.

Debido al alto conocimiento y a la gran experiencia que los agentes involucrados en la edificación tienen sobre este sistema semi industrializado, la corrección de los errores resulta más rápida.

Estos errores, aunque fáciles de solucionar, no generaran ningún registro sobre ellos por lo que a posterior pueden ocurrir mayores inconvenientes que requieran de mantenimiento adicional.

IN SITU

+2

Aunque la cantidad de errores en obra son mayores, sus correcciones serán más ágiles.

Existe gran conocimiento y experiencia en la ejecución de las obras in situ, lo que facilita y agiliza la corrección de puntos dudosos o posibles errores que aparezcan en el transcurso de la construcción. Aunque estas soluciones son rápidas, tienen muchos inconvenientes, dado que no se registran los errores y pueden ocurrir mayores fallos a posteriori. Además, se producen más residuos y pueden implicar trabajos desconocidos y peligrosos.

Respecto a la obra prefabricada, la construcción tradicional no consta de una planificación o diseño detallado.

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.5. CORRECCIONES EN OBRA

Capacidad y facilidad en la realización de rectificaciones o modificaciones en obra ante cambios o problemas imprevistos.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
3	3	3	3	0	5

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
3	2	1	1	0	3

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	0	3

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)
- Una escuela para una educación sostenible. Sandra Bestraten Castells y Emilio Hormías Laperal. (2015)

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA

f.5. CORRECCIONES EN OBRA



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Reducida posibilidad de correcciones en obra. Ante la rígida prefabricación, la madera aporta una pequeña posibilidad de cambios en obra, debido a que es fácilmente manipulable y flexible. Por esta razón, en el momento de la obra pueden realizarse pequeños cortes en los paneles contralaminados para adecuarse a pequeños errores en las dimensiones o para el paso de instalaciones u otros elementos pasantes.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Posibilidad de ciertas correcciones en obra. Dependiendo de su nivel de industrialización, podrán realizarse mayores o menores correcciones en obra. En caso de requerir la ejecución de la construcción por medio de paneles, las correcciones en obra serán más complejas debido a su semejanza con los paneles contralaminados. En cambio, si se ejecuta por medio de pequeños elementos lineales, podrán efectuarse mayores modificaciones en obra, tal y como ocurre en LSF.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Posibilidad de ciertas correcciones en obra. Estas modificaciones constarán de cortes en los perfiles, refuerzos por medio de soldadura de placas de acero, etc.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Posibilidad de ciertas correcciones en obra. Permite correcciones en obra, debido a su flexibilidad en el montaje. En caso de llegar a obra en forma de panel o modulo, estos pueden desmontarse y corregirse en obra. Igualmente, en el caso de ejecutarse por medio de elementos lineales, los perfiles pueden llegar enteros a la obra y proceder a su corte en el momento de ser colocados, permitiendo modificaciones o adaptaciones.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	No permite correcciones en obra. Este es un sistema muy rígido. Sus elementos prefabricados (tanto pilares, vigas y paneles) no pueden ser modificados en obra, debiendo volver a producirlos en fabrica ante cualquier error. Esto generará un aumento en el costo, así como en el plazo de ejecución.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Se permiten correcciones en obra, aunque estás son dudosas debido a su rapidez de ejecución, su ausencia de información en el proyecto de ejecución y el desconocimiento de algunos trabajos a realizar.

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.5. CORRECCIONES EN OBRA

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Los posibles errores en la obra serán mínimos debido a la producción de los módulos en una fábrica, bajo estrictos controles y maquinaría adaptada. En caso de existir puntos conflictivos, su solución será compleja de resolver.
MIXTO	Al igual que en los módulos, los errores son mínimos pero difíciles de solucionar, aunque puede tener algo más de flexibilidad que los módulos.
PANELES	Del mismo modo que el anterior los errores deberán ser mínimos. Aunque puede tener algo más de flexibilidad que los módulos.
ELEMENTOS LINEALES	En caso de emplear elementos lineales para la construcción del edificio, la corrección de errores en obra se realizarán con mayor facilidad.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	En caso de fijar las instalaciones y/o acabados en fabrica, se reducirá la probabilidad de aparición de errores en obra, aunque la solución de puntos conflictivos in situ será más compleja.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La colocación de los acabados y/o instalaciones en la obra, facilita la solución de errores pero aumenta la probabilidad de su aparición.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	Requiere de mayor detalle en el diseño y planificación previo, pero minimiza la probabilidad de aparición de errores.
OBRA SEMI HÚMEDA	La incorporación de hormigón vertido en obra facilita la aparición de imprevistos, aunque su solución es más sencilla.

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.6. CANTIDAD DE TRABAJADORES Y GREMIOS EN OBRA

Reducción de la cuantía de operarios y gremios que intervienen en la construcción del edificio.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+2

Reducción en la cantidad de operarios y gremios que intervienen en la fase de obra.

En la obra industrializada, y según el sistema constructivo empleado y su grado de prefabricación, puede reducirse drásticamente la intervención de distintos industriales. En caso de que los elementos prefabricados lleguen a obra totalmente finalizados, los únicos trabajadores requerido serán los de la empresa prefabricadora.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

Se reduce levemente la cantidad de operarios y gremios que intervienen en la obra.

En cualquier caso, se requerirá de gran cantidad de operario y gremios de diversa índole para hacer frente a las múltiples tareas que habrá de realizar.

IN SITU

-2

No se reduce la cantidad de operarios y gremios que intervienen en la obra.

Los trabajos realizados en la obra convencional aumenta el número de industriales a intervenir en la obra, por lo que será necesaria más mano de obra en el solar y la cantidad de distintas empresas o gremios se incrementará considerablemente respecto a la obra industrializada.

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.6. CANTIDAD DE TRABAJADORES Y GREMIOS EN OBRA

Reducción de la cuantía de operarios y gremios que intervienen en la construcción del edificio.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	4	2	4	3	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
1	2	2	3	3	0

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA

f.6. CANTIDAD DE TRABAJADORES Y GREMIOS EN OBRA



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Este sistema reduce considerablemente la cantidad de trabajadores en obra. Si bien requiere de personal cualificado en el montaje del sistema, la cantidad de personal reduce de manera notable, y especialmente si el edificio se realiza por medio de módulos de madera contralaminada.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Al igual que en el caso anterior este sistema reduce considerablemente la cantidad de trabajadores en obra, aunque requiere de personal cualificado en el montaje del sistema. La necesidad de personal en obra es mínima si el edificio se realiza por medio de módulos.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Reduce ligeramente la necesidad de personal en obra. Debido a que no se trata de un sistema que conlleve muchos elementos prefabricados, para todo el resto de la obra se requiere de personal similar a la construcción in situ.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Al igual que en el caso de la construcción en madera este sistema reduce considerablemente la cantidad de trabajadores en obra, aunque requiere de personal cualificado en el montaje del sistema. La necesidad de personal en obra es mínima si el edificio se realiza por medio de módulos.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	Reduce ligeramente la necesidad de personal en obra. Debido a que no se trata de un sistema que conlleve muchos elementos prefabricados, para todo el resto de la obra se requiere de personal similar a la construcción in situ.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Es el sistema que mayor cantidad de trabajadores y gremios de obra requiere en obra.

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.6. CANTIDAD DE TRABAJADORES Y GREMIOS EN OBRA

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Es el sistema que menos personal requiere en obra, ya que los módulos generalmente incluyen muchos de los elementos constructivos y acabados de obra.
MIXTO	Reduce el personal que se requiere en obra, aunque en menor medida que en el caso de los módulos, ya que se sigue requiriendo de personal similar a la obra in situ, para los diferentes acabados que se deberán realizar en obra.
PANELES	Reduce el personal que se requiere en obra, aunque en menor medida que en el caso de los módulos, ya que se sigue requiriendo de personal similar a la obra in situ, para los diferentes acabados que se deberán realizar en obra.
ELEMENTOS LINEALES	Reduce levemente el personal que se requiere en obra,, ya que siguen realizando la mayoría de los trabajos de la obra, in situ.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Minimiza la necesidad de operarios en obra por estar prácticamente todo acabado en fábrica y sólo requerir de los empalmes y montajes en obra.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No reduce la necesidad de los gremios en obra para realizar este tipo de trabajos.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.7. PUESTA EN OBRA DE LAS PIEZAS Y MATERIALES

Comodidad y agilidad en la manipulación, el montaje y la ejecución de la obra. Este factor dependerá de la correcta gestión de los trabajos realizados en obra.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+1

Gran comodidad y agilidad en la manipulación, montaje y ejecución de la obra.

Por lo general, la gestión de trabajos en la obra industrializada dependerá directamente del conjunto formado por la propiedad, la dirección facultativa, la constructora y la prefabricadora. De este modo, la cantidad de industriales para la construcción del edificio se verá drásticamente reducida, evitando el cúmulo de gremios en la obra.

La sustitución de este grupo de cuadrillas por la propia empresa prefabricadora, agiliza y facilita los trabajos a realizar en obra, de modo que las tareas se realizan de un modo coordinado.

Quizás la construcción en módulos sí requiere de maquinaria especial para su manipulación y montaje.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

Reducida comodidad y agilidad en la manipulación, montaje y ejecución de la obra.

Por lo general, los elementos industrializados integrados en la obra son de un menor nivel de industrialización en comparación con la obra totalmente industrializada, por lo que requerirán de mayor cantidad de tareas para su colocación.

Además, estos elementos se encontrarán dentro de una obra in situ, por lo que la cantidad de gremios se verá reducida ligeramente en comparación con la obra tradicional.

IN SITU

-2

Falta de comodidad y agilidad en la manipulación, montaje y ejecución de la obra.

Habitualmente, en la obra tradicional existen dos niveles de gestión. El primero consta de la propiedad, la dirección y la constructora y el segundo está formado por la empresa constructora, la cual coordina un conjunto amplio y heterogéneo de industriales.

La aparición de esta cantidad de gremios especializados en diferentes materias conlleva mayor mano de obra y la aparición de un mayor numero de empresa, complicando la dirección de la obra.

Aunque es cierto que la manipulación de material de pequeño tamaño puede realizarse de manera más sencilla que en el caso de la industrializada.

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.7. PUESTA EN OBRA DE LAS PIEZAS Y MATERIALES

Comodidad y agilidad en la manipulación, el montaje y la ejecución de la obra. Este factor dependerá de la correcta gestión de los trabajos realizados en obra.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	4	3	4	2	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
0	1	2	3	3	0

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	3	1

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2009)

— Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA

f.7. PUESTA EN OBRA DE LAS PIEZAS Y MATERIALES



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Este sistema permite gran agilidad en la colocación de las piezas y la ejecución de la obra. El montaje de los paneles se realiza totalmente en obra seca, lo que agiliza el proceso en obra, eliminando por completo las labores provisionales como el levantamiento de encofrados. El montaje de los paneles se realiza a velocidad de 50 m^2 al día por cada pareja de operarios y el operario de la grúa.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Este sistema permite gran comodidad y agilidad en la manipulación y colocación de las piezas, así como en la ejecución de la obra al completo. El montaje de los componentes se realiza totalmente en seca, lo que agiliza el proceso en obra, eliminando por completo las labores provisionales como el levantamiento de encofrados. Además, al tratarse de piezas de bajo peso, y en caso de ejecutarse por medio de elementos lineales, estos pueden manipularse o moverse sin necesidad de maquinaria pesada.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	El sistema constructivo de acero estructural no garantiza gran agilidad, a no ser que se empleen piezas con un alto grado de prefabricación para evitar procesos in situ. El montaje de los diferentes elementos metálicos se realiza mediante elementos de uniones metálicas. Los forjados suelen completarse con una capa de compresión de hormigón, por lo que el montaje no es del todo seco y requerirá de fraguado. Además el sistema precisa de otros materiales o sistemas constructivos para completar el edificio, como tabiquería, cerramiento, etc., llegando incluso a requerir de gran cantidad de hormigón in situ para los casos de forjados colaborantes.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Este sistema permite gran comodidad y agilidad en la manipulación y colocación de las piezas, así como en la ejecución de la obra al completo. El montaje de todos los componentes se realiza totalmente en seca, lo que agiliza el proceso en obra, eliminando por completo las labores provisionales como el levantamiento de encofrados. Además, al tratarse de piezas de bajo peso, y en caso de ejecutarse por medio de elementos lineales, estos pueden manipularse o moverse sin necesidad de maquinaria pesada.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	Las piezas prefabricadas de hormigón destacan por su gran peso y dimensiones, lo que dificulta su movilidad y manipulación, precisando de maquinaria de grandes prestaciones.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	El sistema constructivo no agiliza la fase de obra. La obra in situ destaca por la cantidad de tareas que deben ser realizadas in situ, así como por la consecuente ampliación del periodo de construcción respecto a los sistemas industrializados. Estos factores dificultan la agilidad y complican una ejecución cómoda de la obra.

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA

f.7. PUESTA EN OBRA DE LAS PIEZAS Y MATERIALES



GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Los edificios modulares se montan con gran agilidad. Estos pueden garantizar su estabilidad desde su construcción en fábrica, por lo que no se requerirá de apoyos provisionales o elementos auxiliares, aunque si de maquinaria especial para manipularlos. A medida que lleguen a la obra se apilarán unos sobre otros.
MIXTO	Los edificios mixtos de paneles y módulos se montan con agilidad, apilando los módulos y fijando los paneles entre sí.
PANELES	Los edificios compuestos por paneles son ágiles de montar, de modo que estos se coloquen y se fijen entre sí cómodamente.
ELEMENTOS LINEALES	La ejecución por medio de elementos lineales es menos ágil, aunque no menos cómoda. El grado de comodidad vendrá dado por el peso y dimensión de las piezas; las de menor peso y de tamaño controlado serán más manejables en comparación con piezas pesadas y de grandes dimensiones.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Las piezas que incorporen las instalaciones y los acabados agilizan en gran medida la fase de obra, debiendo únicamente proceder a las juntas entre los elementos prefabricados.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Las piezas prefabricadas que no incorporen instalaciones ni acabados no agilizan la fase de la obra, debido a la necesidad de instalarlos en el lugar donde se construya el edificio.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	La obra seca agiliza la fase de obra, evitando molestos tiempos de fraguado.
OBRA SEMI HÚMEDA	La obra semi húmeda no agiliza la fase de obra, debido a la necesidad de prever un tiempo de fraguado.

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.8. INTEGRACIÓN DE INSTALACIONES

Facilidad en la integración de instalaciones tanto dentro del edificio como dentro de sus elementos constructivos o estructurales.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+2

La obra totalmente industrializada facilitará por completo el paso de las instalaciones.

Estas prestaciones podrán ejecutarse en la obra por medio de su fijación en los elementos prefabricados, así como en fábrica, de modo que se integren en el propio elemento prefabricado. Este ultimo caso permite una reducción ene l tiempo de la fase de obra y minimiza los posibles fallos que puedan ocurrir en las instalaciones. La uniones entre los elementos prefabricados deberán ser registrables para asegurar que puedan ser reparadas cuando así se requiera.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

Las edificaciones semi industrializadas mejoran la incorporación de las instalaciones.

Las piezas prefabricadas que se integren en el edificio facilitarán el paso de las instalaciones.

Estos conductos se desplazarán tanto por la tabiquería de entramados prefabricados como por los falsos techos industrializados.

IN SITU

-2

Las instalaciones son complejas de integrar.

La incorporación de estas prestaciones deberá preverse en la ejecución de los forjados y estructura, disponiendo de materiales con función de encofrado que aseguren la apertura de un paso en los zonas donde haya de verter hormigón in situ.

Igualmente, el paso de estos conductos por la tabiquería se complejiza ante los materiales que se disponen para la construcción de estos, como son el ladrillo cerámico o los bloques de hormigón.

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.8. INTEGRACIÓN DE INSTALACIONES

Facilidad en la integración de instalaciones dentro del edificio o estructura.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
3	4	3	4	2	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
0	2	2	3	3	0

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA

f.8. INTEGRACIÓN DE INSTALACIONES



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	La instalación eléctrica puede integrarse en los paneles contralaminados mediante técnicas de fresado en fabrica, para ello deberá estar previsto desde la fase de diseño. Por el contrario las tuberías correspondientes al abastecimiento de agua, saneamiento o climatización no podrán incorporarse en los paneles, debiendo ocultarse entre el aislamiento térmico, tras el revestimiento trasdosado o bajo un falso techo o suelo técnico. Las instalaciones pueden montarse en fábrica, reduciendo los plazos de ejecución.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Gran parte de las instalaciones pueden integrarse dentro de los propios elementos del sistema constructivo, eludiendo ciertas redes de grandes dimensiones incompatibles con las medidas del sistema. Estas instalaciones deben ser registrables, por lo que habrá de tener en cuenta esta condición a la hora de ubicarlas. La instalación eléctrica podrá integrarse en las laminas de madera superficiales, mientras que el resto de tuberías de ocultaran en el hueco destinado para el aislamiento. Las redes podrán incorporarse en fábrica.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Las instalaciones no podrán incorporarse en el sistema, debido a que este únicamente esta compuesto de la estructura, pero podrán apoyarse en ella. Para ello pueden emplearse vigas alveolares, las cuales poseen unas aberturas circulares en su alma, ubicadas y dimensionadas adecuadamente para no afectar negativamente a la resistencia de la estructura. De este modo las instalaciones podrán cruzar las vigas de los forjados. En el caso del cerramiento o particiones interiores, es aconsejable optar por sistemas que faciliten la incorporación de las pertinentes instalaciones.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Al igual que el sistema constructivo Wood Framing, la mayoría de las redes podrán incorporarse dentro de los propios elementos, menos las instalaciones de mayor tamaño (como grandes tubos), que no podrán ocultarse dentro del sistema debido a su esbeltez. En este caso, la instalación eléctrica se ubicará entre en el hueco interior, entre los perfiles verticales, los cuales tendrán unas secciones circulares para habilitar el paso de ciertas instalaciones. Las instalaciones podrán integrarse en la planta en la que sean producidos los paneles o módulos.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	Por lo general, las instalaciones se colocan en la propia obra, a no ser que se trate de un modulo acabado en fabrica; y las instalaciones generalmente se ubicarán en trasdosados. El tiempo de colocación de las instalaciones aumenta respecto a otros sistemas debido a la necesidad de instalarlas y ejecutar los trasdosados.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Al tratarse de una obra in situ, las instalaciones se montarán en obra, por lo que el tiempo de ejecución aumentará y la calidad de éstas se verá reducida.

A.9. CONDICIONES DE TRABAJO EN OBRA



f.8. INTEGRACIÓN DE INSTALACIONES

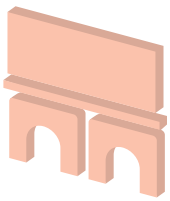
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Los módulos se producen para disminuir el tiempo de construcción en el solar, por lo que es muy habitual integrar las instalaciones dentro de éstos, por medio de las técnicas antes mencionadas para cada sistema constructivo.
MIXTO	Las funciones de los módulos incorporados en este tipo de construcciones suelen constar de pequeños espacios del edificio, en los que aparecen gran parte de las instalaciones del edificio, como baños, cocinas, etc. Las instalaciones se fijarán en fábrica.
PANELES	Siguiendo las técnicas anteriormente descritas según cada sistema constructivo, las instalaciones podrán fijarse en fábrica a los paneles que compongan en edificio.
ELEMENTOS LINEALES	En caso de ejecutar el edificio por medio de elementos lineales será imposible la incorporación de las instalaciones en fábrica, debiendo colocarlas en la propia obra.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La colocación de los acabados en fabrica permite que las instalaciones también puedan incorporarse en esa fase, facilitando su registrabilidad y condiciones de mantenimiento.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La colocación de los acabados en obra no facilita la incorporación de las instalaciones.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.10. COMPORTAMIENTO MECÁNICO



f.1. TENSIONES ADMISIBLES

Aumento de las tensiones admisibles, las cuales constan de fuerzas permitidas que un material soportará antes de producirse grandes deformaciones o rotura.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

Aunque las tensiones admisibles responden a las propiedades de cada material, los procesos industrializados aseguran las tensiones admisibles marcadas debido a la producción controlada en taller de las piezas prefabricadas.

SEMI INDUSTRIALIZADO

1

La edificación semi industrializada, especialmente si al estructura se realiza in situ, puede generar variaciones en las resistencias de los materiales empleados, que aunque en los ensayos aporten correctos niveles, pueden reducir su resistencia debido a posteriores fallos derivados de la incorrecta ejecución en la fase de obra.

A continuación se describen factores o fallos que pueden generar un peor comportamiento:

- Una mala vibración de la mezcla.
- Un mal fraguado debido a condiciones climáticas adversas.
- Rotura del material debido a condiciones climáticas adversas.
- Diversos fallos humanos.

IN SITU

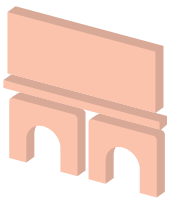
-1

Aunque las tensiones admisibles responden a las propiedades de cada material, las obra in situ puede generar variaciones en las resistencias de los materiales empleados, que aunque en los ensayos aporten correctos niveles, pueden reducir su resistencia debido a posteriores fallos derivados de la incorrecta ejecución en la fase de obra.

A continuación se describen factores o fallos que pueden generar un peor comportamiento:

- Una mala vibración de la mezcla.
- Un mal fraguado debido a condiciones climáticas adversas.
- Rotura del material debido a condiciones climáticas adversas.
- Diversos fallos humanos.

A.10. COMPORTAMIENTO MECÁNICO



f.1. TENSIONES ADMISIBLES

Aumento de las tensiones admisibles, las cuales constan de fuerzas permitidas que un material soportará antes de producirse grandes deformaciones o rotura.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	4	4	4	3	2

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

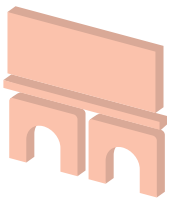
MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

A.10. COMPORTAMIENTO MECÁNICO

f.1. TENSIONES ADMISIBLES



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

ENTRAMADO DE MADERA

Tensiones admisibles de la madera:

Tensión admisible a cortante: 12 kg/cm^2.

Tensión admisible a compresión (paralela a la fibra): 110 kg/cm^2.

Tensión admisible a compresión (perpendicular a la fibra) 28 kg/cm^2.

Tensión admisible a tracción (paralela a la fibra): 120 kg/cm^2.

Tensión admisible a tracción (perpendicular a la fibra) 1,5 kg/cm^2.

Módulo de elasticidad: 110.000 kg/cm^2.

Tensión admisible a flexión: 120 kg/cm^2.

La madera tiene escasa resistencia a cortante, a tracción perpendicular y compresión perpendicular, pero trabaja bien a compresión y tracción paralela. El modulo de elasticidad, el cual incide en la deformación y pandeo, es la mitad que el hormigón y 20 veces menor que el acero. En cuanto a la flexión, su capacidad es mayor que la del hormigón y menor que la del acero, pero debido su peso propio resulta muy buen material para afrontar este tipo de esfuerzos.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

LIGHT STEEL FRAMING

Tensiones admisibles del acero:

Tensión admisible a cortante: 1.000 kg/cm^2.

Tensión admisible a compresión: 1.700 kg/cm^2.

Tensión admisible a tracción: 1.700 kg/cm^2.

Módulo de elasticidad: 2.100.000 kg/cm^2.

Tensión admisible a flexión: 1.700 kg/cm^2.

El acero soporta adecuadamente todo tipo de esfuerzos, como fuerzas de generen tensiones a cortante, compresión, tracción o flexión. Igualmente, su valor de modulo de elasticidad es alto, incidiendo substancialmente sobre la deformación y el pandeo.

Es un material idóneo para la construcción, excepto por la necesidad de protegerlo ante el riesgo de incendio, lo que encarece el presupuesto.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

Tensiones admisibles del hormigón:

Tensión admisible a cortante: 6 kg/cm^2.

Tensión admisible a compresión: 80 kg/cm^2.

Tensión admisible a tracción: 6 kg/cm^2.

Módulo de elasticidad: 200.000 kg/cm^2.

Tensión admisible a flexión: 80 kg/cm^2.

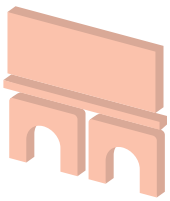
HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

Tiene una considerable resistencia a compresión pero muy baja a tracción. Esta ultima es del orden de la décima parte de la resistencia a compresión, y desaparece por completo al aparecer la primera fisura. Estas fisuras no solo pueden haberse formado por la superación del valor limite, sino que pueden aparecer por contracciones de fragüe, deficiencias constructivas, acciones térmicas, etc. Aunque posee un alto modulo de elasticidad, el hormigón consta de deformaciones lineales solamente para tensiones muy bajas. Para mejorar su comportamiento a tracción y flexión se incorporan armaduras de acero.

A.10. COMPORTAMIENTO MECÁNICO

f.1. TENSIONES ADMISIBLES



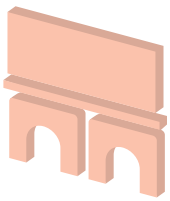
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	No procede.
MIXTO	No procede.
PANELES	No procede.
ELEMENTOS LINEALES	No procede.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.10. COMPORTAMIENTO MECÁNICO



f.2. RELACIÓN PESO/RESISTENCIA A FLEXIÓN (FORJADOS)

Mejora la relación adecuada entre el peso del material y la flexión que es capaz de soportar. Esta propiedad es significativa en los elementos de forjados, debido a que es donde mayor flexión se sitúa. La optimización de esta propiedad ocurre cuando puede conseguirse mayor resistencia con menor peso, induciendo menor cantidad de material para la estructura como para los cimientos y reduciendo los asentamiento de esta ultima.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

Los forjados prefabricados aseguran mejor relación peso/resistencia a flexión debido a que su ejecución controlada en fábrica permite un aumento en la resistencia.

Además, gran cantidad de los sistemas constructivos planteados son ligeros, mejorando esta relación.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

Generalmente no mejora la relación peso/resistencia a flexión.

En los casos en los que la estructura se realiza mediante la incorporación de hormigón vertido in situ, el control en obra será más reducido en comparación con la obra totalmente industrializada.

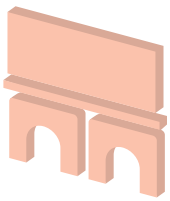
IN SITU

0

No mejora la relación peso/resistencia a flexión.

Debido a la incorporación de hormigón vertido in situ, el control en obra será más reducido en comparación con la obra totalmente industrializada.

A.10. COMPORTAMIENTO MECÁNICO



f.2. RELACIÓN PESO/RESISTENCIA A FLEXIÓN (FORJADOS)

Relación adecuada entre el peso del material y la flexión que es capaz de soportar. Esta propiedad es significativa en los elementos de forjados, debido a que es donde mayor flexión se sitúa. La optimización de esta propiedad ocurre cuando puede conseguirse mayor resistencia con menor peso, induciendo menor cantidad de material para la estructura como para los cimientos y reduciendo los asentamiento de esta ultima.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	5	3	5	1	2

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

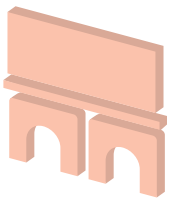
CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
2	1	1	2

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.10. COMPORTAMIENTO MECÁNICO

f.2. RELACIÓN PESO/RESISTENCIA A FLEXIÓN (FORJADOS)



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

Rf: Resistencia de la madera a flexión, D: Densidad de la madera.

Rf / D = (12.000 kg/m^2) / (450 kg/m^3) = 26,6666/m.

La relación entre resistencia a flexión y peso de la madera es 1,3 veces superior a la del acero y 6 veces mayor que la del hormigón. Este factor permite reducir la sección de los forjados, derivando en una minoración del peso de la estructura, así como de la cantidad de material a usar. Igualmente, la reducción en el peso permitirá la disminución en las dimensiones de los cimientos.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

Rf: Resistencia de la madera a flexión, D: Densidad de la madera.

Rf / D = (12.000 kg/m^2) / (450 kg/m^3) = 26,6666/m.

Este sistema constructivo trabaja mejor a flexión que el de madera contralaminada, por lo que habitualmente sus paneles prefabricados suelen usarse como forjados en el sistema anteriormente descrito, mezclando ambos sistemas para aprovechar las cualidades de cada uno.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

Rf: Resistencia del acero a flexión, D: Densidad del acero.

Rf / D = (170.000 kg/m^2) / (7.850 kg/m^3) = 21,65/m.

La relación entre resistencia a flexión y peso del acero es 1,3 veces menor que la madera y 5 veces mayor que el hormigón.

Tiene una alta capacidad de carga y un peso propio bajo, lo que permite diseñar estructuras esbeltas, optimizando el ratio de superficie construida/útil, generando un ahorro en el material y reduciendo el dimensionamiento de la cimentación.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

Rf: Resistencia del acero a flexión, D: Densidad del acero.

Rf / D = (170.000 kg/m^2) / (7.850 kg/m^3) = 21,65/m.

Debido a la alta capacidad de carga del acero pueden producirse perfiles ligeros laminados en frió, los cuales son capaces de soportar grandes cargas por medio de la repetición lineal de estos en paredes y forjados.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

Rf: Resistencia del hormigón a flexión, D: Densidad del hormigón.

Rf / D = (8.000 kg/m^2) / (2.350 kg/m^3) = 3,4/m.

La relación entre resistencia a flexión y peso del hormigón es 6 y 5 veces menor que el de la madera y el acero respectivamente. Para aumentar su resistencia ante la tracción y flexión, los elementos prefabricados de hormigón incorporan armaduras de acero en su interior, de modo que con la unión de los materiales pueda asegurarse una mayor capacidad ante la flexión.

HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

Rf: Resistencia del hormigón a flexión, D: Densidad del hormigón.

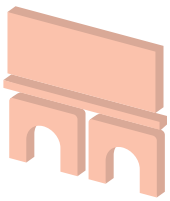
Rf / D = (10.000 kg/m^2) / (2.350 kg/m^3) = 4.25/m.

La relación entre resistencia a flexión y peso del hormigón es 6 y 5 veces menor que el de la madera y el acero respectivamente.

En comparación con los elementos prefabricados de hormigón la resistencia disminuye, pero también el peso de la estructura.

A.10. COMPORTAMIENTO MECÁNICO

f.2. RELACIÓN PESO/RESISTENCIA A FLEXIÓN (FORJADOS)



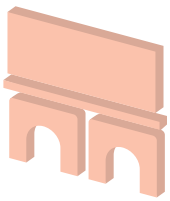
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	No procede.
MIXTO	No procede.
PANELES	No procede.
ELEMENTOS LINEALES	No procede.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	La incorporación de una estructura adicional (del mismo o de otro material) supone una mejora en la resistencia.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	El sistema deberá dimensionarse para resistir las acciones ejercidas.
OBRA TOTALMENTE SECA	Algunos sistemas disminuyen su resistencia en los casos en los que la obra sea totalmente seca.
OBRA SEMI HÚMEDA	Incorporar cierto porcentaje de hormigón vertido in situ mejora la resistencia de algunos sistemas.

A.10. COMPORTAMIENTO MECÁNICO



f.3. RELACIÓN PESO/RESISTENCIA A COMPRESIÓN (PILARES)

Relación adecuada entre el peso del material y su capacidad ante fuerzas de compresión. Esta propiedad es significativa en los elementos de pilares y muros, debido a que es donde mayor compresión de ejerce. Para optimizar esta propiedad se analizará la altura que cada elemento de muro o pilar pueda llegar, a partir de su resistencia a compresión admisible.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

La estructura vertical industrializada asegura mejor relación peso/resistencia a compresión debido a que su ejecución controlada en fábrica permite un aumento en la resistencia.

Además, gran cantidad de los sistemas constructivos planteados son ligeros, mejorando esta relación.

Quizás la pega es que en la construcción por módulos, suele ser habitual duplicar elementos estructurales, lo cual conlleva que no se optimice tanto la capacidad mecánica del material utilizado.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

En los casos en los que la estructura vertical es industrializada, ésta asegura mejor relación peso/resistencia a compresión debido a que su ejecución controlada en fábrica permite un aumento en la resistencia.

Además, en los casos en los que se incorporan sistemas constructivos ligeros, éstos mejoran esta relación.

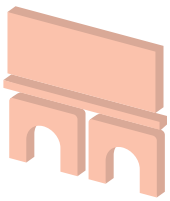
IN SITU

0

No mejora la relación peso/resistencia a compresión.

Debido a la incorporación de hormigón vertido in situ, el control en obra será más reducido en comparación con la obra totalmente industrializada. Además el EHE no permite realizar pilares menores de 30x30, lo cual conlleva a que no sea fácil de optimizar la dimensión de los pilares en casos de pequeñas obras (como unifamiliares).

A.10. COMPORTAMIENTO MECÁNICO



f.3. RELACIÓN PESO/RESISTENCIA A COMPRESIÓN (PILARES)

Relación adecuada entre el peso del material y su capacidad ante fuerzas de compresión. Esta propiedad es significativa en los elementos de pilares y muros, debido a que es donde mayor compresión de ejerce. Para optimizar esta propiedad se analizará la altura que cada elemento de muro o pilar pueda llegar, a partir de su resistencia a compresión admisible.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	3	3	3	1	1

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
2	1	1	2

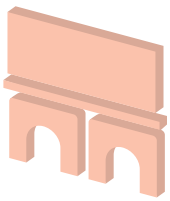
BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— Evolución de los sistemas de construcción industrializados a base de elementos prefabricados de hormigón. Christian Escrig Pérez.

A.10. COMPORTAMIENTO MECÁNICO

f.3. RELACIÓN PESO/RESISTENCIA A COMPRESIÓN (PILARES)

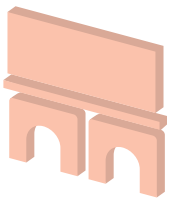


SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	F: Carga axial, W: Masa/1 m^3, f: Resistencia a la rotura, A: Área (sección), Hmax: altura máxima. F (kg/m^2)= W —> f x A = w x V —> f x A = w x A x hmax —> hmax = (f/w). Según CTE la resistencia a compresión de la madera es de entre 16-23N/mm^2. La densidad de la madera laminada de valor mecánico GL24H=380 kg/m^3.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	F: Carga axial, W: Masa/1 m^3, f: Resistencia a la rotura, A: Área (sección), Hmax: altura máxima. F (kg/m^2)= W —> f x A = w x V —> f x A = w x A x hmax —> hmax = (f/w). Según CTE la resistencia a compresión de la madera es de entre 16-23N/mm^2. La densidad de la madera laminada de valor mecánico GL24H=380 kg/m^3.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Según CTE la resistencia a compresión del acero varía entre 215-460N/mm^2. Peso específico de acero = 7.850kg/m^3.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Según CTE la resistencia a compresión del acero varía entre 215-460N/mm^2. Peso específico de acero = 7.850kg/m^3.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	Según CTE la resistencia a compresión del hormigón armado es de entre 20-30N/mm^2. La densidad de hormigón armado = 2.500kg/m^3.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Según CTE la resistencia a compresión del hormigón armado es de entre 20-30N/mm^2. La densidad de hormigón armado = 2.500kg/m^3.

A.10. COMPORTAMIENTO MECÁNICO

f.3. RELACIÓN PESO/RESISTENCIA A COMPRESIÓN (PILARES)



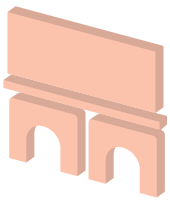
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	No procede.
MIXTO	No procede.
PANELES	No procede.
ELEMENTOS LINEALES	No procede.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	La incorporación de una estructura adicional (del mismo o de otro material) supone una mejora en la resistencia.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	El sistema deberá dimensionarse para resistir las acciones ejercidas.
OBRA TOTALMENTE SECA	Algunos sistemas disminuyen su resistencia en los casos en los que la obra sea totalmente seca.
OBRA SEMI HÚMEDA	Incorporar cierto porcentaje de hormigón vertido in situ mejora la resistencia de algunos sistemas.

A.10. COMPORTAMIENTO MECÁNICO



f.4. MONOLITISMO

Capacidad del edificio o estructura para resistir las acciones de manera conjunta entre todos sus componentes o elementos.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+1

Los elementos prefabricados (paneles y módulos) deben asegurar su estabilidad desde el momento en el que salen de la obra, ya que deberán soportar las acciones generadas en el transporte y el montaje.

Estos deberán conectarse correctamente para garantizar el monolitismo del edificio. Algunos sistemas constructivos industrializados no están suficientemente desarrollados en este ámbito y precisan de un vertido de hormigón in situ en ciertas juntas o uniones.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

No puede asegurarse la total estabilidad del edificio hasta que el hormigón y morteros empleados en la obra fragüen.

La ejecución de un sistema húmedo facilita el monolitismo de la obra en el uso, debido a la continuidad entre las piezas incorporadas en su ejecución.

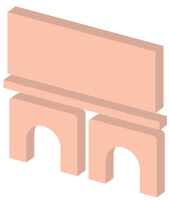
IN SITU

+2

No puede asegurarse la total estabilidad del edificio hasta que el hormigón y morteros empleados en la obra fragüen.

La ejecución de un sistema húmedo facilita el monolitismo de la obra en el uso, debido a la continuidad entre las piezas incorporadas en su ejecución.

A.10. COMPORTAMIENTO MECÁNICO



f.4. MONOLITISMO

Capacidad del edificio o estructura para resistir las acciones de manera conjunta entre todos sus componentes o elementos.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
3	3	3	3	3	4

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
2	2	2	2	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
3	1	NO PROCEDE	NO PROCEDE

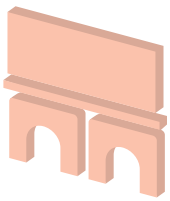
BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)

A.10. COMPORTAMIENTO MECÁNICO

f.4. MONOLITISMO



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

Los paneles contralaminados de madera se dimensionan para conseguir la estabilidad del edificio y para poder ser transportados sin perder su forma y solidez. Las uniones entre paneles o módulos se reforzarán adecuadamente por medio de herrajes, escuadras, tirantes o flejes, para garantizar su monolitismos y no sufrir deformaciones en el viaje y montaje.

Los elementos de madera se manipularán por medio de enganches o anclajes, que aumentarán su cantidad o dimensión dependiendo del peso del elemento prefabricado a alzar. Estos elementos metálicos de dispondrán en las caras adecuadas de cada panel para facilitar el montaje en obra.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

En caso de ejecutar la obra a través de paneles o módulos producidos en fábrica, estos deberán dimensionarse y reforzarse para soportar las acciones ocasionadas por el transporte y el montaje. Aunque el esqueleto estructural de madera puede resultar inestable para los movimientos del traslado y montaje, los tableros proporcionan al conjunto gran resistencia mecánica, resistencia a impacto y buena estabilidad dimensional.

Para asegurar la estabilidad del edificio y de los elementos prefabricados transportados a obra, se dispondrá de herrajes, escuadras, tirantes o flejes.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

Los elementos de estructura (pilar, viga y vigueta) se dimensionan para asegurar la consistencia del edificio en el que se integren.

Para los casos de requerir de mayor monolitismo o rigidez en la estructura se procederá a generar nudos hiperestáticos entre los elementos lineales mencionado, y por el contrario, en los casos en que se requiera de mayor flexibilidad se realizaran apoyos o articulaciones.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

En caso de ejecutar la obra a través de paneles o módulos producidos en fábrica, estos deberán dimensionarse y reforzarse para soportar las acciones ocasionadas por el transporte y el montaje. Aunque la estructura ligera de acero puede resultar inestable para los movimientos del traslado y montaje, los paneles OSB proporcionan al conjunto gran resistencia mecánica, resistencia a impacto y buena estabilidad dimensional. Además, el cerramiento de estos paneles está dotado de una lamina de acero trenzado que incrementa la resistencia a punción en caso de golpes. La galvanización de los perfiles también hace de él un sistema muy resistente a impacto.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

Los paneles de hormigón prefabricado se diseñan para poder ser trasladados sin perder su estabilidad, incorporando la cantidad adecuada de anclajes para su manipulación.

En el campo estructural, los elementos resistentes de un edificio deben resistir las acciones a que está sometido de forma conjunta. Las soluciones actuales de uniones entre diferentes elementos estructurales de hormigón prefabricado no garantizan en su totalidad el monolitismo, con lo que no resultan eficaces para todas las tipologías sin realizar intervenciones “in situ”, especialmente en zonas sísmicas.

HORMIGÓN

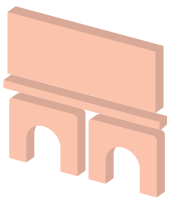
HORMIGÓN IN SITU

La resistencia mecánica del sistema comienza en el momento en el que el hormigón y morteros empleados se fraguan. Hasta ese momento no puede asegurarse la estabilidad del edificio, pero una vez fraguado es el sistema que mayor nivel de monolitismo ofrece.

Al ser un sistema húmedo realizado un situ, los elementos resisten las acciones de manera conjunta.

A.10. COMPORTAMIENTO MECÁNICO

f.4. MONOLITISMO



GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Debido a que estos volúmenes deben ser estables desde su producción en fábrica, pueden asegurar un mayor monolitismo en obra, siempre que sus uniones se ejecuten correctamente. Para garantizar un monolitismo alto suelen requerir la utilización de arriostramientos y uniones especiales.
MIXTO	La incorporación de módulos o volúmenes rigidiza el edificio, siempre que las uniones entre todos los elementos, tanto paneles como módulos, se ejecute correctamente. Para garantizar un monolitismo alto suelen requerir la utilización de arriostramientos y uniones especiales.
PANELES	Los paneles deben estar correctamente colocados y fijados entre sí para asegurar la estabilidad del edificio. Para garantizar un monolitismo alto suelen requerir la utilización de arriostramientos y uniones especiales.
ELEMENTOS LINEALES	Las características de las uniones entre los elementos lineales debe corresponder tanto con las cargas que deba asumir la estructura como con la geometría del edificio, asegurando el monolitismo de este esqueleto estructural.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	El empleo de una estructura adicional aumentará el monolitismo de la obra o de los elementos traslados a la misma.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	El sistema constructivo deberá limitar sus dimensiones para asegurar la estabilidad de sus elementos.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.1. COMPORTAMIENTO FRENTE AL RUIDO

Capacidad de cada sistema constructivo para favorecer las condiciones acústicas del edificio, es decir la idoneidad para reducir la transmisión del ruido aéreo, el ruido de impacto y el ruido de vibraciones que puedan afectar al edificio, así como limitar el ruido reverberante de los recintos. Estos valores estarán determinados por el CTE DB- HR, y dependerán de las características acústicas de la localización del edificio.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

Los sistemas industrializados, aunque algunos con mayores dificultades, aseguran un comportamiento adecuado ante el ruido de impacto y el ruido aéreo.

Algunos sistemas, deberán reforzar sus propiedades acústicas por medio de la rigidización de la estructura o con el aumento de la masa y de la absorción acústica.

Por ello, habitualmente, se incorpora cierta cantidad de hormigón vertido en la obra, o se emplea un revestimiento elástico.

Por ejemplo, los valores en el caso del sistema Wood Framing:

- Una pared de entramado de madera (10-13,8 cm de espesor y de 18 kg/m^2 de masa) puede llegar a valores de entre 30 y 40 Db.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+2

La edificación semi industrializada asegura un correcto comportamiento acústico del edificio, tanto para ruido aéreo como ruido de impactos.

IN SITU

+2

El sistema ejecutado in situ asegura un correcto comportamiento acústico del edificio, tanto en caso de existir ruido aéreo como ruido de impactos. Por ejemplo:

- Una pared de ladrillo macizo (11,5-24 cm de espesor y de 242-444 kg/ m^2 de masa) puede llegar a valores de entre 46 y 55 Db.
- Una pared de ladrillo hueco (11,5-24 cm de espesor y de 202-364 kg/m^2 de masa) puede llegar a valores de entre 43 y 52 Db.
- Una pared de hormigón armado (14-18 cm de espesor y de 350-450 kg/ m^2 de masa) puede llegar a valores de entre 51 y 55 Db.

BIBLIOGRAFÍA

— Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. Puesta en obra y aceptación en España. Santiago Inat Trigueros. (2011)

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.1. COMPORTAMIENTO FRENTE AL RUIDO

Capacidad de cada sistema constructivo para favorecer las condiciones acústicas del edificio, es decir la idoneidad para reducir la transmisión del ruido aéreo, el ruido de impacto y el ruido de vibraciones que puedan afectar al edificio, así como limitar el ruido reverberante de los recintos. Estos valores estarán determinados por el CTE DB- HR, y dependerán de las características acústicas de la localización del edificio.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	3	2	3	2	1

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	3	0

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	2	3

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Guía de Construir con Madera. Confemadera.
- Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. Puesta en obra y aceptación en España. Santiago Inat Trigueros. (2011)
- Wood-frame Construction, Fire Resistance and Sound Transmission. Fotinteak Canada Corp. (2002)

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.1. COMPORTAMIENTO FRENTE AL RUIDO

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Gracias a su porosidad, la madera obtiene un alto coeficiente de absorción acústica, aumentando la absorción del sonido y disminuyendo el tiempo de reverberación. En conclusión, se generan menos ecos y ruidos indeseados. Por ello, es muy utilizado en aulas, teatros, etc. Es 15 veces más eficiente que el hormigón o la piedra, y 400 veces más que el acero. Rw: 33-60 dB.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Este sistema no funciona adecuadamente ante situaciones de ruido. El sonido que produce la gente andando es el mayor problema en forjados. Para solucionarlo pueden aumentarse la masa (incorporando un solado de mortero u hormigón ligero), la amortiguación (colocando un pavimento de material plástico elástico, corcho, moqueta, parqué flotante, así como un material elástico entre rastreles y viguetas) o controlar la excesiva flexibilidad de la estructura (integrando tableros o placas de yeso simples, dobles o incluso triples). Para medianeras y muros de fachada pueden doblarse los paneles de cartón yeso, aumentar el espacio libre interior entre ellos, o usar ladrillos o bloques.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Como ocurre en Wood Framing, las vibraciones e impactos producidas por pasos, golpes y caídas, se transmiten por la estructura. Por esta razón, es necesaria la integración de otro material (aislamiento a ruido aéreo) para la absorción del ruido en forjados, cubierta, cerramientos y particiones. Según la composición de estos elementos el comportamiento acústico variará. Por ello, hay que prestar gran atención a los detalles constructivos del edificio, ya que si se resuelven mal, pueden producirse ruidos indeseados. Por ello, por lo general se combinan forjados de hormigón con este sistema constructivo, ya que posee mejores prestaciones.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Como ocurre con el Wood Framing, el sistema no funciona adecuadamente ante el ruido. Los requerimientos de acústica, a menudo conducen a la colocación de 2 o 3 placas de cartón yeso en el techo, y de lana mineral o de fibra de vidrio colocada entre las viguetas. Igualmente, suele ejecutarse una obra semi-seca, incorporando hormigón para la correcta amortiguación de ruidos. Aunque el acero no trabaja bien frente al ruido, este sistema lleva integrado el aislamiento, lo que mejora la función absorbente, disipando la energía sonora y evitando reverberaciones y ecos excesivos. Rw: 51 dB.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	La masa del material garantiza un valor de aislamiento acústico importante. Añadiendo materiales absorbentes a la mezcla de las placas de cerramiento, puede generarse una mejora en el comportamiento acústico, hasta alcanzar mayores valores. Rw: 40-57 dB.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Tal y como ocurre en los anteriores, la masa de los materiales incorporados garantizarán cierto aislamiento acústico, aunque menor que en el sistema prefabricado. El aumento en la densidad de los ladrillos empleados, así como la superposición de estos o la integración de aislantes acústicos, permitirán la adecuación al valor demandado. Rw: 45 dB.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.1. COMPORTAMIENTO FRENTE AL RUIDO

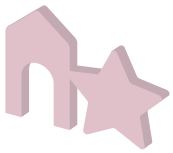
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	No procede.
MIXTO	No procede.
PANELES	No procede.
ELEMENTOS LINEALES	No procede.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La realización de los acabados e instalaciones en fábrica, aumentará la calidad de las prestaciones acústicas, debido a la ágil colocación de aislamiento en tubos y conductos, y a la solución en taller de complicados puntos de fachada.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	El correcto aislamiento de conductos y fachadas ejecutadas en obra, podrá verse dificultada por la compleja accesibilidad, cambios climáticos, fallos técnicos, etc., disminuyendo la capacidad acústica del elemento.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	La obra seca puede disminuir la capacidad acústica dependiendo del sistema constructivo optado.
OBRA SEMI HÚMEDA	Algunos sistemas deben ejecutarse de modo semi húmedo para conseguir una correcta acústica.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO



f.2. COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO

Capacidad del sistema constructivo para protegerse autónomamente ante una situación de incendio. Dependiendo de las exigencias marcadas por el CTE DB-SI, así como de las características de la solución constructiva, los elementos de la edificación habrán de protegerse en mayor o menor grado para alcanzar una resistencia determinada por medio del tiempo necesario para la evacuación de todos los ocupantes.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+1

Los sistemas industrializados, aunque algunos con mayores dificultades, aseguran un comportamiento adecuado ante incendio.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+2

La edificación semi industrializada asegura el correcto comportamiento frente a incendio.

IN SITU

+2

La construcción in situ asegura el correcto comportamiento frente a incendio.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.2. COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO

Capacidad del sistema constructivo para protegerse autónomamente ante una situación de incendio. Dependiendo de las exigencias marcadas por el CTE DB-SI, así como de las características de la solución constructiva, los elementos de la edificación habrán de protegerse en mayor o menor grado para alcanzar una resistencia determinada por medio del tiempo necesario para la evacuación de todos los ocupantes.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
3	2	0	2	5	4

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	1	3

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. Puesta en obra y aceptación en España. Santiago Inat Trigueros. (2011)

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.2. COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

La resistencia del sistema ante el fuego es REI 60. Teniendo en cuenta el CTE DB-SI, cualquier uso que registre una protección mayor que REI 60 supondrá un sobrecoste al tener que proteger el sistema por medio del aumento del grosor de su espesor, así como con materiales de origen mineral, como placas de cartón yeso o aislantes de fibras. Además, el diseño o las características de las piezas pueden influir, como por ejemplo: las secciones estrechas, las aristas vivas, la existencia de fendas o una baja densidad de la madera pueden resultar perjudiciales en caso de incendio. Además, se aconseja una humedad de entre 8% y 15%, disminuyendo su combustión.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

Al igual que la madera contralaminada, la resistencia del material ante el fuego es de 60 minutos. Para mayor protección frente a incendio puede aumentarse la sección de la estructura, de modo que cuanto mayor sección tenga más tardará en perjudicar el alma portante. Igualmente puede realizarse un diseño constructivo óptimo, añadiendo elementos cortafuegos como falsos techos, voladizos, etc. Estos añadidos aumentarán el coste, por lo que en este sistema, y al igual que en la madera contralaminada, este material será optimo para edificios de restricciones de uso iguales o menores que REI 60.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

Habrá de proteger la estructura, debido a la rápida disminución del limite elástico y módulo de elasticidad del acero, provocando el colapso del edificio en 30 minutos y sin aviso. La protección de estas piezas (tratamientos con productos, así como elementos de protección como mortero) encarece el material entorno a un 10%.

Para reducir la necesidad de protección, la estructura puede ubicarse fuera del edificio, usando el aire como refrigerante de la misma.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

La resistencia del sistema ante el fuego es REI 60. Para aumentar la resistencia ante incendio pueden colocarse 2 o 3 placas de cartón yeso, e incluso ciertos paneles OSB o placas de cartón yeso que aguantan hasta 90 minutos ante un fuego. En lo que respecta a los perfiles ligeros de acero, su galvanización proporciona incombustibilidad al material, y la lana de roca que los rodea ayuda en esa incombustibilidad, dado que el punto de fusión de sus fibras esta por encima de los 1000 ºC. Igualmente, puede ejecutarse una obra semi-seca, incorporando hormigón para la correcta amortiguación de ruidos y protección frente a incendios. Estas medidas encarecen el sistema, por lo que lo óptimo es la ejecución de edificios con tipologías de uso con menor o igual requerimiento de 60 minutos, tal y como ocurre en los sistemas constructivos realizados con madera.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

La resistencia del material (hormigón) ante el fuego es REI 120. El hormigón ofrece resistencia pasiva frente al fuego, sin necesidad de otros materiales. El inconveniente se genera cuando las altas temperaturas llegan hasta la armadura, y ésta colapsa, debido a las características del acero. Por ello, un mayor recubrimiento aportará mayor resistencia frente al fuego. En caso de que éste sea menor, el calor llegará antes a la armadura. Los requerimientos para la protección frente a incendio se incrementarán a medida que aumenta la altura del edificio, debiendo sobredimensionar el recubrimiento de los elementos estructurales. Esta acción conllevará un aumento en el costo.

HORMIGÓN

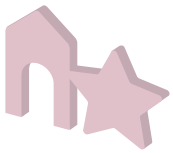
HORMIGÓN IN SITU

La resistencia del hormigón ante incendio es REI 120, mínimo REI 90.

Al igual que ocurre en la versión prefabricada, las armaduras integradas en la estructura de hormigón debe protegerse adecuadamente ante las altas temperaturas que genera un incendio. Para ello el recubrimiento entre la superficie del elementos de hormigón y las armaduras se calculará proporcionalmente al tiempo de evacuación de los ocupantes, determinado en el CTE.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.2. COMPORTAMIENTO FRENTE AL FUEGO



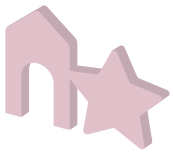
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	No procede.
MIXTO	No procede.
PANELES	No procede.
ELEMENTOS LINEALES	No procede.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	Algunos sistemas constructivos ejecutados de modo seco son menos resistentes ante incendio.
OBRA SEMI HÚMEDA	Ciertas capas realizadas in situ (como solados) aumentan la resistencia ante incendio.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO



f.3. COMPORTAMIENTO SÍSMICO

Capacidad estructural del sistema constructivo ante vibraciones producidas por un seísmo u otros factores (explosiones, etc.). No se tiene en cuenta la condición del diseño, debido a que el sismo puede ser afrontado con mejores resultados dependiendo de la geometría del edificio, como por ejemplo el empleo de la simetría, los espacios libres entre medianeras (evitando el efecto domino), o la ampliación la base de los pisos inferiores.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

Los sistemas industrializados, aseguran un correcto comportamiento sísmico.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

La edificación semi industrializada asegura un correcto comportamiento sísmico.

IN SITU

+1

La construcción in situ asegura un correcto comportamiento sísmico.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.3. COMPORTAMIENTO SÍSMICO

Capacidad estructural del sistema constructivo ante vibraciones producidas por un seísmo u otros factores (explosiones, etc.)

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
5	4	4	4	3	3

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

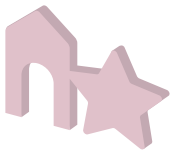
CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
3	1	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Resistencia sísmica de estructuras de Steel Framing. Ingeniero Civil Roberto G.C. Dannemann.
- Estructuras prefabricadas en zonas sísmicas. Manuel Burón, Luis Vega Catalán, Aurelio Domínguez Álvarez, Peter Tanner. (2003)

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.3. COMPORTAMIENTO SÍSMICO



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

La madera, al ser más flexible, tiene gran capacidad para soportar tanto fuertes cargas verticales como laterales, producidas por el viento o movimientos sísmicos.

Además de su ductilidad, es mejor que otros sistemas de mayor peso y uniones más rígidas.

Existen ejemplos como el de la ciudad de L'Aquila (Italia), que tras un terremoto fue reconstruida con sistemas de edificación de paneles macizos de madera. Igualmente, Japón se ha decidido por casas de madera, las cuales han demostrado ser de las más resistentes.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

Al igual que los paneles contralaminados, este sistema posee gran ductilidad, funcionando mejor que otros sistemas de mayor peso o uniones más rígidas.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

El acero es un material de alta ductilidad, es decir puede deformarse sin romperse, por lo que funciona muy bien en caso de sismo. Este valor de ductilidad varía dependiendo de la cantidad de acero incorporado a la aleación. Aumentando la proporción de carbono, se incrementa la resistencia pero se reduce la ductilidad. Será un producto más rígido y frágil, lo que lo convierte en un material poco útil para la construcción, excepto para los elementos pretensados. En el caso contrario, menos carbono, la resistencia disminuye pero aumenta la ductilidad, mejorando su comportamiento elástico-plástico; este es muy empleado en la construcción.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

Este sistema funciona muy bien ante sismo, por lo que es muy usado en países con riesgo, como Japón. Su correcto funcionamiento se basa en varias propiedades particulares del sistema: el menor peso del sistema, la eficacia estructural de estos perfiles livianos de acero, la resistencia de las uniones de arriostramiento y de los anclajes a las fundaciones, y su flexibilidad, que permite mayor absorción y disipación de forma más eficiente de la energía transmitida al terreno; además de una serie de medidas, como evitar las aberturas excesivas, atar fuertemente los muros de cimentación o colocar el menor peso posible en la cubierta, bajando así el centro de gravedad del edificio.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

El hormigón posee baja ductilidad, por lo que se rompe en lugar de deformarse. Para aportar mayor flexibilidad se incorporan armaduras de acero y uniones adecuadas entre las piezas.

Para aumentar la resistencia del sistema constructivo ante seísmo, por una parte puede darse continuidad a las armaduras que configuran los nudos rígidos, o bien, si se trata de realizar rotulas, pueden disponerse pasadores metálicos capaces de resistir los esfuerzos cortantes que en ellos producen las acciones horizontales.

El comportamiento sísmico de estas estructuras es análogo al de una realizada in situ.

HORMIGÓN

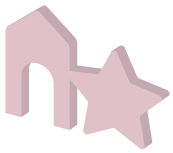
HORMIGÓN IN SITU

Al igual que en los elementos prefabricados de hormigón, el hormigón armado posee baja ductilidad, por lo que se rompe en lugar de deformarse. Para aportar mayor flexibilidad se incorporan armaduras de acero y uniones adecuadas entre las piezas.

La ligereza y flexibilidad estructural de los otros sistemas constructivos y su ductilidad (madera y acero) hacen que sean materiales que se comportan mejor a las acciones sísmicas. Aunque en suelos blandos la rigidez del hormigón puede resultar más interesante.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.3. COMPORTAMIENTO SÍSMICO



GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	No procede (depende del material y de las uniones planteadas).
MIXTO	No procede (depende del material y de las uniones planteadas).
PANELES	No procede (depende del material y de las uniones planteadas).
ELEMENTOS LINEALES	No procede (depende del material y de las uniones planteadas).
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	El empleo de una estructura adicional (como arriostramiento) aumenta la resistencia de la estructura ante seísmo.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	En caso de no incluir estructura auxiliar, y dependiendo del sistema constructivo, la resistencia puede reducir.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.4. COMPORTAMIENTO FRENTE A LA HUMEDAD

Capacidad de cada material o sistema constructivo para mantener sus propiedades ante el contacto con el agua, ya sea en forma liquida, solida o vapor.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+1

Los sistemas industrializados ofrecen un correcto comportamiento frente a la humedad. Se trata generalmente de sistemas constructivos secos, y que tienen mayor control de su ejecución en fábrica, por lo que es más difícil que se generen problemas de humedades en los edificios industrializados (a no ser que se den por un inadecuado diseño).

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

La edificación semi industrializada puede ofrecer un buen comportamiento frente a la humedad. Dependerá de qué elementos son los industrializados y cuáles no, así como del diseño de las uniones entre ellos.

IN SITU

-2

La construcción in situ dificulta un buen comportamiento frente a la humedad, por su carácter monolítico que transmite más fácilmente la humedad entre las diferentes capas del elemento constructivo.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.4. COMPORTAMIENTO FRENTE A LA HUMEDAD

Capacidad de cada material o sistema constructivo para mantener sus propiedades ante el contacto con el agua, ya sea en forma liquida, solida o vapor.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
1	1	3	3	4	4

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	3	1

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

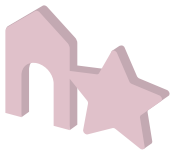
CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Estudio de promociones de viviendas: *Sistema convencional y sistema Industrializado de acero ligero*. David Taranilla García. (2009)

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.4. COMPORTAMIENTO FRENTE A LA HUMEDAD



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

La madera ha de protegerse frente a la humedad, impermeabilizando correctamente su superficie mediante barnices o telas, dependiendo de la ubicación. Estas protecciones aumentan el coste de la estructura.

El valor de resistencia a la difusión del vapor de agua (μ) varía entre 25-50, según EN ISO 10456).

La madera contralaminada técnicamente secada, tiene una humedad de entre el 10% y 14%, por lo que tiene un comportamiento más estable que la madera convencional. Por este motivo no es atacado por hongos.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

Del mismo modo que la madera contralaminada, la madera empleada para este sistemas debe protegerse por medio de barnices o telas, generando un aumento en el presupuesto del edificio.

El valor de resistencia a la difusión del vapor de agua (μ) varia entre 25-50, según EN ISO 10456).

Los tableros y perfiles se secan técnicamente, limitando la humedad entre un el 10% y 14%, y protegiéndola de posibles ataques de hongos.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

La estructuras de acero descubiertas que se ubiquen en áreas con climas húmedos, salinos o contaminados deben protegerse ante la aparición de corrosión. Por una parte podrá emplearse un acero inoxidable, el cual se consigue mediante la adición de cromo, y por otra parte, puede usarse un acero galvanizado, sumergiendo el acero en un baño de zinc fundido. De cualquiera de los dos modos se evita la corrosión debido a la creación de una capa de óxidos protectores. En el caso del galvanizado no es tan longevo, y cualquier arañado o desgaste puede conllevar la aparición de corrosión, pero su precio es menor que el inoxidable. Estas protecciones repercuten en el costo.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

Para proteger los perfiles de acero laminados en frió ante la corrosión se realizan recubrimientos galvanizados, generando diversos beneficios: lo aísla del ambiente agresivo; genera protección anódica, en el que el zinc constituirá la parte anódica de las pilas de corrosión que puedan formarse y se irá consumiendo lentamente para proporcionar protección al acero; y restaurará las zonas desnudas, ya que los productos de corrosión del zinc taponan las pequeñas discontinuidades que puedan producirse en el recubrimiento por causa de la corrosión o por daños mecánicos (golpes, arañazos, etc.). Esta protección aumenta el presupuesto.

El valor de resistencia a la difusión del vapor de agua (μ) de los tableros OSB es 30.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

Trabaja bien en espacios húmedos, es decir, el material soporta la humedad por si solo. El valor de resistencia a la difusión del vapor de agua (μ) en piezas prefabricadas de hormigón es de 120.

Los paneles de fachada garantizan el hermetismo de la misma. Las juntas verticales se realizan con un sellado elástico para que no existan infiltraciones de agua ni aire. Las juntas horizontales, en cambio, se realizarán por resalte para crear una barrera ante el agua de lluvia.

El valor de resistencia a la difusión del vapor de agua (μ) de las losas alveolares es 80.

HORMIGÓN

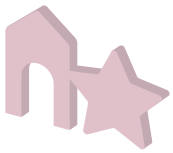
HORMIGÓN IN SITU

El hormigón ejecutado in situ trabaja peor que el que puede encontrarse en las piezas prefabricadas, pero mejor que el resto de los sistemas.

El valor de resistencia a la difusión del vapor de agua (μ) del hormigón armado y del hormigón en masa es 80, el del hormigón con árido ligeros es μ=60. En el caso de la tabiquería o cerramientos, el valor μ varia dependiendo del tipo de ladrillo, fabrica de ladrillo macizo μ=55, fabrica de ladrillo perforado μ=35 y fabrica de ladrillo hueco μ=30.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.4. COMPORTAMIENTO FRENTE A LA HUMEDAD



GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	No procede.
MIXTO	No procede.
PANELES	No procede.
ELEMENTOS LINEALES	No procede.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La ejecución de instalaciones y acabados en fábrica permite el aumento en la calidad de la impermeabilización de estas.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Los acabados e instalaciones realizadas en obra se ejecutan bajo las condiciones climáticas y con menor seguridad, lo que repercute en una peor impermeabilización.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.5. COMPORTAMIENTO TÉRMICO

Capacidad del sistema para mejorar el comportamiento térmico del edificio.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+2

Los sistemas industrializados, y especialmente los de madera, ofrecen un buen comportamiento térmico al edificio. Suelen conllevar mayores uniones que los sistemas in situ, por lo que hay que tener en cuenta estas uniones para el correcto comportamiento térmico del conjunto.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

La edificación semi industrializada puede ofrecer un buen comportamiento térmico. Dependerá de qué elementos son los industrializados y cuáles no, así como del diseño de las uniones entre ellos.

IN SITU

-1

La construcción in situ dificulta un buen comportamiento frente térmico por estar compuesta de materiales de alta conductividad térmica (hormigón y ladrillo). La parte positiva es que facilita la continuidad del aislamiento que debe cubrir la envolvente térmica, por no estar dividido en módulos o paneles como es el caso de la construcción industrializada o semi industrializada.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.5. COMPORTAMIENTO TÉRMICO

Capacidad del sistema para mejorar el comportamiento térmico del edificio.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
5	5	0	4	2	1

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	3	1

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Prontuario de soluciones constructivas/materiales. Código Técnico de la Edificación. (2010)
- Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. Puesta en obra y aceptación en España. Santiago Inat Trigueros. (2011)

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.5. COMPORTAMIENTO TÉRMICO

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

Conductividad Térmica de la madera: 0,13 W/mk según EN ISO 10456. La madera posee propiedades aislantes, es decir con un mismo grosor de muros, mejora tres veces el aislamiento respecto a una construcción convencional, generando un ahorro energético importante. Además, la madera disminuye el efecto de puentes térmicos en mochetas de ventanas, **elementos de fachada** y frentes de forjado.

La transmitancia térmica varia dependiendo del grosor del panel: 60mm, U = 1,58 W/(m^2K); 100mm, U = 1,07 W/(m^2K); 120mm, U = 0,92 W/(m^2K); 160mm, U = 0,71 W/(m^2K); 200mm, U = 0,59 W/(m^2K); 240mm, U = 0,50 W/(m^2K) y 280mm: U = 0,43 W/(m^2K).

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

Conductividad Térmica: 0,13 W/mk (lamina madera) y 0,04 W/mk (aislamiento de fibra de madera).

En comparación con los paneles contralaminados, el comportamiento térmico de este sistema constructivo es mejor. Esto ocurre debido a la integración de aislante térmico en el alma del panel.

La transmitancia térmica varía dependiendo del espesor del aislante, y en consecuencia del grosor del panel: 200mm, U = 0,31 W/(m^2K); 220mm, U = 0,26 W/(m^2K); 240mm, U = 0,25 W/(m^2K); 260mm, U = 0,24 W/(m^2K); 280mm, U = 0,21 W/(m^2K); 300mm, U = 0,19 W/(m^2K); 320mm, U = 0,17 W/(m^2K); 340mm, U = 0,18 W/(m^2K) y 360mm, U = 0,16 W/(m^2K).

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

Conductividad Térmica del acero: 47-58 W/mk según EN ISO 10456.

La adecuada transmitancia de cerramiento y forjados vendrá determinada por la elección de la solución constructiva elegida.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

Conductividad Térmica: 0,25 W/mk (placa de yeso) y 0,04 W/mk (lana mineral).

Al igual que el entramado ligero, es un sistema multicapa, consiguiendo aislamiento y resistencia en un mismo sistema. Por ello, se obtiene un 30% de ahorro en comparación con sistemas convencionales.

La transmitancia térmica de la cubierta ronda los 0,2 W/(m^2K) y la de fachada 0,3 W/(m^2K).

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

Conductividad Térmica del hormigón para elementos prefabricados: 1,6 W/mk.

En el proceso de fabricación de los paneles de fachada existe la posibilidad de incorporar a la mezcla ciertos materiales aislantes o, incluso, de resolver la sección a modo de sándwich e incorporar una capa de aislante. En función de las características aislantes incorporados al aislante, así como su espesor, la transmitancia térmica del panel puede variar.

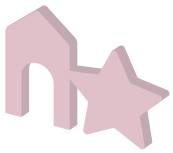
HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

Conductividad Térmica del hormigón para ejecución in situ: 2,4 W/mk. La conductividad Térmica del ladrillo hueco es de 0,32 W/mk

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.5. COMPORTAMIENTO TÉRMICO



GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	No procede.
MIXTO	No procede.
PANELES	No procede.
ELEMENTOS LINEALES	No procede.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Incluir los acabados en fábrica con últimos remates en obra puede garantizar mejor el comportamiento térmico.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No se tiene tanto control de los acabados finales y puede disminuir su comportamiento térmico.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.6. COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO

Capacidad del sistema para mejorar las condiciones higrotérmicas del edificio.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+1

Los sistemas industrializados ofrecen un correcto comportamiento higrotérmico. Se trata generalmente de sistemas constructivos secos, y que tienen mayor control de su ejecución en fábrica, por lo que es más difícil que se generen problemas de humedades en los edificios industrializados (a no ser que se den por un inadecuado diseño).

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

La edificación semi industrializada puede ofrecer un buen comportamiento higrotérmico. Dependerá de qué elementos son los industrializados y cuáles no, así como del diseño de las uniones entre ellos.

IN SITU

-2

La construcción in situ dificulta un buen comportamiento higrotérmico, por su carácter monolítico que transmite más fácilmente la humedad entre las diferentes capas del elemento constructivo, y por su alta conductividad térmica.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.6. COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO

Capacidad del sistema para mejorar las condiciones higrotérmicas del edificio.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	4	0	2	2	2

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	3	1

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

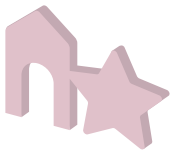
CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.6. COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO

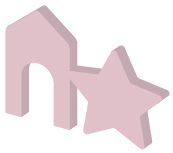


SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	La madera regula la humedad del interior del edificio. Es decir, la absorbe cuando ésta excede, y la expulsa cuando el ambiente es seco, alcanzando el correcto equilibrio higrotérmico. En cualquier caso, la madera no debe estar en contacto de zonas húmedas, que le supongan unos cambios de humedad importantes, y debe diseñarse el sistema de tal manera que permita respirar a la madera sin obstáculos intermedios que no se lo permitan.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	La madera regula la humedad del interior del edificio. Es decir, la absorbe cuando ésta excede, y la expulsa cuando el ambiente es seco, alcanzando el correcto equilibrio higrotérmico. En cualquier caso, la madera no debe estar en contacto de zonas húmedas, que le supongan unos cambios de humedad importantes, y debe diseñarse el sistema de tal manera que permita respirar a la madera sin obstáculos intermedios que no se lo permitan.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	La estructuras de acero deben protegerse frente a los ambientes húmedos, salinos o contaminados. Además tiene una alta conductividad térmica del acero, por lo que no resulta un material muy apropiado para evitar humedades en las diferentes capas de los elementos constructivos. Por lo que el adecuado comportamiento higrotérmico del conjunto vendrá determinado por el diseño de la solución constructiva elegida.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Del mismo modo las estructuras ligeras de acero deben protegerse frente a los ambientes húmedos, salinos o contaminados. Además tienen una alta conductividad térmica por estar realizadas en acero, por lo que no resulta un sistema muy apropiado para evitar humedades en las diferentes capas de los elementos constructivos. Por lo que el adecuado comportamiento higrotérmico del conjunto vendrá determinado por el diseño de la solución constructiva elegida.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	El hormigón también tiene una conductividad térmica alta, pero se comporta bien en espacios húmedos. Se deberá tener cuidado con los elementos o materiales constructivos que se colocan asociados a ellos por la posibilidad de transmisión de la humedad que puedan sufrir.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	El hormigón in situ también tiene una conductividad térmica alta, pero al igual que el prefabricado, se comporta bien en espacios húmedos. Del mismo modo, se deberá tener cuidado con los elementos o materiales constructivos que se colocan asociados a ellos por la posibilidad de transmisión de la humedad que puedan sufrir.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.6. COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO



GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	No procede (depende del material y de las uniones planteadas).
MIXTO	No procede (depende del material y de las uniones planteadas).
PANELES	No procede (depende del material y de las uniones planteadas).
ELEMENTOS LINEALES	No procede (depende del material y de las uniones planteadas).
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Incluir los acabados en fábrica con últimos remates en obra puede garantizar mejor el comportamiento higrotérmico).
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No se tiene tanto control de los acabados finales y puede disminuir su comportamiento higrotérmico.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.7. INERCIA TÉRMICA

Capacidad de un material para el almacenamiento de calor y la velocidad en la que lo absorbe. Para la comparativa entre los sistemas o materiales se emplea el valor de capacidad calorífica, el cual mide la dificultad que tiene cada material para cambiar de temperatura. Un mayor valor representa la capacidad para almacenar calor, debido a la necesidad de más tiempo para la realización del cambio de temperatura.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+1

El sistema constructivo industrializado en seco proporciona un mejor funcionamiento en los que respecta a la eficiencia energética del edificio. Esto se consigue por medio de la incorporación de aislamiento por el exterior, ya que es poco conductor, y por medio de elementos de gran inercia térmica en el interior, y no en la envolvente del edificio.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

Los sistemas constructivos semi industrializados pueden comportarse como sistemas de alta inercia térmica según se combinen, por ejemplo, sistemas industrializados en la envolvente térmica de alto nivel aislante y reducidos puentes térmicos, con soluciones interiores (por ejemplo forjados de hormigón in situ) de gran inercia térmica. Depende de la combinación de ambo sistemas tendrá mayor o menor inercia térmica el conjunto.

IN SITU

0

En los edificios ejecutados por medio del sistema constructivo tradicional, es común la presencia de puentes térmicos y la falta de estanqueidad al aire. Los materiales empleados, como cemento, hormigón, yeso, mortero o cerámica, los cuales incorporan agua, facilitan la transmisión y el intercambio de calor con el entrono. Aunque estos los cerramientos o forjados del edificio sean de gran inercia térmica y puedan almacenar energía en su masa, serán sensibles a las pérdidas de calor debido a su condición de conductores.

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— PCM-Enhanced Building Envelopes in Current ORNL Research Projects. Jan Kośny, David Yarbrough, William Miller, Thomas Petrie, Phillip Childs, Azam Mohiuddin Syed y Douglas Leuthold.

— Optimización y propuesta de sistema opaco de cerramiento multicapa ligero con estructura de LSF como alternativa competitiva a los sistemas de cerramiento tradicionales. Letzai del Valle Ruiz Valero. (2013)

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.7. INERCIA TÉRMICA

Capacidad de un material para el almacenamiento de calor y la velocidad en la que lo absorbe. Para la comparativa entre los sistemas o materiales se emplea el valor de capacidad calorífica, el cual mide la dificultad que tiene cada material para cambiar de temperatura. Un mayor valor representa la capacidad para almacenar calor, debido a la necesidad de más tiempo para la realización del cambio de temperatura.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	3	1	1	4	3

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

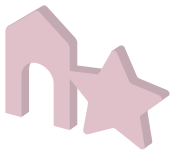
— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— PCM-Enhanced Building Envelopes in Current ORNL Research Projects. Jan Kośny, David Yarbrough, William Miller, Thomas Petrie, Phillip Childs, Azam Mohiuddin Syed y Douglas Leuthold.

— Optimización y propuesta de sistema opaco de cerramiento multicapa ligero con estructura de LSF como alternativa competitiva a los sistemas de cerramiento tradicionales. Letzai del Valle Ruiz Valero. (2013)

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.7. INERCIA TÉRMICA



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

El valor de capacidad calorífica de la madera ronda los 400 kcal/m^{3}C, dependiendo del tipo de madera empleada.

Este valor denota gran capacidad calorífica, de modo que el edificio se caliente lentamente pero acumule este calor para momentos en los que la temperatura exterior sea más baja, como puede ser la noche. Por lo que este sistema será recomendable en edificios permanentemente habitados y en zonas climáticas en las que la diferencia de temperatura entre el día y la noche sea elevada, produciendo gran ahorro en el consumo de calefacción y refrigeración del edificio.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

La capacidad calorífica de los productos de madera se sitúa en unos 400 kcal/m^{3}C. Este valor variará dependiendo del tipo de madera utilizada, así como del aislante incorporado al sistema.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

Los aislantes térmicos empleados en el sistema, como la lana de vidrio, las lanas minerales, el poliestireno expandido o el poliuretano expandido, son materiales de baja densidad debido a la cantidad de aire contenido. Esto deriva en una baja capacidad calorífica de entre 3 y 35 kcal/m^{3}C, aunque funcionan muy bien como aislantes térmicos.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

Al igual que en el acero estructural, la capacidad calorífica de los aislantes térmicos integrados en el sistema es de entre 3 y 35 kcal/m^{3}C, lo que genera que el edificio se caliente y enfríe rápidamente. Esta condición puede interesarnos en edificios que no se usen de forma continuada, como por ejemplo, en fábricas, oficinas, escuelas, etc. donde la climatización se apaga por la noche.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

El valor de capacidad calorífica del hormigón ronda los 350 kcal/m^{3}C, lo que lo convierte en un material de gran inercia térmica, y capaz de acumular calor en su interior.

Este sistema será recomendable en zonas climáticas en las que la diferencia de temperatura entre el día y la noche sea elevada, produciendo gran ahorro en el consumo de calefacción y refrigeración del edificio. Igualmente se recomienda en edificios habitados permanentemente, en los que se precise de climatización a lo largo de toda la jornada.

HORMIGÓN

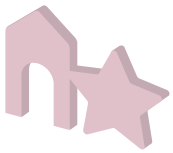
HORMIGÓN IN SITU

La capacidad calorífica de los ladrillos empleados para la ejecución de los cerramientos en la obra in situ es de un valor de 400 kcal/m^{3}C, y la del mortero de yeso de 288 kcal/m^{3}C. Para el caso de forjados, la capacidad calorífica del hormigón es de 350 kcal/m^{3}C.

La desventaja de este sistema es que suele conllevar la ejecución de puentes térmicos, lo que reduce drásticamente la estanqueidad al aire y el ahorro energético.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.7. INERCIA TÉRMICA



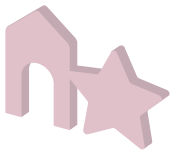
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	No procede.
MIXTO	No procede.
PANELES	No procede.
ELEMENTOS LINEALES	No procede.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO



f.8. CONFORT EN EL USO

Aumento del confort en el uso del edificio por parte de los usuarios.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+2

Los sistemas industrializados, y especialmente los de madera, ofrecen un buen confort en el uso del edificio, debido a la capacidad de regular la humedad del ambiente, y de la utilización de materiales que emiten menos componentes volátiles al aire interior.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

La edificación semi industrializada puede ofrecer un buen confort interior, dependiendo de qué elementos son los industrializados y cuáles no, así como los sistemas constructivos y materiales de acabados que se seleccionen.

IN SITU

0

En los edificios ejecutados por medio del sistema constructivo tradicional, aun tratándose de materiales de gran inercia térmica, suele ser común la presencia de puentes térmicos y la falta de estanqueidad al aire. Todo ello afecta negativamente al confort interior del edificio con mayores probabilidades de aparición de humedades intersticiales, y mayores diferencias de los gradientes de temperatura interior en sus espacios.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.8. CONFORT EN EL USO

Aumento del confort en el uso del edificio por parte de los usuarios.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
5	5	3	4	3	2

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

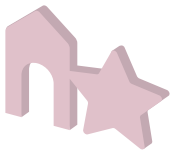
f.8. CONFORT EN EL USO

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	El sistema constructivo de madera contralaminada ofrecen un buen confort interior del edificio, debido a la capacidad de regular la humedad del ambiente, y de tratarse de un material que emiten menos componentes volátiles al aire interior. Si bien este tema depende de las resinas y colas que se utilicen al configurar el panel, y que puede afectar negativamente al confort interior. Además, la madera evita el efecto "Caja de Faraday" que se crea en edificios de hormigón armado o metálicos.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Igualmente el sistema de entramado ligero de madera ofrece un buen confort interior del edificio, debido a la capacidad de regular la humedad del ambiente, y de tratarse de un material que emiten menos componentes volátiles al aire interior. Si bien este tema depende de las resinas y colas que se utilicen, y que pueden afectar negativamente al confort interior. Además, la madera evita el efecto "Caja de Faraday" que se crea en edificios de hormigón armado o metálicos.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Por tratarse de un material que tiene una alta conductividad térmica y que debe protegerse frente a los ambientes húmedos, salinos o contaminados, si no se diseñan correctamente los diferentes elementos constructivos de cierre del acero, pueden generar fácilmente problemas de humedades e incluso corrosiones generando un ambiente interior poco confortable.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Si bien se trata de un material que tiene una alta conductividad térmica y que debe protegerse frente a los ambientes húmedos, salinos o contaminados, se suelen diseñar correctamente los diferentes elementos constructivos de acabados del sistema, por lo que no suele influir en la posible aparición de humedades e incluso corrosiones, por lo que el ambiente interior suele ser de confort aceptable.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	Por tratarse de un material que tiene una alta conductividad térmica, y aunque se comporte bien en ambientes húmedos, debe prestarse especial atención en el diseño de los diferentes elementos constructivos de cierre del hormigón, con el fin de que no se transmitan los posibles focos de humedades que generarían ambientes interiores poco confortables.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Por tratarse de un material que tiene una alta conductividad térmica, y aunque se comporte bien en ambientes húmedos, debe prestarse especial atención en el diseño de los diferentes elementos constructivos de cierre del hormigón, con el fin de que no se transmitan los posibles focos de humedades que generarían ambientes interiores poco confortables.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.8. CONFORT EN EL USO



GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	No procede.
MIXTO	No procede.
PANELES	No procede.
ELEMENTOS LINEALES	No procede.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.9. SALUD — CALIDAD DEL AIRE

Capacidad del sistema constructivo para mejorar las condiciones de calidad del aire interior y contribuir a espacios más saludables. Si bien los materiales de acabados seleccionados tienen una relevancia importante en la calidad del aire interior, por las sustancias nocivas que éstos pueden emitir (VOCs), se estima que los sistemas constructivos seleccionados también tienen su relevancia.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+1

Al tratarse de una ejecución en fábrica, la calidad de los elementos constructivos es mayor, disminuyendo la cantidad de defectos y aumentando el control de su ejecución.

Por ello resulta más fácil garantizar una calidad del aire interior óptima en este tipo de sistemas que en los sistemas in situ. Además si el sistema seleccionado es la madera, ésta contribuye a regular la humedad absorbiendo o expulsándola.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

Los sistemas semi industrializados disminuyen su capacidad de contribuir a la calidad del aire ya que las partes del edificio que se realicen mediante la construcción in situ, especialmente los de obra húmeda, contribuirán negativamente a la calidad del aire y a los espacios saludables del interior.

IN SITU

-2

El sistema tradicional in situ no resulta óptimo para mejorar la calidad del aire de los espacios interiores.

Por tratarse generalmente de ejecuciones de obra húmedas, y no tener un control total de los diferentes encuentros constructivos del edificio, suelen generarse zonas en las que aparece humedades o incluso moho que contribuyen negativamente a espacios saludables de buena calidad de aire interior.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.9. SALUD — CALIDAD DEL AIRE

Capacidad del sistema constructivo para mejorar las condiciones de calidad del aire interior y contribuir a espacios más saludables. Si bien los materiales de acabados seleccionados tienen una relevancia importante en la calidad del aire interior, por las sustancias nocivas que éstos pueden emitir (VOCs), se estima que los sistemas constructivos seleccionados también tienen su relevancia.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	3	1	2	2	1

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
1	2	2	3	3	1

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Programa Wood Exter, para predecir la duración de servicio de las tarimas y los revestimientos de madera exterior.

— Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. Puesta en obra y aceptación en España. Santiago Inat Trigueros. (2011)

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.9. SALUD — CALIDAD DEL AIRE

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	La madera regula la humedad del interior del edificio, la absorbe cuando ésta excede, y la expulsa cuando el ambiente es seco, alcanzando el correcto equilibrio higrotérmico. Pero es también un material fácilmente atacable y degradable, por lo que requiere de una buena ejecución y utilizando materiales con garantías. Para proteger bien la madera deberá conocerse el medio y el clima de la ubicación y las solicitaciones físicas, para proceder a la elección adecuada de la especie y del tratamiento. Igualmente, puede protegerse la madera a través del diseño, permitiéndole respirar sin obstáculos.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	La madera regula la humedad del interior del edificio, la absorbe cuando ésta excede, y la expulsa cuando el ambiente es seco, alcanzando el correcto equilibrio higrotérmico. Pero es también un material fácilmente atacable y degradable, por lo que requiere de una buena ejecución y utilizando materiales con garantías. Para proteger bien la madera deberá conocerse el medio y el clima de la ubicación y las solicitaciones físicas, para proceder a la elección adecuada de la especie y del tratamiento. Igualmente, puede protegerse la madera a través del diseño, permitiéndole respirar sin obstáculos.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Debido a su escaso comportamiento a la humedad, y sus riesgos de corrosión, se trata de un sistema que no contribuye positivamente a la salubridad y calidad del aire interior de los edificios. Mediante el diseño las estructuras deben protegerse para evitar estas posibles patologías.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	De manera similar, las estructuras ligeras de acero deben protegerse frente a los ambientes húmedos, salinos o contaminados. Además tienen una alta conductividad térmica por estar realizadas en acero, por lo que no resulta un sistema muy apropiado para evitar humedades y garantizar buenas condiciones de calidad de aire y salubridad interiores. Además una alta concentración de elementos de acero en un edificio puede crear campos electromagnéticos o funcionar como cajas de faraday que no contribuyan a los espacios saludables interiores.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	Por un lado el hormigón tiene una conductividad térmica alta, pero se comporta bien en espacios húmedos. Se deberá tener cuidado con los elementos o materiales constructivos que se colocan asociados a ellos por la posibilidad de transmisión de la humedad que puedan sufrir (más habitual tener estas consideraciones en la construcción prefabricada). Por otro lado, tanto los hormigones como morteros suelen emitir ciertas dosis del gas radón que llevan en su configuración, y que afecta negativamente a la salud de los espacios interiores.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Por un lado el hormigón tiene una conductividad térmica alta, pero se comporta bien en espacios húmedos. Se deberá tener cuidado con los elementos o materiales constructivos que se colocan asociados a ellos por la posibilidad de transmisión de la humedad que puedan sufrir (no tan habitual tener estas consideraciones en la construcción prefabricada). Por otro lado, tanto los hormigones como morteros suelen emitir ciertas dosis del gas radón que llevan en su configuración, y que afecta negativamente a la salud de los espacios interiores.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.9. SALUD — CALIDAD DEL AIRE

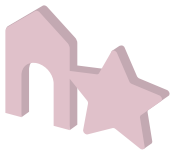
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Dependerá del material y de las uniones planteadas pero generalmente una construcción por módulos garantiza mejor la calidad de construcción, evitando la aparición de humedades o moho, lo cual mejora la calidad del aire interior.
MIXTO	Cuantos menos elementos sean industrializados será más difícil de garantizar la buena construcción en todos los encuentros constructivos, y por tanto que se evite la aparición de humedades, disminuyendo la calidad del aire interior.
PANELES	Cuantos menos elementos sean industrializados será más difícil de garantizar la buena construcción en todos los encuentros constructivos, y por tanto que se evite la aparición de humedades, disminuyendo la calidad del aire interior.
ELEMENTOS LINEALES	Cuantos menos elementos sean industrializados será más difícil de garantizar la buena construcción en todos los encuentros constructivos, y por tanto que se evite la aparición de humedades, disminuyendo la calidad del aire interior.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Cuantos más acabados estén los elementos constructivos será más fácil garantizar la buena construcción en todos los encuentros, y por tanto se evitarán la aparición de humedades, aumentando la calidad del aire interior.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Cuantos menos acabados estén los elementos constructivos será más difícil garantizar la buena construcción en todos los encuentros, y por tanto podrán aparecer más humedades, disminuyendo la calidad del aire interior.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO



f.10. MANTENIMIENTO DURANTE SU VIDA ÚTIL

Comodidad y agilidad en la solución de posibles problemas que puedan ocurrir en el edificio a lo largo de su vida útil. Dentro del mantenimiento se encuentran las reparaciones de elementos de las redes de las instalaciones, reformas de fachada, acabados, etc.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+2

Al tratarse de una ejecución en fábrica, la calidad de los elementos constructivos es mayor, disminuyendo la cantidad de defectos y la necesidad de un futuro mantenimiento.

A tratarse de un sistema desmontable, el mantenimiento se produce será más ágil, ya que desde un principio se diseñara para que los puntos más complicados puedan ser accesibles y registrables.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

Los sistemas semi industrializados dificultan algo más el mantenimiento durante su vida útil, principalmente por los sistemas in situ con los que se suelen combinar los industrializados. Dependerá del grado de industrialización del edificio (sistemas desmontables propuestos, etc) resultará más o menos sencillo su mantenimiento.

IN SITU

-2

El sistema tradicional in situ dificulta en gran medida las labores de mantenimiento algo más el mantenimiento durante su vida útil, por tratarse de sistemas constructivos fijos y muy pocos flexibles.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.10. MANTENIMIENTO DURANTE SU VIDA ÚTIL

Comodidad y agilidad en la solución de posibles problemas que puedan ocurrir en el edificio a lo largo de su vida útil. Dentro del mantenimiento se encuentran las reparaciones de elementos de las redes de las instalaciones, reformas de fachada, acabados, etc.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	3	2	3	3	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	3	1

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Programa Wood Exter, para predecir la duración de servicio de las tarimas y los revestimientos de madera exterior.

— Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. Puesta en obra y aceptación en España. Santiago Inat Trigueros. (2011)

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

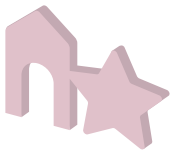
f.10. MANTENIMIENTO DURANTE SU VIDA ÚTIL

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Aunque la madera es un material fácilmente atacable y degradable, ejecutándolo de buen modo y utilizando materiales con garantías, este sistema puede ser tan durable como si se hubiese ejecutado con la más resistente de las piedras, solo hay que ver los antiguos templos de Japón y las grandes iglesias de Noruega. Para proteger bien la madera deberá conocerse el medio y el clima de la ubicación y las solicitaciones físicas, para proceder a la elección adecuada de la especie y del tratamiento. Igualmente, puede protegerse la madera a través del diseño.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Aunque la madera es un material fácilmente atacable y degradable, ejecutándolo de buen modo y utilizando materiales con garantías, este sistema puede ser tan durable como si se hubiese ejecutado con la más resistente de las piedras, solo hay que ver los antiguos templos de Japón y las grandes iglesias de Noruega. Para proteger bien la madera deberá conocerse el medio y el clima de la ubicación y las solicitaciones físicas, para procederá la elección adecuada de la especie y del tratamiento. Igualmente, puede protegerse la madera a través del diseño constructivo.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	Debido a su escaso comportamiento a la humedad, protección contra incendios y corrosión, se trata de un sistema que casi siempre se protege por medio de recubrimientos añadidos, lo cual dificulta bastante los posibles mantenimientos o reparaciones que pueda necesitar en el futuro.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Debido a su escaso comportamiento a la humedad, protección contra incendios y corrosión, se trata de un sistema que casi siempre se protege por medio de recubrimientos añadidos, lo cual dificulta bastante los posibles mantenimientos o reparaciones que pueda necesitar en el futuro.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	Al contrario del acero, el hormigón prefabricado suele encontrarse a la vista en muchos de los edificios, debido a su buen comportamiento a la humedad y protección contra incendios. Todo ello facilita bastante los posibles mantenimientos o reparaciones que pueda necesitar en el futuro.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	El hormigón in situ tiene también un buen comportamiento a la humedad y protección contra incendios, aunque no suele ser habitual encontrarlo a la vista, ya que en muchos casos se suelen recubrir. Por lo que no hace tan sencillo su mantenimiento o reparaciones que pueda necesitar en el futuro.

A.11. COMPORTAMIENTO EN EL USO

f.10. MANTENIMIENTO DURANTE SU VIDA ÚTIL



GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	No procede.
MIXTO	No procede.
PANELES	No procede.
ELEMENTOS LINEALES	No procede.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Facilita el mantenimiento y reparación del sistema.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Puede disminuir la facilidad de reparación o mantenimiento del sistema.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.12. NORMATIVA

f.1. NORMATIVA

Adecuación por parte de la normativa al sistema constructivo o al material especificado.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

0

La normativa no ha sido desarrollada pensando en la construcción industrializada por lo que no se adecua tan bien a la normativa como la in situ.

Se identifican sin embargo algunas normativas a las que se puede responder mejor desde la construcción industrializada, como por ejemplo la normativa sísmica. Sin embargo, otro tipo de normativas pueden exigir mayor desarrollo del diseño del proyecto de construcción industrializada como la protección contra el fuego, o incluso la relacionada con la eficiencia energética.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

La construcción semi industrializada no se adapta tan bien a la normativa como la construcción in situ, ya que la normativa se ha desarrollado pensando en este último tipo de construcción. Pero por se parte del edificio construido de manera convencional, se adecua mejor a la normativa vigente que la construcción totalmente industrializada.

IN SITU

+2

La normativa vigente se ha desarrollado pensada para la construcción in situ, por lo que se adecua mejor a este tipo de construcción, debido a que sus especificaciones se han desarrollado paralelamente a esta tipología llevada a cabo in situ.

BIBLIOGRAFÍA

— Asociación de Fabricantes y Constructores de Casas de Madera de España.

— Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. Puesta en obra y aceptación en España. Santiago Inat Trigueros. (2011)

A.12. NORMATIVA

f.1. NORMATIVA

Adecuación por parte de la normativa al sistema constructivo o al material especificado.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	3	4	2	5	5

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Reglas de ejecución para estructuras metálicas ligeras. Borja Zornoza de Solinis. (2009)
- La Instrucción EHE-08 y los elementos prefabricados de hormigón. Andece.
- Construir con Madera, promovido por la Confederación Española de Empresarios de la Madera (CONFEMADERA).

A.12. NORMATIVA

f.1. NORMATIVA

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

La principal normativa de referencia es el CTE DB-SE-M, para los casos de edificación de nueva construcción o intervenciones en edificios existentes que cumplan los requisitos descritos en esta. Existe además el eurocódigo 5 de 1995.

El CTE permite a su vez la opción de las denominadas soluciones alternativas y el empleo de la información contenida en los denominados "documentos reconocidos" debidamente justificados por el proyectista.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

Adicionalmente a lo comentado en el caso de la madera contralaminada, el entramado ligero tiene ciertas limitaciones normativas para la altura máxima que podría alcanzar. Es decir dependiendo de las normativas suele oscilar entre 3-6 plantas de alturas máximas para entramado ligero de madera.

Además toda la normativa que envuelve a un proyecto de construcción está pensada en la construcción in situ, dificultando la construcción industrializada en madera (por ejemplo en los propios pliegos de construcción que muy raramente permiten ejecutar proyecto y obra conjuntamente, algo que iría en beneficio de la construcción industrializada.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

En este caso existen tres normas aplicables en España: La EN 1993 (Eurocódigo 3), publicado su anejo nacional en febrero de 2013, CTE DB SE-A y la EAE-2011. De acuerdo con el artículos 2 del RD que aprobó la EAE, "En las obras de edificación se podrán emplear indistintamente esta Instrucción y el Documento Básico DB SE-A Acero del Código Técnico de la Edificación" para el calculo estructural del edificio, aunque el Eurocódigo 3 es más completo.

Para el resto de requisitos del edificio, se reparará en el CTE (Código Técnico de la Edificación) completo, y para la clasificación del acero se hará referencia a la UNE-EN 10020:2001.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

En el caso de acero ligero, al igual que en el acero estructural, existen las tres normas aplicables en España: La EN 1993 (Eurocódigo 3), CTE y la EAE-2011. Las estructuras de acero ligero quedan recogidas dentro del Documento Básico Seguridad Estructural-Acero (CTE DB SE-A), en el que no existe un apartado especifico para el calculo de ese tipo de estructuras, sino que deben aplicarse los apartados de calculo de secciones de clase 4 (secciones esbeltas).

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

Se regirá por el CTE, así como por la normativa EHE-08 (Instrucción de hormigón estructural), la cual sustituye a la instrucción anterior EHE-98 y la instrucción EFHE-02 (Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados). En los artículos 59, 76, 86.9, 91 y 99 del EHE-08, así como en sus anejos 12 y 19, se hace referencia a los elementos prefabricados de este sistema constructivo.

HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

Este sistema constructivo esta dirigido por la normativa EHE-08 (Instrucción de hormigón estructural), y la instrucción EFHE-02 (Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados).

Además, habrá de tenerse en cuenta el Código Técnico de la Edificación para cumplir el resto de requisitos que una construcción conlleva.

A.12. NORMATIVA

f.1. NORMATIVA

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	La normativa Española vigente no se adecúa a la ejecución por medio de módulos.
MIXTO	La normativa Española vigente no se adecúa a la ejecución por medio de módulos y paneles.
PANELES	La normativa Española vigente no se adecúa a la ejecución por medio de paneles, aunque resulta más sencilla su implementación.
ELEMENTOS LINEALES	La normativa Española vigente se adecúa a la construcción por medio de elementos lineales.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La normativa vigente no se adecúa a la ejecución de las instalaciones o acabados en fábrica.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La normativa vigente se adecúa a la ejecución de las instalaciones o acabados en fábrica.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	La normativa no se adecúa a la ejecución seca de la obra.
OBRA SEMI HÚMEDA	La normativa se adecúa mejor a la ejecución semi húmeda de la obra.

A.13. COSTO ECONÓMICO

f.1. CONTROL DE COSTES

Aumento en el control de costes del proyecto, evitando gastos imprevistos durante la ejecución de la obra.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+2

El presupuesto estará totalmente fijado, y apalabrado tanto con la empresa constructora como con la fábrica de elementos industrializado, desde la fase de diseño, sin cambio alguno en las fases de producción de las piezas o en obra. Esto ocurre debido a que los elementos prefabricados han de ser producidos (y montados) en fábrica, para ser unificados posteriormente en la obra, por lo que debe limitarse la cantidad de errores que puedan producirse en obra, ya que en ese caso habrían de realizarse nuevas piezas. Por ello, desde la fase de diseño se planifica y controla todo lo que ocurrirá en la planta de producción y en la obra, de modo que no se produzca imprevisto alguno en el momento de la construcción, aumentando el control de los costes.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

A medida que la construcción disminuye su nivel de industrialización, el control de costes se verá reducido.

Debido a que este tipo de obra se semeja a la obra in situ, pero incorporando ciertos elementos industrializados, el control de costos se aproximará a ella.

IN SITU

-2

Debido a que la probabilidad de errores en obra es mayor que en la obra industrializada, aumentará la aparición de costos imprevistos, lo que afecta negativamente al control en los gastos.

Estos imprevistos pueden estar ocasionados por una planificación escasa de las tareas a realizar en obra, o la falta de coordinación entre los distintos gremios que intervengan, y pueden generar retrasos en los plazos de la obra, aumentando los costes en toda la cadena de valor.

A.13. COSTO ECONÓMICO

f.1. CONTROL DE COSTES

Aumento en el control de costes del proyecto, evitando gastos imprevistos durante la ejecución de la obra.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	4	3	4	4	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
0	1	2	3	3	1

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)

A.13. COSTO ECONÓMICO

f.1. CONTROL DE COSTES

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

Los costos están controlados desde la fase del diseño, en el que la empresa prefabricadora gestiona de modo eficiente el tiempo de cada fase de la obra, así como el diseño de las piezas que posteriormente serán colocadas en obra.

Se procura que no ocurran errores de precisión en obra, de modo que el presupuesto no se vea afectado, y las únicas modificaciones que se realicen a los paneles sean pequeños cortes para el paso de instalaciones o reajustes en ciertos puntos. Igualmente, se realizará una adecuada planificación de las tareas a realizar el obra, de modo que no se originen demoras.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

En caso de que el sistema se realice por medio de paneles prefabricados o módulos, el control de costos será equivalente al de las piezas de madera contralaminada. Es decir, los costos estarán controlados desde la fase de diseño, limitando al mínimo la aparición de posibles errores en obra.

Igualmente, en el caso de realizarse mediante elementos lineales el gasto se mantendrá constante desde el diseño hasta el final de la obra, evitando gastos inesperados.

Las tareas en obra, al igual que los tiempos que estas suponen, estarán previamente planificados, de modo que la obra se ejecute de un modo ágil y sin imprevistos.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

El mercado del acero esta sometido a la fluctuación del precio de esta materia prima, lo que genera una inestabilidad en el costo y dificulta la realización de una previsión exacta del coste de la obra. Por ello, el promotor puede retraerse en la utilización de este material.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

El sistema posibilita un mayor control en los costos, debido a que los materiales, las tareas y los costos que estas suponen estarán fijados desde la fase de proyecto. De este modo se evita la aparición de imprevistos en el momento de la construcción en obra.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

El precio se cerrará en el proyecto, por lo que el control de costos aumenta. El diseño de las piezas prefabricadas debe detallarse rigurosamente, de modo que todas las piezas encajen a la perfección en el momento de montaje en obra. De lo contrario, no existirá posibilidad de modificación alguna, por lo que la pieza incorrecta deberá volver a fabricarse, asumiendo un aumento en el plazo debido a la necesidad de fraguado.

HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

La probabilidad de imprevistos y desviaciones económicas es mayor que en la ejecución por medio de elementos prefabricados. En la obra tradicional toman parte muchos gremios y se deciden muchos detalles en obra, lo cual conlleva costes imprevistos y retrasos en los plazos de ejecución. Todo ello dificulta notablemente el control de coste de las obras in situ.

A.13. COSTO ECONÓMICO

f.1. CONTROL DE COSTES

GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	La construcción por módulos es la que más control de costes tiene, ya que en obra sólo se deben montar y ensamblar los módulos, por lo que los imprevistos y sobrecostes disminuyen drásticamente.
MIXTO	La construcción por mixta de módulos y paneles conlleva también un alto control de costes, ya que una parte importante del edificio se ha fabricado en la industria por lo que se reducen mucho los imprevistos y sobrecostes.
PANELES	La construcción por paneles conlleva también un menor control de costes, aunque algo menos que por módulos, ya que se tienen que rematar varios detalles en obra lo cual va en detrimento de un mayor control de los costes.
ELEMENTOS LINEALES	La construcción por elementos lineales conlleva un bajo control de costes, ya que se tienen que ejecutar muchas partidas en obra de manera tradicional, lo cual conlleva a importantes incertidumbres y sobrecostes de la obra.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Si los acabados e instalaciones están incorporadas desde la fábrica, se disminuye los imprevistos y sobrecostes en obra.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Si los acabados e instalaciones se ejecutan en obra, suelen aparecer más imprevistos en obra lo cual significa un aumento de costes de la obra.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.13. COSTO ECONÓMICO

f.2. COSTO TOTAL

Reducción del coste total del edificio, desde la obtención de las materias primas hasta la finalización de la obra, sin tener en cuenta la fase de diseño del proyecto.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

-1

El costo total de la obra, excluyendo terreno y financiación, resulta superior a un 10% respecto a la obra in situ o semi industrializada, dependiendo de la calidad de los materiales empleados.

Los sistemas industrializados destacan por su alta calidad en acabados y elementos, así como por su buen comportamiento en el uso. Estos factores incrementan el costo de la obra, el cual se ve posteriormente reducido debido a la rapidez de ejecución en obra y a la reducción en la mano de obra y en la cantidad de medios auxiliares como grúas, etc.

En consecuencia, la construcción industrializada, hoy, no resulta más económica que la tradicional, pero sí aportan mayor calidad y mejor comportamiento en el uso.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

Si bien dependerá de la proporción de elementos industrializados y elementos in situ combinados en el proyecto, la obra semi industrializada suele ser ligeramente más costosa que la construcción in situ, que se podría valorar entre un 5-15%, que suelen aportar más calidad a la construcción del edificio y se suelen ejecutar con mayor rapidez.

En algunos proyectos concretos, de viviendas basadas en construcción ligera, o pabellones industriales mediante sistemas prefabricados, pueden llegar a resultar ligeramente más económicos que la construcción convencional.

IN SITU

+1

Como se ha explicado en la columna de los procesos industrializados, el coste de la obra in situ resulta ligeramente más económica que el de los edificios prefabricados o los compuestos por elementos industrializados, aunque estos últimos aportan mayor calidad y mejor comportamiento en el uso en comparación con la obra in situ.

BIBLIOGRAFÍA

- Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. Puesta en obra y aceptación en España. Santiago Inat Trigueros. (2011)
- Estudio comparativo entre distintas metodologías de industrialización de la construcción de viviendas. Diego Gómez Muñoz. (2008)
- Optimización y propuesta de sistema opaco de cerramiento multicapa ligero con estructura de light steel frame como alternativa competitiva a los sistemas de cerramientos tradicionales. Letzai del Valle Ruiz Valero. (2013)

A.13. COSTO ECONÓMICO

f.2. COSTO TOTAL



Reducción del coste total del edificio, desde la obtención de las materias primas hasta la finalización de la obra, sin tener en cuenta la fase de diseño del proyecto.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
2	3	3	3	3	4

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
2	1	1	0	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
0	3	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)

A.13. COSTO ECONÓMICO

f.2. COSTO TOTAL

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

El precio del panel de madera contralaminada varía dependiendo de su grosor, número de laminas y del acabado empleado. A este precio han de sumarse los gastos de mecanización y transporte, los cuales pueden aumentar para piezas de mayores dimensiones o formas no ortogonales. Por ultimo, habrá de tener en cuenta el gasto que generan los operarios que ejecuten la obra.

El coste suele ser entre un 10-15 % mayor que el de la construcción convencional, es decir en torno a 100-110€/m^2 mayor (los paneles verticales rondan los 130-150€/m^2 y los horizontales 150-180€/m^2).

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

El precio del sistema varía dependiendo de su grosor, del aislante empleado o de su acabado. A este costo base se le añadirán los gastos de mecanización y transporte, pudiendo reducirlo con la utilización de piezas de dimensiones ajustadas a la maquinaría habitual en fabrica y al transporte convencional. Posteriormente, se sumarán los gastos de mano de obra.

El coste suele ser inferior al de la madera contralaminada, y con una optimización en el diseño, puede acercarse a los costes de la construcción convencional, dando como resultado precios competitivos.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

La fluctuación del precio del acero es inestable, lo que repercute en la inexactitud del coste total de la obra. La partida de estructura del presupuesto se verá encarecida en un 10% debido a los requisitos de protección frente a incendio que marca el CTE, los cuales exigen unos tratamientos con productos, así como la protección de la estructura mediante diversos elementos como placas o morteros hidrófugos.

Estas estructuras serán más competitivas en edificios de alturas elevadas, por rendimiento y productividad.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

El sistema resulta en torno a un 5-15% más costoso que la obra convencional, si bien una optimización del diseño podría conseguir precios competitivos similares a la convencional. Los perfiles y las placas tendrán unas dimensiones normalizadas que cubrirán un piso, y podrán ser transportadas en camiones convencionales. En caso de cortar los perfiles en obra o que la ejecución en obra se realice por medio de paneles, estos se ceñirán a las dimensiones de los camiones antes citados, de modo que el costo no se vea afectado. La construcción será mayormente manual, disminuyendo la cantidad de maquinaria en obra.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

En caso de analizar únicamente los costes directos (estructura y fachada) el hormigón prefabricado es menos económico que el ejecutado in situ. Por el contrario, si se suman los costes indirectos (el tiempo, el personal, la maquinaria, etc.) las opciones in situ pierden esa competitividad, y se equilibran con la tradicional.

HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

La obra tradicional suele ser más competitiva en costes que la industrializada o semi industrializada, pero la incertidumbre de los precios contradictorios de obra y de los plazos de ejecución puede hacer que sea más rentable plantearse ciertas obras industrializadas en lugar de la convencional.

A.13. COSTO ECONÓMICO

f.2. COSTO TOTAL



GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	La construcción por módulos suele ser la más costosa, si bien es a la vez la que mayor control de costes permite, disminuyendo drásticamente los imprevistos en obra y los plazos de ejecución.
MIXTO	La construcción mixta suele ser también más costosa, aunque permita también un mayor control de los costes disminuyendo los imprevistos en obra y los plazos de ejecución.
PANELES	La construcción por paneles suele ser también más costosa, aunque depende del proyecto puede acercarse a los precios de construcción convencional, además permite también un mayor control de los costes disminuyendo los imprevistos en obra y los plazos de ejecución.
ELEMENTOS LINEALES	La construcción por elementos lineales no suele resultar más costosa que la tradicional, aunque se reduce considerablemente el control de costes y de imprevistos en obra.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	El coste se verá incrementado por la adicional de una estructura complementaria.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	El coste se mantendrá constante.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.13. COSTO ECONÓMICO

f.3. RELACIÓN SUPERFICIE CONSTRUIDA/SUPERFICIE ÚTIL



Adecuada relación entre la superficie construida y la superficie útil, obteniendo mayor espacio útil con la misma ocupación construida.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

Los sistema constructivos industrializados mejoran la relación entre superficie construida y la superficie construida útil.

Dependiendo del sistema constructivo industrializado que se emplee puede conseguirse mejores relaciones entre la superficie construida y la superficie útil en comparación con las construcciones in situ por medio de cerramientos de ladrillo.

Esto es así debido a que ciertos sistemas constructivos permiten la unificación de la estructura y los elementos constructivos, realizando muros y forjados portantes, los cuales ocupan menor área en planta, aumentando la superficie útil.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

La edificación semi industrializada puede mejorar la relación entre superficie construida y la superficie construida útil, dependiendo de los elementos constructivos prefabricados que se implementen (por ejemplo si se combinan fachadas prefabricadas con estructura in situ, puede optimizarse esta relación).

IN SITU

-2

Las técnicas in situ no mejoran la relación entre superficie construida y la superficie construida útil.

Este sistema separa por una parte los elementos estructurales y los constructivos (cerramiento, tabiquería interior, etc) por otra, obligando a la construcción de ambos elementos independientemente. Por ello, la superficie que ocupen será mayor que en los casos en los que se unifican.

A.13. COSTO ECONÓMICO

f.3. RELACIÓN SUPERFICIE CONSTRUIDA/SUPERFICIE ÚTIL

Adecuada relación entre la superficie construida y la superficie útil, obteniendo mayor espacio útil con la misma ocupación construida.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	5	3	5	2	0

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
1	3	2	2	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.13. COSTO ECONÓMICO

f.3. RELACIÓN SUPERFICIE CONSTRUIDA/SUPERFICIE ÚTIL

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Los cerramientos serán más esbeltos que en la obra convencional. Por ejemplo, el grosor total de una fachada de una hoja con acabado de revoco es de 200 mm, o de 240 mm en caso de fachada ventilada, por lo que empleando los paneles contralaminados pueden conseguirse entre 60 mm y 100 mm de ganancia en superficie útil, gracias a la disminución en la sección de la fachada. En el caso de los tabiques interiores y las medianeras puede conseguirse entre un 2% y un 5% de superficie útil adicional con respecto a la convencional.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	Al igual que ocurre en el sistema de madera contralaminada, pueden conseguirse entre 60 mm y 100 mm de ganancia en superficie útil debido a la reducción del grosor de los paneles de fachada. Igualmente, y haciendo referencia a la tabiquería y a las medianeras, puede conseguirse entre un 2% y un 5% de superficie útil respecto a la convencional.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	La esbeltez de la estructura produce menor ocupación de la superficie del edificio, aumentando el área de los espacio libres de obstáculos. Además su gran resistencia mecánica permite la consecución de grandes espacios diáfanos. Por ello, se trata de un sistema de buena relación entre la superficie ocupada y la superficie útil, si bien la necesidad de cubrir la estructura para el cumplimento de la normativa de protección contra incendios, hace que no resulte tan óptima la relación.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Los datos son equiparables a los de la madera contralaminada y el Wood Framing, asumiendo incrementos de entre un 2% y un 5% de superficie útil comparando las dimensiones de las particiones interiores y medianeras de este sistema y de el sistema convencional realizado in situ. Por lo que respecta a los cerramientos, pueden conseguirse entre 60 mm y 100 mm de ganancia en superficie útil, gracias a la disminución en su sección.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	Al tratarse de piezas prefabricadas de estructura y fachada, que no suelen integrarse en la envolvente del edificio, y además suelen estar sobredimensionadas para cumplir diferentes opciones de proyectos, por lo que la relación superficie construida y superficie útil no se optimiza demasiado.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Los espesores de fachada habituales de la construcción convencional suelen ser mayores que los de la prefabricada principalmente por los espesores que ocupan la hoja de ladrillo hueco doble, a la que se le añade interiormente un trasdosado de cartón yeso y por el exterior el aislamiento térmico. Esta configuración da como resultado una relación de superficie construida / superficie útil muy poco optimizada.

A.13. COSTO ECONÓMICO

f.3. RELACIÓN SUPERFICIE CONSTRUIDA/SUPERFICIE ÚTIL



GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	La construcción modular genera un solape entre los forjados y cerramientos de estos, repercutiendo en un empeoramiento de la relación entre superficie construida y útil. Para mejorarlo, el diseño de los módulos pueden adaptarse a este factor.
MIXTO	Permite una buena relación entre la superficie construida y útil, en caso de que los módulos se diseñen adecuadamente, prescindiendo de cerramientos en los casos en los que estos se solapen.
PANELES	Permite una buena relación entre la superficie construida y útil.
ELEMENTOS LINEALES	Permite una buena relación entre la superficie construida y útil, cuando se integran las fachadas y la estructura del edificio.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.13. COSTO ECONÓMICO

f.4. ESTANDARIZACIÓN

Aumento en la estandarización de cada sistema. La existencia de productos normalizados reduce drásticamente su precio, debido a que la fabricación de piezas con diseños específicos aumenta el coste de fabricación.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

0

Si bien el sistema industrializado debe tener todos sus elementos estandarizados, provenientes de diferentes fábricas, es cierto que no se alcanza, por el momento, una reducción de costes de estos productos. Seguramente, esto sea debido a que todavía no se demanda el suficiente volumen de estos elementos prefabricados que puedan conllevar una reducción de sus costes.

SEMI INDUSTRIALIZADO

-1

Los elementos prefabricados que incorpora el sistema semi industrializado están estandarizados y normalizados, pero al igual que en el caso del sistema industrializado no consigue alcanzar una reducción de sus costes, seguramente por falta de volumen de producción. Su combinación con elementos constructivos realizados in situ hace que bajen los productos estandarizados en obra, aunque no resulte en un aumento de sus costes.

IN SITU

-1

En la construcción in situ se realizan muchas correcciones en obra, ajustando las soluciones según se desarrolla la obra. Todo ello hace que sean soluciones no estandarizadas, si no más bien improvisadas en obra, por lo que disminuye considerablemente los sistemas estandarizados en obra. Sin embargo este tema no se traslada directamente en aumentos notables de la ejecución global de la obra.

A.13. COSTO ECONÓMICO

f.4. ESTANDARIZACIÓN

Aumento en la estandarización de cada sistema. La existencia de productos normalizados reduce drásticamente su precio, debido a que la fabricación de piezas con diseños específicos aumenta el coste de fabricación.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
5	4	3	4	4	1

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
2	2	2	3	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Análisis comparativo con datos reales de obra entre un edificio de viviendas industrializadas y otro con sistemas constructivos tradicionales. Visesa. (2009)

A.13. COSTO ECONÓMICO

f.4. ESTANDARIZACIÓN

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	Los paneles de madera contralaminada son elementos muy estandarizados y adaptables a diferentes exigencias de los diversos proyectos. Proporcionan espesores muy diversos para la configuración de muros de carga, forjados o fachadas.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	El sistema de entramado ligero se compone de elementos estandarizados y se pueden generar los paneles en obra o en fábrica.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	El sistema de acero estructural es también un sistema compuesto de elementos totalmente estandarizados.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	Al igual que en el caso del entramado ligero de madera, el sistema de entramado de acero ligero se compone también de elementos estandarizados y se pueden generar los paneles en obra o en fábrica.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	El sistema de hormigón prefabricado es un sistema que proporciona productos totalmente estandarizados, que en cada proyecto se debe analizar la manera más óptima para implementarse. En algunas situaciones esta alta estandarización puede resultar demasiado inflexible o rígida para adaptarse a diferentes características del proyecto.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	El sistema de construcción convencional de hormigón in situ, no es un sistema estandarizado, y cada proyecto tiene sus propias dimensiones de estructura de hormigón in situ específica para ese proyecto. Los elementos de fábrica de ladrillo, si bien se compone de pequeños elementos estandarizados (el ladrillo), la configuración de muros, tabiques o fachadas no son estandarizadas, si no que específicas a cada proyecto.

A.13. COSTO ECONÓMICO

f.4. ESTANDARIZACIÓN



GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Los módulos suelen estar compuestos por sistemas constructivos totalmente estandarizados.
MIXTO	El sistema mixto suele estar también compuesto por sistemas constructivos totalmente estandarizados.
PANELES	El sistema constructivo por paneles suele estar también compuesto por elementos constructivos totalmente estandarizados.
ELEMENTOS LINEALES	Los elementos lineales suelen estar también compuestos por sistemas constructivos totalmente estandarizados, si bien habitualmente se suelen combinar con sistemas convencionales de baja estandarización.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A.13. COSTO ECONÓMICO

f.5. RELACIÓN COSTO/PROTECCIÓN ANTI-INCENDIO

Aumento del costo total derivado de una alta protección anti incendio.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+1

El costo para la protección anti incendio aumenta en el caso de algunos de los sistemas constructivos industrializados que se citan en este documento.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

El costo para la protección anti incendio puede no aumentar en caso de que se opte por la incorporación de materiales que tengan mejor resistencia ante el fuego.

IN SITU

-2

El costo para la protección anti incendio no aumenta debido a las propiedades de los materiales empleados.

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.13. COSTO ECONÓMICO

f.5. RELACIÓN COSTO/PROTECCIÓN ANTI-INCENDIO

Aumento del costo total derivado de una alta protección anti incendio.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
3	3	4	4	1	1

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A.13. COSTO ECONÓMICO

f.5. RELACIÓN COSTO/PROTECCIÓN ANTI-INCENDIO

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

La resistencia del material ante el fuego es de 60 minutos. Para mayor protección frente a incendio puede aumentarse la sección de la estructura, de modo que cuanto mayor sección tenga más tardará en perjudicar el alma portante. Igualmente puede realizarse un diseño constructivo optimo, añadiendo elementos de origen mineral, como placas de cartón yeso o aislantes de fibras en caso de necesitar mayores requisitos, o elementos cortafuegos como falsos techos, voladizos, etc.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

Estos añadidos aumentarán el coste, por lo que en estos sistemas, y teniendo en cuenta el CTE DB-SI, este material será optimo para edificios de altura igual o menor a 15 metros y de ciertas tipologías de uso, como en edificio de viviendas, edificios docentes o de administración (en el caso de hospitales, edificios comerciales o de pública concurrencia, el aumento del costo será mayor, debido a la necesidad de proteger la madera hasta REI 90 desde el primer piso).

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

Habrá de proteger la estructura, debido a la rápido disminución del limite elástico y modulo de elasticidad del acero, provocando el colapso del edificio en 30 minutos y sin aviso. La protección de estas piezas (tratamientos con productos, así como elementos de protección como mortero) encarece el material un 10%.

Para reducir la necesidad de protección, la estructura puede ubicarse fuera del edificio, usando el aire como refrigerante de la misma.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

La resistencia del sistema ante el fuego es REI 60. Para aumentar la resistencia ante incendio pueden colocarse 2 o 3 placas de cartón yeso, e incluso ciertos paneles OSB o placas de cartón yeso que aguantan hasta 90 minutos ante un fuego. Por lo que respecta a los perfiles ligeros de acero, su galvanización proporciona incombustibilidad al material, y la lana de roca que los rodea ayuda en esa incombustibilidad, dado que el punto de fusión de sus fibras esta por encima de los 1000 ºC. Igualmente, puede ejecutarse una obra semi-seca, incorporando hormigón para la correcta amortiguación de ruidos y protección frente a incendios. Estas medidas encarecen el sistema, por lo que lo optimo es la ejecución de edificios con tipologías de uso con menor o igual requerimiento de 60 minutos tal y como ocurre en los sistemas constructivos realizados en madera.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

La resistencia del material (hormigón) ante el fuego es REI 120. El hormigón ofrece resistencia pasiva frente al fuego, sin necesidad de otros materiales. El inconveniente se genera cuando las altas temperaturas llegan hasta la armadura, y esta colapsa, debido a las características del acero. Por ello, un mayor recubrimiento aportará mayor resistencia frente al fuego. En caso de que este sea menor, el calor llegará antes a la armadura. Los requerimientos para la protección frente a incendio se incrementarán a medida que aumenta la altura del edificio, debiendo sobredimensionar el recubrimiento de los elementos estructurales. Esta acción conllevará un aumento en el costo.

HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

La resistencia del hormigón ante incendio es REI 120, pero la del ladrillo (empleado habitualmente en fachadas y particiones, es de mínimo REI 90, por lo que para los recintos que deban ser altamente protegidos se emplearán pantallas de hormigón.

Al igual que ocurre en la versión prefabricada, las armaduras integradas en la estructura de hormigón debe protegerse adecuadamente ante las altas temperaturas que genera un incendio. Para ello el recubrimiento entre la superficie del elementos de hormigón y las armaduras se calculará proporcionalmente al tiempo de evacuación de los ocupantes, determinado en el CTE.

A.13. COSTO ECONÓMICO

f.5. RELACIÓN COSTO/PROTECCIÓN ANTI-INCENDIO



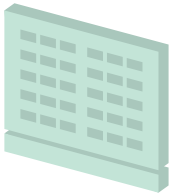
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	No procede.
MIXTO	No procede.
PANELES	No procede.
ELEMENTOS LINEALES	No procede.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.1. CIMENTACIÓN

Adaptabilidad del sistema o material para la ejecución de la cimentación del edificio.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

0

Aunque la cimentación totalmente industrializada puede resolver rápidamente las bases de las construcciones, muchos estudios geotécnicos solo contemplan soluciones de cimentación realizadas in situ, y además, la normativa vigente por lo general obliga a adoptar cimentaciones desproporcionadas en el caso de optar por soluciones industrializadas.

Para edificaciones pequeñas sí existe alguna alternativa de cimentación industrializada como la de los tornillos de tierra, que se podrían usar.

En caso de emplear cimentaciones in situ, se recomienda colocar elementos de conexión ajustables, de modo que pueda corregirse fácilmente cualquier tolerancia debido a un error de precisión.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+2

Las opciones mixtas, en las que se acoplan elementos industrializados en soluciones de hormigón vertido in situ, son cada vez más extendidas.

Existen diferentes soluciones de cimentaciones semi industrializadas, como por ejemplo la opción de industrializar las semivigas y las riostras y hormigonar y hormigonar la parte inferior de estas semivigas.

Esta opción ocurre en los casos en los que la empresa suministradora no pudiera fabricar o transportar toda la cimentación, o el terreno dificulte la incorporación de piezas prefabricadas, debido a la necesidad de diferentes secciones de cimentación por las variaciones resistentes del terreno, dificultando su estandarización.

IN SITU

+2

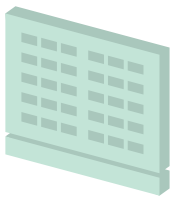
Es la solución más extendida, debido a la falta de costumbre y experiencia en soluciones industrializadas.

Puede ocurrir cuando las piezas son de sección considerable y difíciles de transportar o cuando el terreno dificulta la incorporación de soluciones industrializadas.

BIBLIOGRAFÍA

— Cimentaciones prefabricadas para módulos de vivienda 3D. Josep Ignasi de Llorens Duran y Ester Pujadas Gispert.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.1. CIMENTACIÓN

Adaptabilidad del sistema o material para la ejecución de la cimentación del edificio.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
0	0	2	0	4	5

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
3	2	0	0	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

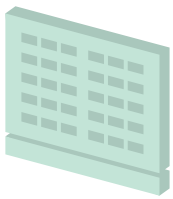
0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

- Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)
- Código Técnico de la Edificación. Seguridad Estructural – Madera. (2009)
- Estudio de promociones de viviendas: Sistema convencional y sistema Industrializado de acero ligero. David Taranilla García. (2009)

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.1. CIMENTACIÓN

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

El sistema constructivo no puede resolver la cimentación y precisa de hormigón armado para ello.

Debido al bajo peso del sistema constructivo, su cimentación será de menor tamaño en comparación con construcciones de hormigón prefabricado o in situ. Por este motivo y en edificios pequeños se pueden emplear cimentaciones industrializadas como tornillos de tierra.

El edificio deberá elevarse como mínimo 20 centímetros para protegerlo de la humedad de la tierra. Para salvar esta distancia, los cimientos aumentarán la altura de su muro y se dispondrá de un material hidrófugo (barrera antihumedad). De este modo se asegura una mejora notable en la durabilidad de la estructura.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

El sistema constructivo no puede resolver la cimentación y precisa de hormigón armado para ello.

Esta cimentación será de una tamaño menor, ya que el peso propio del edificio ha disminuido respecto a la anterior opción en madera. Por este motivo y en edificios pequeños se pueden emplear cimentaciones industrializadas como tornillos de tierra. Esta característica hace de este sistema constructivo una buena solución para terreno de baja tensión admisible.

Debido a su condición de madera, y según el CTE-DB-SE-M afirma, el edificio compuesto de estructura de madera se elevará como mínimo 20 centímetros del terreno, evitando cualquier contacto con humedad mediante un material hidrófugo (barrera antihumedad).

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

El sistema constructivo no puede resolver toda la cimentación y precisa de hormigón armado para la ello.

Aunque el acero no es propicio para la realización de zapatas corridas o aisladas, si se emplea en otras situaciones para la contención de tierras (tablestacas o hincas) o para la cimentación profunda (pilotes). Las tablestacas de acero presentan una adecuada durabilidad y la corrosión es despreciable en suelos naturales (excepto turbas). Únicamente se tendrá en cuenta la corrosión en casos de cercanía al mar. Por otro lado, los pilotes de acero son perfiles H especiales con un mismo espesor de alma y alas, optimo para su funcionamiento en compresión.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

El sistema constructivo no puede resolver la cimentación y precisa de hormigón armado para la ello.

Debido a la ligereza del sistema, el tamaño o área de la cimentación será reducida, disminuyendo la cantidad de hormigón armado que deba utilizarse. Por este motivo y en edificios pequeños se pueden emplear cimentaciones industrializadas como tornillos de tierra.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

El sistema constructivo puede resolver la cimentación.

Entre los elementos de cimientos prefabricados, destacan los pilotes de hormigón, que se hincan por medio de golpeo hasta rechazo, los pilotes de hormigón armado, los cuales se empotran en la capa resistentes tras haber realizado una perforación previa y se completan con inyecciones de lechada de cemento en el terreno; y las zapatas de hormigón, normalmente empleadas en edificios normalizados con cargas de poca relevancia o terrenos de alta calidad.

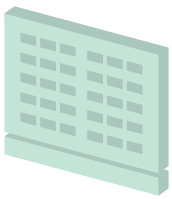
HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

El sistema de hormigón in situ puede solucionar la cimentación del edificio proyectado.

Obviando los casos en los que el terreno sea altamente consistente, como roca o antiguas losas de hormigón, en los que no se precise de encofrado, por lo general los cimientos realizados in situ requerirán de elementos auxiliares para generar el armazón en el que se verterá el hormigón, aumentado la cantidad de material en obra o transportado.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.1. CIMENTACIÓN

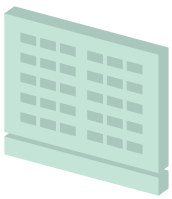
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Los módulos requerirán de un apoyo continuo, por lo que podrán asentarse sobre zapatas corridas o sobre vigas que descansen sobre diversas zapatas aisladas.
MIXTO	Al igual que la ejecución por módulos o paneles, este sistema requerirá de zapatas corridas o vigas apoyadas sobre zapatas aisladas.
PANELES	Del mismo modo que las anteriores opciones, la cimentación puede resolverse por medio de zapatas corridas o vigas asentadas sobre zapatas aisladas.
ELEMENTOS LINEALES	Dependiendo de las características de los elementos lineales, se emplearan diferentes soluciones. Para el caso de LSF o Wood Framing, se hace referencia a lo mencionado en los tres anteriores (módulos, mixto y paneles) y para el caso del acero estructural se emplearán zapatas aisladas.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.2. SÓTANO

Adaptabilidad del sistema o material para la ejecución de la estructura y cerramiento que constituyan el sótano del edificio.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

-1

Los sistemas constructivos industrializados actuales no son muy adaptables a la ejecución de los sótanos.

Al igual que en el caso de las cimentaciones, muchos estudios geotécnicos solo contemplan soluciones realizadas in situ, y además, la normativa vigente por lo general obliga a adoptar dimensiones desproporcionadas en el caso de optar por soluciones industrializadas.

Existe la posibilidad de construir sótanos por medio de muros pantalla prefabricados, aunque su ejecución prefabricada no esta totalmente integrada en el mercado actual. Si pueden ejecutarse forjados prefabricados en sótanos, aunque no la solera del primer sótano.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+2

Los sistemas semi prefabricados responden bien a las necesidades requeridas por los sótanos de las construcciones.

De este modo, pueden combinarse elementos prefabricados con técnicas in situ, mejorando las prestaciones de los sótanos.

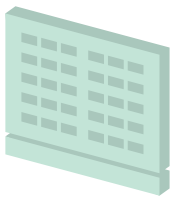
IN SITU

+2

Es la solución más extendida, debido a la falta de costumbre y experiencia en soluciones industrializadas.

Puede ocurrir cuando las piezas son de sección considerable y difíciles de transportar o cuando el terreno dificulta la incorporación de soluciones industrializadas.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.2. SÓTANO

Adaptabilidad del sistema o material para la ejecución de la estructura y cerramiento que constituyan el sótano del edificio.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA
1	0

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING
1	0

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
3	5

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
2	2	0	0	NO PROCEDE	NO PROCEDE

MODO DE EJECUCIÓN

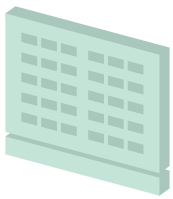
0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO

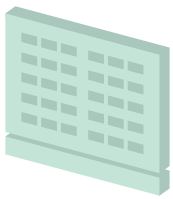


f.2. SÓTANO

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA MADERA CONTRALAMINADA	El sistema constructivo no puede resolver la estructura de sótano y precisa de hormigón armado para la ello. Se podría quizás plantear para realizar los forjados del sótano, no la solera, y siempre que se garantice que no tendrán conexión con el terreno en sus cantos de forjado.
MADERA ENTRAMADO DE MADERA	El sistema constructivo no puede resolver la estructura de sótano y precisa de hormigón armado para la ello.
ACERO ACERO ESTRUCTURAL	El sistema constructivo no puede resolver la estructura de sótano y precisa de hormigón armado para la ello. Se podrían quizás plantear para realizar los forjados del sótano, no la solera, y siempre que se garantice que no tendrán conexión con el terreno en sus cantos de forjado.
ACERO LIGHT STEEL FRAMING	El sistema constructivo no puede resolver la estructura de sótano y precisa de hormigón armado para la ello.
HORMIGÓN HORMIGÓN PREFABRICADO	El sistema constructivo puede resolver la estructura de sótano del edificio por medio de paneles prefabricados de hormigón armado.
HORMIGÓN HORMIGÓN IN SITU	Suele ser el sistema constructivo más común para resolver la estructura de sótano del edificio mediante hormigón armado in situ.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.2. SÓTANO

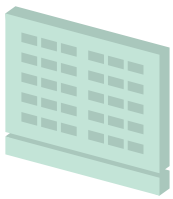
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	No se realizan estructuras de sótano por medio de módulos, o por lo menos no se conocen.
MIXTO	No se realizan estructuras de sótano por medio de la combinación de paneles y módulos, o por lo menos no se conocen.
PANELES	Los muros pantalla de los sótanos pueden ejecutarse por medio de paneles prefabricados.
ELEMENTOS LINEALES	Aunque no para sótanos, existen muros de contención constituidos por elementos lineales, y existen también los pilotajes, micropilotajes, hincas y sistemas de tornillos de tierra como elementos lineales industrializados.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	No procede.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.3. MURO DE CERRAMIENTO

Adaptabilidad del sistema o material para la ejecución del cerramiento del edificio.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+2

La construcción industrializada se adapta totalmente para la ejecución del cerramiento.

Muchos de los sistemas constructivos industrializados son capaces de resolver el elemento de cerramiento sin necesidad de otros materiales o sistemas.

Además, algunos sistemas integran el aislamiento en su interior, no siendo necesaria su adhesión como capa adicional (aunque habrá que garantizar la continuidad del aislamiento en sus uniones, para evitar los puentes térmicos)

Del mismo modo, y en el caso del acabado, tanto interior como exterior, gran parte de los sistemas pueden solucionar ambas superficies del cerramiento.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

La edificación semi industrializada se adapta a la ejecución de los cerramientos.

En el sistema semi industrializado cualquier fachada prefabricada (paneles de hormigón, madera contralaminada, o sistemas ligeros de acero o madera) puede apoyarse en una estructura realizada in situ, agilizando el proceso constructivo de este elemento.

Por ejemplo, pueden incorporarse paneles prefabricados de fachada en una obra de estructura de hormigón in situ, agilizando la fase de ejecución del cerramiento.

IN SITU

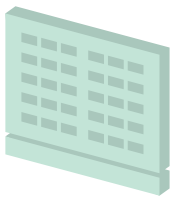
-1

No se adapta adecuadamente a la construcción de los cerramientos de los edificios.

En este sistema no es viable la resolución del muro de fachada por medio de hormigón in situ, por lo que se requiere de otros sistemas para su constitución. El sistema más empleado es la mampostería de ladrillo o bloque de hormigón.

Estos sistemas de fachada mencionados, precisarán de otro material o capas para proporcionar el adecuado aislamiento térmico a la edificación, y la ejecución completa del cerramiento será complejo (en casos de pabellones podrían ser directamente los cerramientos del edificio).

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.3. MURO DE CERRAMIENTO

Adaptabilidad del sistema o material para la ejecución del cerramiento del edificio.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	5	2	5	4	1

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
1	3	3	3	3	0

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

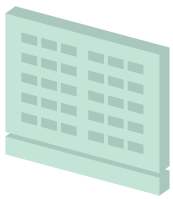
BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— Estudio de promociones de viviendas: Sistema convencional y sistema Industrializado de acero ligero. David Taranilla García. (2009)

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO

f.3. MURO DE CERRAMIENTO



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

El sistema constructivo puede resolver los elementos de cerramiento.

Los grosores de los paneles de madera contralaminada que ejerzan de cerramiento variarán entre 120 y 200 mm y serán portantes, pudiendo hacer desaparecer los pilares aislados.

A este panel se le fijarán la lamina impermeabilizante, el material aislante y el acabado de fachada que se desee, pudiendo dejar al interior la propia madera vista o sumar una placa de cartón yeso.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

El sistema constructivo puede resolver los elementos de cerramiento.

El entramado ligero de madera puede prescindir de la utilización de pilares aislados, de modo que su estructura vertical se resuelve por medio de las propias fachadas y tabiques portantes.

Los muros de cerramiento están formados, de interior a exterior, por los siguientes elementos: tablero de madera compuesta con diversas tablas de madera (la superficial puede ser de calidad industrial o vista), cámara de aire, aislamiento (lana de roca, lana de oveja o fibra de madera), tablero de madera, membrana impermeabilizante y acabado de fachada.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

El sistema constructivo no puede resolver totalmente los elementos de cerramiento.

A excepción de los edificios industriales, donde sus cerramientos pueden estar compuestos por elementos como paneles sándwich, el acero estructural precisa de otros sistemas y materiales para la constitución de su fachada.

Para la ejecución de su fachada podrá optarse por sistemas industrializados como LSF, Wood Framing, paneles contralaminados de madera o paneles prefabricados de hormigón.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

El sistema constructivo puede resolver los elementos de cerramiento.

Estos muros portantes de fachada estarán condicionados por la modulación de sus perfiles verticales, los cuales se ubicarán a una distancia de 40 cm o 60 cm entre sí.

Por lo habitual están formados, de interior a exterior, por los siguientes elementos: placa de cartón yeso, cámara de aire, aislamiento (lana de roca), tablero OSB, membrana impermeabilizante y acabado de fachada.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

El sistema constructivo puede resolver los elementos de cerramiento.

Estos paneles de fachada pueden ser portantes y componer la estructura del edificio sin necesidad de pilares aislados, o pueden acoplarse a una estructura independiente de hormigón prefabricado.

Son fachadas pesadas (200 kg/m^2) y en el caso de los paneles auto portantes su uso está muy extendido. Pueden aligerarse los paneles integrando una capa aislante intermedia, de modo que se genera un panel multicapa. Los paneles de hormigón para fachada son un sistema con gran experiencia y madurez, por lo que deberían resolver toda la fachada y no solo su hoja exterior.

HORMIGÓN

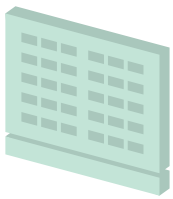
HORMIGÓN IN SITU

El sistema precisa de gran cantidad de materiales para la ejecución de los cerramientos, resultando poco viable.

Por lo que se requiere de otros sistemas para la realización del muro de fachada. Entre ellos, el más popular es la mampostería de ladrillo cerámico, aunque existen otros materiales que realizan la misma función, como los bloques de hormigón. A estos muros se les fijarán los materiales aislantes, la capa impermeabilizante y tanto os acabados interiores como los de fachada. Si bien en los casos de los pabellones industriales pueden configurar el cerramiento definitivo.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO

f.3. MURO DE CERRAMIENTO



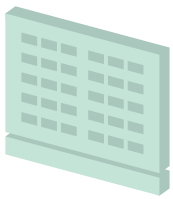
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Los módulos pueden estar compuestos por muros de cerramiento. Pudiendo generar edificios finalizados por medio del acoplamiento de módulos, o un solo modulo genere el propio edificio.
MIXTO	Los muros integrados en los módulos, así como los paneles prefabricados, pueden constituir el cerramiento del edificio.
PANELES	Los paneles prefabricados podrán resolver el cerramiento del edificio, debiendo ser adecuadamente diseñados para ese fin.
ELEMENTOS LINEALES	Las estructuras compuestas por elementos lineales precisarán de otro material para la constitución del muro de cerramiento.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Los elementos de cerramiento producidos en fábrica facilitarán su colocación en obra, pudiendo albergar los acabados e instalaciones en el propio panel o módulo, de modo que el tiempo en obra se reduzca considerablemente y la calidad del acabado aumente.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Aunque los acabados o instalaciones podrán fijarse en obra a los muros de cerramiento de las construcciones industrializadas, no facilitaran la ejecución del cerramiento.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.4. MEDIANERA Y MURO DIVISORIO ENTRE SECTORES

Adaptabilidad del sistema o material para la ejecución de los medianeras y muros divisorios entre sectores pertenecientes al edificio.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+1

Los sistemas constructivos industrializados pueden resolver el muro de medianera.

La mayor parte de los sistema constructivos industrializados pueden solucionar los elementos de medianera o muro divisorio entre sectores.

Además, algunos sistemas integran el aislamiento en su interior, no siendo necesaria su adhesión como capa complementaria.

Del mismo modo, y en el caso de los acabados de los paneles, gran parte de los sistemas pueden solucionar ambas superficies del cerramiento.

SEMI INDUSTRIALIZADO

0

La edificación semi industrializada puede resolver adecuadamente el muro de medianera.

Los edificios parcialmente industrializados pueden apoyar sus medianeras o muros prefabricados (paneles de hormigón, madera contralaminada, o sistemas ligeros de acero o madera) sobre una estructura realizada in situ, agilizando el proceso constructivo de este elemento.

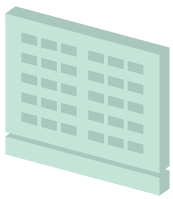
IN SITU

-1

Debido a que su ejecución es más compleja y artesanal, las técnicas in situ pueden resolver en los casos en los que no proceda el empleo de elementos prefabricados.

En este sistema, tanto las medianeras como los muros divisorios, pueden resolverse por medio de una pantalla de hormigón in situ y/o mampostería de ladrillo o bloques de hormigón, pero su ejecución es más compleja que en el caso de utilizar grandes piezas prefabricadas.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.4. MEDIANERA Y MURO DIVISORIO ENTRE SECTORES

Adaptabilidad del sistema o material para la ejecución de los medianeras y muros divisorios entre sectores pertenecientes al edificio.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	5	2	5	4	1

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
1	3	3	3	3	0

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

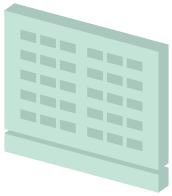
CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO

f.4. MEDIANERA Y MURO DIVISORIO ENTRE SECTORES



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

El sistema constructivo puede resolver los elementos de medianera o muro divisorio, siempre que se asegure la cumplimentación del requisito de resistencia contra incendio determinado por la tipología de uso del edificio.

A este panel se le fijarán el material aislante (en caso de requerirlo) y el acabado interior que se desee, pudiendo dejar al interior la propia madera vista o sumar una placa de cartón yeso, dependiendo de las propiedades acústicas o contra incendio que se requieran.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

El sistema constructivo puede resolver los elementos de medianera o muro divisorio, siempre que se asegure la cumplimentación del requisito de resistencia contra incendio determinado por la tipología de uso del edificio.

Estos componentes de muro sectorial o medianera asegurarán su capacidad acústica o su resistencia ante incendio, incorporando componentes o materiales de mejores propiedades, multiplicando su grosos o las capas que la compongan.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

El sistema constructivo no puede resolver los elementos de medianera o muro divisorio.

Estos muros requieren de ciertas prestaciones acústicas, térmicas o referentes a la protección frente a incendio, por lo que los sándwich-es antes mencionados para la fachada serán poco útiles.

Podrá optarse por sistemas industrializados como LSF, Wood Framing, paneles contralaminados de madera o paneles prefabricados de hormigón.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

El sistema constructivo puede resolver los elementos de medianera o muro divisorio.

Estos muros portantes estarán condicionados por la modulación de sus perfiles verticales, los cuales se ubicarán a una distancia de 40 cm o 60 cm entre sí.

Estos componentes de muro sectorial o medianera asegurarán su capacidad acústica o su resistencia ante incendio, incorporando componentes o materiales de mejores propiedades, multiplicando su grosos o las capas que la compongan.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

El sistema constructivo puede resolver los elementos de medianera o muro divisorio.

Estos paneles pueden ser portantes y componer la estructura del edificio sin necesidad de pilares aislados, o pueden acoplarse a una estructura independiente de hormigón prefabricado.

Son muros pesados (200 kg/m^2) y en el caso de los paneles auto portantes su uso está muy extendido. Pueden aligerarse los paneles integrando una capa aislante intermedia, de modo que se genera un panel multicapa.

HORMIGÓN

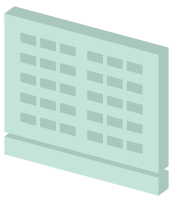
HORMIGÓN IN SITU

El sistema precisa de gran cantidad de materiales para la ejecución de las medianeras y muros separadores de sectores.

Los muros de medianera se realizarán por medio de material cerámico o bloques de hormigón, complejizando la ejecución de la obra. En caso de requerir mayores resistencias ante incendio, pueden construirse muros pantalla, como es el caso de los huecos de ascensor, debiendo montar un encofrado preliminar y complejizando la obra.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO

f.4. MEDIANERA Y MURO DIVISORIO ENTRE SECTORES



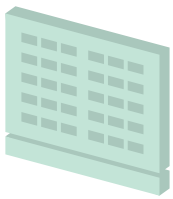
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Los módulos pueden estar compuestos por muros de medianera o separadores de sectores. Pudiendo generar edificios finalizados por medio del acoplamiento de módulos.
MIXTO	Los muros integrados en los módulos, así como los paneles prefabricados, pueden constituir los muros de medianera o separadores de sectores.
PANELES	Los paneles prefabricados podrán resolver los muros de medianera o separadores de sectores, debiendo ser adecuadamente diseñados para ese fin.
ELEMENTOS LINEALES	Las estructuras compuestas por elementos lineales precisarán de otro material para la constitución los muros de medianera o separadores de sectores, como son los acabados, etc.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Los muros producidos en fábrica facilitarán su colocación en obra, pudiendo albergar los acabados e instalaciones en el propio panel o módulo, de modo que el tiempo en obra se reduzca considerablemente y la calidad del acabado aumente.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Aunque los acabados o instalaciones podrán fijarse en obra a los muros de medianera o sectoriales de las construcciones industrializadas, no facilitaran la ejecución del cerramiento.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.5. PARTICIONES INTERIORES

Adaptabilidad del sistema o material para la ejecución de las particiones interiores que fraccionan los espacios del edificio.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

Total adaptabilidad del sistema para la constitución de las particiones interiores de los edificios.

Gran parte de los sistemas constructivos industrializados pueden resolver las particiones interiores que se dispongan en sus construcciones.

Incluso, algunos de los sistemas constructivos integran el acabado final de las particiones en sus elementos prefabricados.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

Gran adaptabilidad del sistema para la constitución de las particiones interiores de los edificios.

La introducción de particiones interiores industrializadas en obras de estructura in situ es una práctica muy habitual. De este modo su ejecución es más rápida que de lo que seria in situ, y las instalaciones pueden ser registrables para soluciones futuras reparaciones.

Este nivel de industrialización en particiones interiores hace referencia a los tabiques de cartón yeso, que son una equivalencia a los empleados en el sistema industrializado LSF.

IN SITU

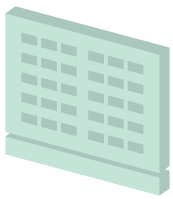
0

No se adapta adecuadamente a la construcción de las particiones interiores de los edificios.

La ejecución de separaciones interiores de hormigón in situ no resulta viable para este tipo de construcciones, debido a la cantidad de material requerido, su coste, su ejecución con encofrados y su posterior fraguado.

Por ello, y al igual que en el caso de fachada, se emplean ladrillos cerámicos o bloques de hormigón, los cuales requieren de gran mano de obra y son complejos de ejecutar, aunque sigue siendo todavía bastante utilizado en la actualidad.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.5. PARTICIONES INTERIORES

Adaptabilidad del sistema o material para la ejecución de las particiones interiores que fraccionan y separan los espacios del edificio.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	5	2	5	0	1

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
1	3	3	3	3	0

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

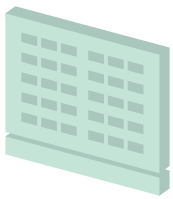
CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO

f.5. PARTICIONES INTERIORES



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

El sistema constructivo puede resolver los elementos de particiones interiores.

Sus espesores variarán entre 60 mm y 90 mm (o mas), y en función de las necesidades requeridas por el cliente, podrán cubrirse con acabados como el cartón yeso u otros, o bien dejarlos vistos, integrando una madera de calidad vista en la ultima capa del panel.

Por lo general estos muros asumirán cargas. En el caso de considerar futuras reformas, podrán diseñarse para no ser portantes, y poder prescindir de ellos en algún momento, pero el sistema perderá rentabilidad, debido a la necesidad de sobredimensionamiento del resto de elementos.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

El sistema constructivo puede resolver los elementos de particiones interiores.

Al igual que los muros contralaminados, y en el caso de ejecutarse por medio de paneles prefabricados, estos pueden cubrirse con materiales como el cartón yeso u otros, o bien dejarlos vistos, incrementando la calidad del ultimo tablero de madera incorporado en el panel.

Aunque generalmente estos elementos separadores se disponen de modo que asuman parte de las cargas del edificio, puede eliminarse este condicionante impidiendo el apoyo del forjado en la partición interior y pudiendo retirarlo en futuras reformas, reduciendo la rentabilidad del sistema.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

El sistema constructivo no resuelve adecuadamente los elementos de particiones interiores, por lo que se requerirá de otro sistema para su ejecución.

Suelen requerir ciertas prestaciones acústicas, térmicas o de protección frente al fuego, por lo que los sándwich-es antes mencionados para la fachada serán poco útiles.

El sistema más empleado es la fijación de placas de cartón yeso en estructuras de perfilaría de acero ligero, semejantes a los tabiques interiores del sistema LSF, pero se desarrollan en el siguiente apartado.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

El sistema constructivo puede resolver los elementos de particiones interiores.

Estos muros, y sus aberturas, serán proporcionales a las dimensiones de 40 cm y 60 cm, debido a las dimensiones estandarizadas de las placas de cartón yeso y por consiguiente la modulación o distancia entre los perfiles portantes.

Por regla general, todos los componentes del sistema participarán en el reparto de cargas. En caso de estimar futuras transformaciones, parte de la tabiquería puede diseñarse para no asumir cargas, aunque el sistema perderá rentabilidad debiendo aumentar el grosor del resto de elementos.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

El sistema constructivo puede resolver los elementos de particiones interiores, aunque para aumentar su rentabilidad, y debido a su capacidad de soportar grandes luces, puede integrarse otro material o sistema. De este modo, los elementos divisorios perderán su condición portante y podrán retirarse o modificarse en futuras reformas sin alterar la capacidad mecánica de la estructura.

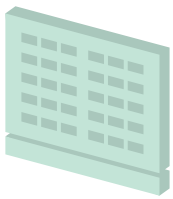
HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

El sistema constructivo pierde rentabilidad si resuelve los elementos de particiones interiores con hormigón in situ, por lo que, y al igual que en las soluciones de fachada, se incorporan ladrillos cerámicos o bloques de hormigón.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO

f.5. PARTICIONES INTERIORES



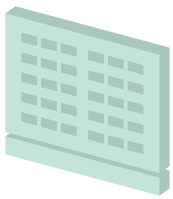
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Los módulos pueden constituir estancias cerradas por medio de particiones interiores o incluso albergar elementos separadores en su interior.
MIXTO	Los paneles y módulos empleados para la constitución del edificio pueden resolver las particiones interiores.
PANELES	Los paneles pueden resolver los elementos de tabiquería interior.
ELEMENTOS LINEALES	Las estructuras compuestas por elementos lineales precisarán de otro material o sistema para la constitución de la tabiquería interior.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Los acabados o instalaciones del edificio pueden integrarse en la tabiquería interior en el momento de su producción en fábrica, disminuyendo considerablemente el tiempo en la obra y aumentando la calidad de estos dos elementos.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Los acabados o instalaciones podrán fijarse en la tabiquería interior en la ejecución de la obra.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.6. FORJADOS

Adaptabilidad del sistema o material para la ejecución de los forjados que constituyen tanto los pisos del edificio, como el forjado en contacto directo con el terreno.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente **+2**

INDUSTRIALIZADO

+2

Todos los sistemas industrializados poseen técnicas suficientemente desarrolladas para la ejecución de los forjados sin contacto directo con el terreno.

En el caso de la solera, existen dos soluciones. Por una parte cabe la posibilidad de ejecutar un forjado sanitario de modo que los materiales que puedan verse perjudicados por contacto con la humedad puedan disponerse separados de la tierra. Y por otra parte, el forjado en contacto directo con el terreno puede ejecutarse de manera in situ, construyendo una solera tradicional de hormigón armado.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

La edificación semi industrializada se adapta, aunque en menor medida que la industrializada, a la ejecución de los forjados.

Estos forjados no entran totalmente en carga hasta su fraguado total por lo que serán menos seguros.

Los sistemas semi industrializados ejecutan sus forjados por medio de la incorporación de cierta cantidad de elementos prefabricados, como es el caso de las viguetas semi prefabricadas o las bovedillas.

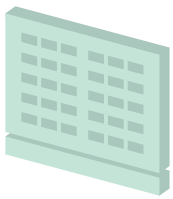
IN SITU

0

Por las ventajas inherentes de la industrialización, se debe prescribir su uso sólo cuando no sea posible la ejecución de técnicas industrializadas.

Las técnicas de hormigón in situ posibilitan tanto la ejecución de los forjados de los pisos elevados, como de los forjados en contacto directo con el terreno, pero requieren de mayor cantidad de trabajo, componentes y tiempo, del mismo modo que aumentan la peligrosidad en obra, ya que no entran en carga hasta su fraguado.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.6. FORJADOS

Adaptabilidad del sistema o material para la ejecución de los forjados que constituyen los pisos del edificio.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
5	5	3	5	4	1

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
2	3	3	3	3	1

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

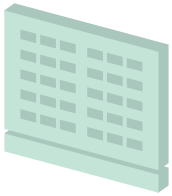
CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

— Sistema de plataforma con entramado ligero de madera. Puesta en obra y aceptación en España. Santiago Inat Trigueros. (2011)

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.6. FORJADOS

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

El sistema constructivo puede resolver los forjados entre diferentes plantas.

Los grosores de los paneles suelen variar entre 120 mm y 225 mm, para luces de entre 5 m y 9 m. En función de los requerimientos del cliente, las superficies pueden cubrirse por medio de placas de cartón yeso u otros materiales, o pueden dejarse vistas en caso de tratarse de superficies de madera de mayor calidad. Aunque puede incorporarse, no es necesaria una capa de compresión.

En el caso de forjados en contacto con el terreno, éstos pueden ejecutarse tanto por medio de un forjado sanitario o murete, como con la construcción de una solera tradicional de hormigón armado.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

El sistema constructivo puede resolver los forjados entre diferentes plantas.

En caso de que la construcción del edificio se realice por medio de paneles, habitualmente los dos sistemas constructivos de madera suelen fusionarse, de modo que los forjados se componen por el sistema de entramado de madera y los muros verticales por medio de paneles de madera contralaminada. Aunque puede incorporarse, no es necesaria una capa de compresión.

En el caso de forjados en contacto con el terreno, estos pueden ejecutarse tanto por medio de un forjado sanitario o murete, como con la construcción de una solera tradicional de hormigón armado.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

El sistema constructivo precisa de otros materiales para completar los forjados entre diferentes plantas, como por ejemplo el hormigón.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

El sistema constructivo puede resolver los forjados entre diferentes plantas, aunque habrá de sumar una capa de compresión para mejorar en comportamiento acústico del forjado.

La composición y espesor de estos forjados variará según las luces requeridas. Por ejemplo, un forjado ligero de sistema seco, admite luces de hasta 9 metros con cantos variables de entre 300 y 500 mm, y un forjado colaborante admitirá luces de hasta 6 metros con cantos de entre 120 y 160 mm. En caso de combinar los dos anteriores (forjados mixtos) pueden conseguirse luces de hasta 7,5 metros. Los forjados en contacto con el terreno se solucionarán igual que en la madera.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

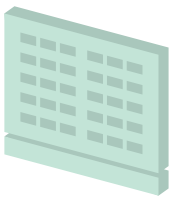
El sistema constructivo puede resolver los forjados entre diferentes plantas.

HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

El sistema constructivo puede resolver los forjados entre diferentes plantas.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.6. FORJADOS

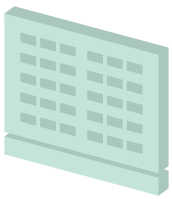
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	El panel inferior de los módulos prefabricados pueden constituir el elementos de forjado del edificio, no debiendo incorporar ningún otro sistema para su buen funcionamiento.
MIXTO	Tanto los módulos como los paneles prefabricados pueden constituir el elemento de forjado del edificio.
PANELES	Los paneles prefabricados pueden constituir el elemento de forjado.
ELEMENTOS LINEALES	Las estructuras compuestas por elementos lineales precisarán de otro material o sistema para la constitución de los forjados.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Los acabados o instalaciones del edificio pueden integrarse en los forjados en el momento de su producción en fábrica, disminuyendo considerablemente el tiempo en la obra y aumentando la calidad de estos dos elementos.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Los acabados o instalaciones podrán fijarse en los elementos de forjado en la ejecución de la obra.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.7. CUBIERTA/TEJADO

Adaptabilidad del sistema o material para la ejecución de la cubierta o el tejado del edificio.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+2

Todos los sistemas constructivos industrializado descritos en este documento pueden resolver la cubierta del edificio.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

Las técnicas semi industrializadas posibilitan la ejecución de la cubierta.

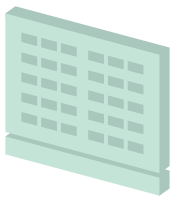
Entre algunos de los ejemplos, destaca la incorporación de cubiertas o cerchas prefabricadas que facilitan y mejoran las prestaciones de la cubierta.

IN SITU

0

Las técnicas de hormigón in situ complejizan la ejecución de la cubierta del edificio; si bien suele ser habitual la ejecución del último forjado de cubierta en hormigón in situ, generar la inclinación de la cubierta mediante tabiques conejeros de ladrillo y terminar la cubierta con tableros, aislamiento, lámina y el enrastrelado de la teja.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.7. CUBIERTA/TEJADO

Adaptabilidad del sistema o material para la ejecución de la cubierta o el tejado del edificio.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
5	5	3	5	4	2

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
1	3	3	3	3	1

MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

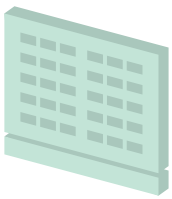
CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

BIBLIOGRAFÍA

— Investigación para interpretar las claves de los diferentes sistemas constructivos industrializables y su posible aplicación en la vivienda de protección publica en el ámbito de Euskadi. Ideafabrik. (2012)

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO

f.7. CUBIERTA/TEJADO



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

El sistema constructivo puede resolver los forjados de cubierta. Se admiten tanto cubiertas inclinadas como planas.

En la parte superior de los paneles de cubierta se colocarán la lámina de freno de vapor, el aislamiento, una lámina impermeable, y por último el acabado de cubierta (teja, pizarra, etc.). El diseño de la cubierta debe facilitar la rápida evacuación de las aguas de lluvia y disponer de desagüe de condensaciones en los lugares pertinentes.

Los techos de la cubierta por abajo pueden dejarse vistos o cubrirlos con placas de cartón yeso.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

El sistema constructivo puede resolver los forjados de cubierta. Al igual que en los paneles de madera contralaminada, se admiten tanto cubiertas inclinadas como planas.

Sobre estas cubiertas se colocarán la lámina de vapor, el aislamiento, lámina impermeable y el acabado (teja, pizarra..). Por su condición de cubierta, su diseño debe facilitar la rápida evacuación de las aguas de lluvia y disponer de desagüe de condensaciones en los lugares pertinentes.

Las superficies inferiores o techos de estos paneles de cubierta pueden dejarse vistos en los casos en los que la madera sea de calidad vista, e igualmente pueden cubrirse con placas de cartón yeso.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

El sistema constructivo puede resolver los forjados de cubierta.

Aunque la estructura de la cubierta puede realizarse por medio de vigas y viguetas de acero estructural, se requerirá de otro material o sistema para generar el aislamiento y cerramiento.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

El sistema constructivo puede resolver los forjados de cubierta.

Estos se ejecutarán por medio de los mismos sistemas constructivos empleados en la construcción del forjado, aunque para el caso de cubiertas inclinadas se utilizarán cerchas o celosías para generar dicha inclinación.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

El sistema constructivo puede resolver los forjados de cubierta.

Estos se ejecutarán por medio de los mismos sistemas constructivos de forjado, aunque para el caso de cubiertas inclinadas se combinarán con otros sistemas que generen dicha inclinación.

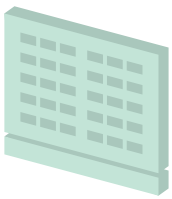
HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

El sistema constructivo puede resolver los forjados de cubierta.

Estos se ejecutarán por medio de los mismos sistemas constructivos de forjado, a los que suelen añadirse para generar la inclinación de la cubierta mediante tabiques conejeros de ladrillo y terminar la cubierta con tableros, aislamiento, lámina y el enrastrelado de la teja, o acabado final de la cubierta.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.7. CUBIERTA/TEJADO

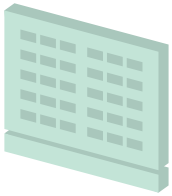
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	El panel superior de los módulos prefabricados puede constituir el elemento de forjado del edificio, y en caso de incorporar los acabados en fábrica únicamente habrán de ejecutarse las juntas o uniones de los diferentes módulos que la compongan (garantizando su impermeabilidad).
MIXTO	Tanto los módulos como los paneles prefabricados pueden constituir el elemento de forjado del edificio.
PANELES	Los paneles prefabricados pueden constituir el elemento de forjado.
ELEMENTOS LINEALES	Las estructuras compuestas por elementos lineales precisarán de otro material o sistema para la constitución de la cubierta.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Los acabados o instalaciones del edificio pueden integrarse en la cubierta interior en el momento de su producción en fábrica, disminuyendo considerablemente el tiempo en la obra y aumentando la calidad de estos dos elementos.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	Los acabados o instalaciones podrán fijarse en la cubierta en la fase de obra, aunque la fase de obra se verá complejizada.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.8. BAÑOS Y COCINA

Adaptabilidad del sistema o material para la ejecución de los aseos, baños y cocinas de los edificios. Se tomarán como factores relevantes para la puntuación: el tiempo de ejecución en obra, la mejoría en la gestión de los gremios en obra, la calidad de los acabados y la disminución en los residuos generados.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+2

La obra industrializada agiliza considerablemente la ejecución de las estancias húmedas de los edificios, como baños y cocinas; los cuales pueden producirse completamente en fábrica para posteriormente ser trasladados a la obra, donde únicamente habrá de realizar las conexiones entre las tuberías y los desagües, así como las uniones entre los módulos.

Estos espacios industrializados pueden incorporarse a cualquier tipo de obra, industrializada o no, comenzándose desde su adaptabilidad de ejecución en diferentes materiales (acero, madera y hormigón), hasta su integración en la obra in situ, generando una obra semi industrializada.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

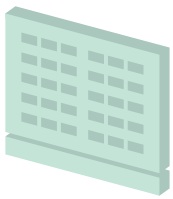
En el caso de la obra semi industrializada, existen dos posibilidades para la incorporación de estos elementos. Por una parte podrán incorporarse totalmente acabados y acercándose a los beneficios mencionados en la obra totalmente industrializada, y por otra parte puede tratarse de módulos semi acabados, los cuales llevarán incorporadas la estructura del modulo y las instalaciones, pero procediendo a la finalización del baño en obra. En caso de que el baños se incorpore totalmente finalizado, podrá prescindirse de ciertos gremios en la obra, los cuales se requerirán en fábrica y bajo unas condiciones más seguras.

IN SITU

-1

Los procedimientos in situ no facilitan no se consideran adecuados para la ejecución de baños y cocinas, ya que será necesario realizar gran cantidad de tareas para su construcción, por lo que aumentará el tiempo en obra, disminuirá la calidad de los acabados, existirá la necesidad de disponer de más gremios en la obra y aumentará la cantidad de residuos generados.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.8. BAÑOS Y COCINA

Adaptabilidad del sistema o material para la ejecución de los aseos, baños y cocinas de los edificios. Se tomarán como factores relevantes para la puntuación: el tiempo de ejecución en obra, la mejoría en la gestión de los gremios en obra, la calidad de los acabados y la disminución en los residuos generados.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
4	5	2	5	4	2

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
0	1	2	3	3	0

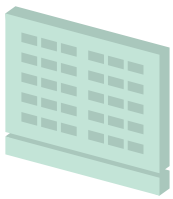
MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO

f.8. BAÑOS Y COCINA



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

El sistema constructivo de madera contralaminada es compatible con la ejecución de baños y cocinas. Estas estancias podrán trasladarse a obra totalmente finalizados en forma de modulo o elemento volumétrico, produciendo únicamente a la conexión entre tuberías y desagües, así como a la unión entre los módulos o piezas.

Este sistema constructivo requiere la superposición de placas de material mineral para ocultar las tuberías. En el caso de tuberías pasantes, pueden realizarse huecos para el paso de las instalaciones.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

El sistema de entramado de madera sistema es totalmente compatible con la ejecución de baños y cocinas, ya que, debido a su estructura entramada, pueden integrar en su interior todas las instalaciones requeridas para el buen funcionamiento del baño o la cocina, sin necesidad de una material adicional que esconda estas tuberías.

Estas estancias podrán trasladarse a obra totalmente finalizados en forma de módulo o elemento volumétrico, produciendo únicamente a la conexión entre tuberías y desagües, así como a la unión entre los módulos o piezas.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

El sistema de perfilaría de acero laminado es compatible con la ejecución de baños y cocinas, pudiendo realizar la estructura portante de estos volúmenes y permitiendo un mayor dimensionamiento de estas estancias. Aunque siempre deberá combinarse con otros sistemas, generalmente con el de entramado de acero ligero, en el que podrán incorporarse todas las instalaciones y acabados.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

El sistema de entramado de acero ligero es totalmente compatible con la ejecución de baños y cocinas, ya que, debido a su estructura entramada, pueden esconder en su interior todas las instalaciones requeridas para el buen funcionamiento del baño o la cocina, sin necesidad de un elemento adicional. Además los perfiles de acero ligero disponen de modo estandarizado de aberturas o huecos para permitir el paso de tuberías y cableado.

Estas estancias podrán trasladarse a obra en forma de modulo o elemento volumétrico, realizando únicamente a la conexión entre instalaciones, así como a la unión entre los módulos o piezas.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

El hormigón prefabricado es compatible con la ejecución de baños y cocinas. Estos espacios se integrarán en módulos prefabricados o en volúmenes abiertos, los cuales podrán llegar a obra totalmente finalizados, debiendo verificar únicamente las juntas. En caso de requerir mayores dimensiones, puede optarse por hormigones de mayor resistencia, pretensados o postensados.

Este sistema requiere la superposición de placas de material mineral para ocultar las tuberías. En caso de existir tuberías pasantes, estas pueden preverse en el diseño e incorporar materiales como espumas que realicen la función de encofrado a la hora de verter el hormigón en los moldes.

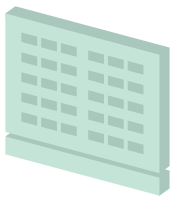
HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

Los procedimientos in situ no se consideran adecuados para la ejecución de baños y cocinas, ya que será necesario realizar gran cantidad de tareas para su construcción, por lo que aumentará el tiempo en obra, disminuirá la calidad de los acabados, existirá la necesidad de disponer de más gremios en la obra y aumentará la cantidad de residuos generados.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO

f.8. BAÑOS Y COCINA



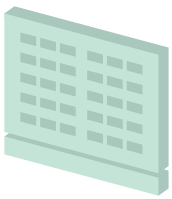
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	Los módulos son muy adecuados para la ejecución de los baños y cocinas, ya que pueden llegar a obra totalmente finalizados, debiendo únicamente realizar las conexiones entre tuberías y desagües, así como las juntas entre los volúmenes industrializados.
MIXTO	El sistema mixto de módulos y paneles es adecuado para los casos en los que las cocinas o baños tengan un diseño singular, como un espacio abierto o continuo, con el que el modulo no pueda cubrir esos requerimientos.
PANELES	La ejecución por paneles no es tan ventajosa a la hora de proceder a construcción de los baños y cocinas en comparación con la ejecución modular, ya que se pierde rapidez de ejecución en obra y la calidad de acabados será menor.
ELEMENTOS LINEALES	La ejecución mediante elementos lineales no es tan ventajosa a la hora de proceder a construcción de los baños y cocinas en comparación con la ejecución modular, ya que se pierde rapidez de ejecución en obra y la calidad de acabados será menor.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La posibilidad de incorporar las instalaciones y acabados en fábrica, facilita la ejecución de estancias de baño y cocina, ya que estas pueden llegar a obra totalmente finalizadas, reduciendo el tiempo en obra, la cantidad de gremios participantes, además de aumentar la calidad de los acabados.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La ejecución de los acabados e instalaciones en obra perjudica la construcción de los baños y las cocinas, ya que requiere de mayor cantidad de gremios y de tiempo en obra, y reduce la calidad de los acabados e instalaciones y la gestión de residuos.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.9. ESCALERAS Y HUECOS DE ASCENSOR

Adaptabilidad del sistema o material para la ejecución de las escalera y los huecos de ascensor de los edificios.

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

-2 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente +2

INDUSTRIALIZADO

+2

La obra industrializada agiliza considerablemente la ejecución de los elementos de comunicación del edificio, tanto la construcción de las escalera como los huecos de los ascensores. Estas piezas pueden llegar totalmente prefabricadas a obra, de modo que únicamente haya que asegurar que las juntas entre ellos se realizan adecuadamente.

Estos espacios industrializados pueden incorporarse a cualquier tipo de obra, industrializada o no, comenzándose desde su adaptabilidad de ejecución en diferentes materiales (acero, madera y hormigón), hasta su integración en la obra in situ, generando una obra semi industrializada.

SEMI INDUSTRIALIZADO

+1

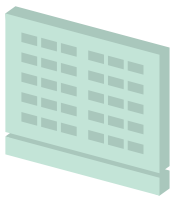
La obra semi industrializada permite la incorporación de escalera o huecos de ascensor prefabricados, de modo que se agilice el proceso constructivo y pueda disminuir el periodo de obra.

IN SITU

0

La obras realizadas totalmente in situ no facilitan no se consideran adecuados para la ejecución de escaleras y huecos de ascensor, debiendo montar un encofrado para la estructura del hueco del ascensor, así como para la ejecución de la pendiente de la escalera. Además, en el caso de esta última, habrá de esperar a que ocurra un fraguado mínimo para posteriormente proceder a la construcción de los peldaños, los cuales pueden realizarse por medio de la superposición de ladrillos. Estos trabajos artesanales aumentarán el tiempo de ejecución y la cantidad de residuos generados en obra, e igualmente se reducirá la calidad del acabado en comparación con la construcción industrializada.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO



f.9. ESCALERAS Y HUECOS DE ASCENSOR

Adaptabilidad del sistema o material para la ejecución de las escalera y los huecos de ascensor de los edificios.

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 5

MADERA		ACERO		HORMIGÓN	
MADERA CONTRALAMINADA	ENTRAMADO DE MADERA	ACERO ESTRUCTURAL	LIGHT STEEL FRAMING	HORMIGÓN PREFABRICADO	HORMIGÓN IN SITU
5	2	3	2	5	2

GRADO DE PREFABRICACIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

ELEMENTOS LINEALES	PANELES	MIXTO	MÓDULOS	CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES
0	1	2	3	3	0

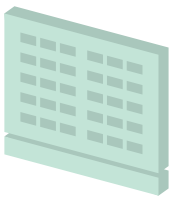
MODO DE EJECUCIÓN

0 Totalmente incoherente ..... Totalmente coherente 3

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	OBRA TOTALMENTE SECA	OBRA SEMI HÚMEDA
NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE	NO PROCEDE

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO

f.9. ESCALERAS Y HUECOS DE ASCENSOR



SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

MADERA

MADERA CONTRALAMINADA

Este sistema permite la industrialización tanto de las escaleras como de los huecos de ascensor que conecten los diversos pisos del edificio. De este modo, estos volúmenes llegarán montadas, o incluso finalizadas, a obra, efectuando únicamente la uniones entre las piezas pertinentes.

En el caso del ascensor, la estructura estará constituida por cuatro paneles verticales, que unidos en fábrica, generaran un modulo alargado. Este modulo tendrá ciertos huecos asociados a las paradas que deba realizar en cada piso. Las escaleras, por el contrario, se adaptaran a las diferentes tipologías existentes: escaleras de un tramo, de dos o de tres, curvas, etc.

MADERA

ENTRAMADO DE MADERA

Este sistema no es el más adecuado para la creación de los huecos del ascensor tanto por las limitaciones en altura que tiene (no más de Baja +4) y por la cantidad de estructura, arriostramientos y tableros que requeriría, no los hace rentables.

En el caso de las escaleras, sí se pueden hacer combinando las piezas lineales estructurales con los peldaños de madera y se podrían llegar a llevar prefabricados a obra.

ACERO

ACERO ESTRUCTURAL

Este sistema suele ser habitual para la creación de ascensores panorámicos en la vía pública, incluso en algunos casos de rehabilitación de ascensores, pero no suelen ser rentables para los núcleos de ascensores interiores de obra nueva.

En el caso de las escaleras, se pueden combinar las piezas lineales estructurales de acero con los peldaños de la escalera y se podrían llegar a llevar prefabricados a obra.

ACERO

LIGHT STEEL FRAMING

De manera similar al entramado de madera, este sistema no es muy adecuado para la creación de los huecos del ascensor tanto por las limitaciones en altura que tiene (no más de Baja +4) y por la cantidad de estructura, arriostramientos y tableros que requeriría, no los hace rentables. Además deberían ir siempre combinados con el acero estructural.

En el caso de las escaleras, se considera que se podría realizar por medio del acero estructural, descrito anteriormente, y no del entramado de acero ligero.

HORMIGÓN

HORMIGÓN PREFABRICADO

Este sistema permite la industrialización tanto de las escaleras como de los huecos de ascensor que conecten los diversos pisos del edificio. De este modo, estos volúmenes llegarán formados, o incluso finalizadas, a obra, efectuando únicamente la uniones entre las piezas pertinentes.

En el caso del ascensor, la estructura estará constituida por un modulo alargado producido en fábrica. Este modulo tendrá ciertos huecos asociados a las paradas que deba realizar en cada piso. Las escaleras, por el contrario, se adaptaran a las diferentes tipologías existentes: escaleras de un tramo, de dos o de tres, curvas, etc.

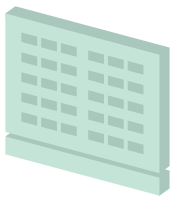
HORMIGÓN

HORMIGÓN IN SITU

La obras realizadas totalmente in situ no se consideran adecuados para la ejecución de escaleras y huecos de ascensor, debiendo montar un encofrado para la estructura del hueco del ascensor, así como para la ejecución de la pendiente de la escalera. Además, en el caso de esta última, habrá de esperar a que ocurra un fraguado mínimo para posteriormente proceder a la construcción de los peldaños, los cuales pueden realizarse por medio de la superposición de ladrillos. Estos trabajos artesanales aumentarán el tiempo de ejecución y la cantidad de residuos generados en obra, e igualmente se reducirá la calidad del acabado en comparación con la construcción industrializada.

A. 14. COMPONENTES DEL EDIFICIO

f.9. ESCALERAS Y HUECOS DE ASCENSOR



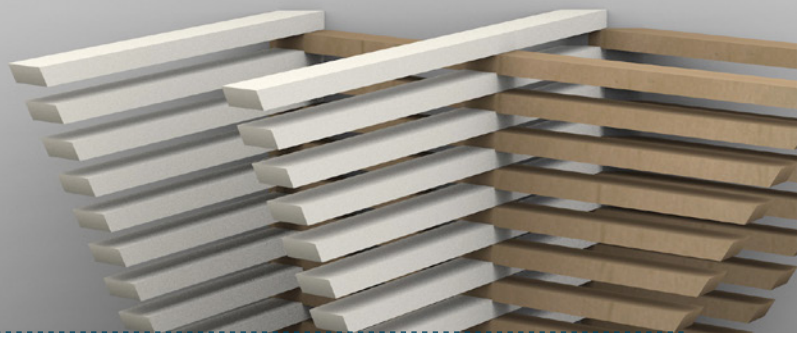
GRADO DE PREFABRICACIÓN

MÓDULOS	La construcción por medio de módulos o volúmenes facilita en gran manera la ejecución de escaleras y de huecos de ascensor, debiendo únicamente realizar las conexiones entre las piezas industrializadas.
MIXTO	La construcción mediante paneles y módulos facilita la ejecución de las escaleras y los huecos de ascensor.
PANELES	La edificación por medio de paneles y módulos facilita en menor grado la ejecución de las escaleras y los huecos del ascensor en comparación con la ejecución mixta o modular.
ELEMENTOS LINEALES	La edificación por medio de elementos lineales facilita en menor grado la ejecución de las escaleras y los huecos del ascensor en comparación con la ejecución mixta o modular, debiendo realizar posteriormente la ejecución de las superficies de las escaleras y del hueco del ascensor.
CON ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La posibilidad de incorporar las instalaciones y acabados en fábrica, facilita la ejecución de escaleras y huecos de ascensor, ya que estas pueden llegar a obra totalmente finalizados, reduciendo el tiempo en obra, la cantidad de gremios participantes, además de aumentar la calidad de los acabados.
SIN ACABADOS Y/O INSTALACIONES	La ejecución de los acabados e instalaciones en obra perjudica la construcción de escaleras y huecos de ascensor, ya que requiere de mayor cantidad de gremios y de tiempo en obra, y reduce la calidad de los acabados e instalaciones y la gestión de residuos.

MODO DE EJECUCIÓN

CON ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
SIN ESTRUCTURA ADICIONAL	No procede.
OBRA TOTALMENTE SECA	No procede.
OBRA SEMI HÚMEDA	No procede.

7 CASOS PRÁCTICOS



CONTENIDO

–1– MADERA CONTRALAMINADA

1.1 ELEMENTOS LINEALES

1.2 PANELES

1.3 MÓDULOS

–2– ENTRAMADO DE MADERA (WOOD FRAMING)

2.1 ELEMENTOS LINEALES

2.2 PANELES

2.3 MÓDULOS

–3– ACERO ESTRUCTURAL

3.1 ELEMENTOS LINEALES

3.2 PANELES

3.3 MÓDULOS

–4– LIGHT STEEL FRAMING

4.1 ELEMENTOS LINEALES

4.2 PANELES

4.3 MÓDULOS

4.4 MIXTO

–5– HORMIGÓN PREFABRICADO

5.1 ELEMENTOS LINEALES

5.2 PANELES

5.3 MÓDULOS

5.4 MIXTO

5.5 ESTRUCTURA PREFABRICADA

PREÁMBULO

La relación de casos prácticos presentados en este trabajo es un conjunto inicial que pretende ejemplificar la mayor parte de casuísticas posibles. Obviamente no es un registro exhaustivo.

Sin embargo, es vocación de esta iniciativa recoger paulatinamente otras actuaciones relevantes o futuras de construcción industralizada que los lectores y grupos de interés puedan formular, preferentemente en el ámbito de Euskadi.

De cara a hacer esto posible, en la página web de la Sociedad Pública de Gestión Ambiental Ihobe en la que aparece este documento, aparece un formulario descargable destinado a comunicar a esta entidad acciones de interés en este ámbito, y que tras su evaluación serán incorporadas a esta guía.

–1– MADERA CONTRALAMINADA

1.1 Elementos lineales

Frontón cubierto Zearreta



Arquitecto:	-
Empresa:	Egoin.
Ubicación:	Gernika-Lumo, Bizkaia, España.
Fecha de construcción:	-
Sistema constructivo:	Elementos lineales de madera contralaminada.
Tipología de uso:	Deportivo.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por medio de elementos lineales.
Grado de finalización:	Las piezas llegan acabadas a la obra, únicamente debiendo atornillarlas entre sí.
Estructura adicional:	Se colocan cables de acero para aumentar la resistencia de la estructura, evitando posibles deformaciones o movimientos.
Nivel de humedad:	-

Esta estructura se sitúa como cubrición de un frontón situado en la Ikastola Seber Altube.

Piscina cubierta de Alguazas



Arquitecto:	ad-hoc arquitectura + territorio.
Empresa:	-
Ubicación:	Alguazas, Murcia, España.
Fecha de construcción:	2011.
Sistema constructivo:	Elementos lineales de madera contralaminada y paneles.
Tipología de uso:	Deportivo.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por medio de elementos lineales y paneles.
Grado de finalización:	Las instalaciones y acabados habrán de incorporarse en el momento de la obra.
Estructura adicional:	Se colocan cables de acero para aumentar la resistencia de la estructura, evitando posibles deformaciones o movimientos.
Nivel de humedad:	Se empleó hormigón para completar la construcción del edificio en los lugares en donde las características de la madera no respondían adecuadamente, como por ejemplo en la cimentación.

Esta estructura elíptica está formada por elementos lineales de madera contralaminada, los cuales reciben los tratamientos oportunos en su fase de fabricación para conseguir una curvatura que de forma al edificio. La espectacularidad de esta instalación, además de su forma, es son las dimensiones que llega a cubrir sin más necesidad que los apoyos en los extremos. Con este caso práctico puede verse la capacidad de la madera, como material, para afrontar grandes luces y formas espectaculares que otros materiales no podrían conseguir. Actualmente, este edificio no se mantiene en pie, debido a un incendio que los arrasó completamente poco antes de su finalización en el año 2011.

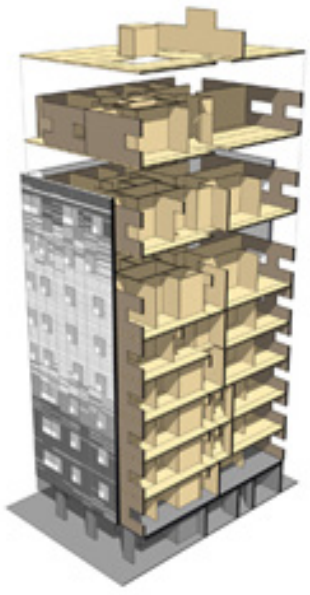
Bibliografía:

http://www.adhocmsl.com/index.php?phpfile=files/FichaTrabajo.php&folder=files/trabajos/PiscinaAlguazas&menuT=files/menusT/mtFiltro3.php&sub=Pb

1.2 Paneles

Stadthaus





Arquitecto:	Waugh Thistleton Architects.
Empresa:	-
Ubicación:	Londres, Reino Unido.
Fecha de construcción:	2009.
Sistema constructivo:	Madera contralaminada.
Tipología de uso:	Torre residencial y de oficinas.
Tiempo de ejecución:	27 días.
Tipo de ejecución:	Por paneles.
Grado de finalización:	Los paneles llegan sin acabados o instalaciones.
Estructura adicional:	No hay estructura adicional.
Nivel de humedad:	Se empleó hormigón para completar la construcción del edificio en los lugares en donde las características de la madera no respondían adecuadamente, como por ejemplo en la cimentación.

Fue el primer edificio de vivienda de alta densidad (PB+8) construido con paneles de madera laminada, en el que no solo fueron construidos en madera los forjados y muros, sino que se su uso se extendió hasta las escaleras y núcleos de ascensores. Estas piezas, paneles u otros elementos, se colocaban en su posición inmediatamente a llegar a la obra, lo que favoreció que la estructura del edificio se montara en veintisiete días. La planta de forma rectangular, 17 m x 17 m, fue fijada por la extrusión del terreno, y la altura se limitó en nueve plantas (30 metros) por las posibles sombras que pudiese arrojar a los edificios contiguos.

Bibliografía:

http://www.cttmadera.cl/2009/06/29/stadthaus-24-murray-grove-waugh-thistleton-architects/

Edificio Forte



Arquitecto:	-
Empresa:	-
Ubicación:	Melbourne, Australia.
Fecha de construcción:	2012.
Sistema constructivo:	Madera contralaminada.
Tipología de uso:	Torre residencial.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por paneles.
Grado de finalización:	Los paneles llegan sin acabados o instalaciones.
Estructura adicional:	No se empleó ninguna estructura adicional.
Nivel de humedad:	Se empleó hormigón para completar la construcción del edificio en los lugares en donde las características de la madera no respondían adecuadamente, como por ejemplo en la cimentación.

Este edificio de viviendas cubre una altura de 32,17 metros por medio de planta baja más nueve. Este sistema permite una rápida construcción, que en este caso se extendió desde febrero hasta diciembre de 2012. Gracias a la estructura de madera, en el proceso constructivo del edificio se han reducido más de 1400 toneladas de emisiones equivalentes de CO_2 en comparación con los casos hipotéticos de si se hubiese construido en acero u hormigón. La estructura se compone de paneles de madera contralaminada de pícea, los cuales tienen alrededor de 15 cm de espesor. Se emplea tanto en muros de carga exteriores e interiores, forjados y núcleo de ascensor. El hormigón utilizado para su construcción tiene un alto contenido en cenizas, siendo más ligero y eficiente energéticamente que el convencional.

65 Viviendas VPO de Visesa en Hondarribia







Arquitecto:	TYM Arquitectos.
Empresa:	Egoin.
Ubicación:	Hondarribia, Gipuzkoa, España.
Fecha de construcción:	2018.
Sistema constructivo:	Sistema de paneles contralaminados de madera.
Tipología de uso:	Residencial - VPO.
Tipo de ejecución:	Por paneles.
Grado de finalización:	Los paneles llegan sin los acabados e instalaciones.
Estructura adicional:	No hay estructura adicional.
Nivel de humedad:	Se empleó hormigón para completar la construcción del edificio en los lugares donde las características de la madera no respondían adecuadamente, como por ejemplo en la cimentación.

Se trata de un edificio de viviendas de protección oficial de VISESA.

Universidad Digipen (Institute of Technology Europe-Bilbao)



Arquitecto:	Ander de la Fuente.
Empresa:	Egoin.
Ubicación:	Zierbena, Bizkaia, España.
Fecha de construcción:	2011.
Sistema constructivo:	Sistema de paneles contralaminados de madera.
Tipología de uso:	Centro docente, universidad.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por paneles.
Grado de finalización:	Los paneles llegan sin los acabados e instalaciones.
Estructura adicional:	No hay estructura adicional.
Nivel de humedad:	Se empleó hormigón para completar la construcción del edificio en los lugares en donde las características de la madera no respondían adecuadamente, como por ejemplo en la cimentación.

Este edificio es una institución académica que puede presumir de ser la primera universidad de los videojuegos del mundo. Además de la sostenibilidad y la eliminación de cualquier desviación en el presupuesto, uno de los grandes requisitos del cliente era la pronta terminación del edificio. Por ello, se optó por la construcción industrializada por medio de paneles de madera contralaminada, llegando a finalizar la obra en tan solo 60 días de trabajo.

1.3 Módulos

Guardería





Arquitecto:	Galder de la Fuente.
Empresa:	Egoin.
Ubicación:	Abadiño, Bizkaia, España.
Fecha de construcción:	2012.
Sistema constructivo:	Sistema de módulos de madera contralaminada.
Tipología de uso:	-
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por módulos.
Grado de finalización:	Los módulos llegan con los acabados e instalaciones.
Estructura adicional:	No hay estructura adicional.
Nivel de humedad:	-

El edificio, de 400 m^2 está formado por doce unidades de módulos construidos en fábrica, los cuales se transportan finalizados al solar para proceder a su ensamblaje. Este tipo de ejecución permite una gran reducción en el periodo de obra, el cual, en este caso, se pudo reducir a 20 días de trabajo, permitiendo una pronta apertura de la guardería. Del mismo modo, las propiedades del material permiten un perfecto aislamiento y, consiguientemente, gran reducción en la demanda energética. Además, la calidad del aire se vigila por medio de sensores de CO_2 y temperatura, renovando el aire mecánicamente.

Ascensor para Ikastola RM Azkue



Arquitecto:	Arkaitz Gorostiaga.
Empresa:	Egoin.
Ubicación:	Lekeitio, Bizkaia, España.
Fecha de construcción:	2013.
Sistema constructivo:	Sistema modular de madera contralaminada.
Tipología de uso:	Educacional.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por módulos.
Grado de finalización:	El modulo llega a obra sin los acabados ni instalaciones.
Estructura adicional:	No hay estructura adicional.
Nivel de humedad:	-

Este proyecto se basa en la necesidad de un ascensor para garantizar la accesibilidad del centro educativo. Para ello se diseña un volumen industrializado de madera contralaminada que consistirá en la estructura portante del ascensor que se instalará posteriormente. Este volumen cubre el desplazamiento entre tres plantas, por lo que pudo desplazarse por medio de un camión convencional desde la fábrica hasta su ubicación. En este caso, la industrialización permitió gran agilidad en su montaje y la garantía de que las fechas programadas se cumpliesen.

ekihouse







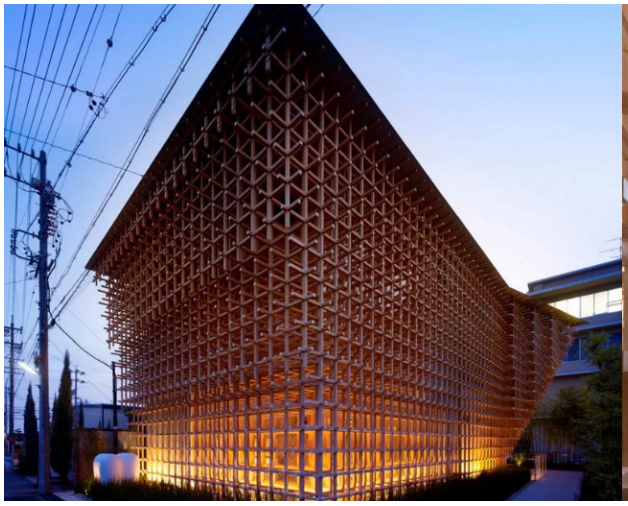
Arquitecto:	EHU Team, equipo de estudiantes y profesores de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de San Sebastián (UPV/EHU).
Empresa:	KLH.
Ubicación:	Cualquiera.
Fecha de construcción:	2012.
Sistema constructivo:	Sistema de módulos de madera contralaminada.
Tipología de uso:	Residencial.
Tiempo de ejecución:	10 días (ejecución por estudiantes).
Tipo de ejecución:	Por módulos.
Grado de finalización:	Los módulos llegan con los acabados e instalaciones.
Estructura adicional:	Se integraron barras de acero para soportar las fuerzas generadas por el movimiento en los desplazamientos o cambios de ubicación.
Nivel de humedad:	Obra totalmente seca.

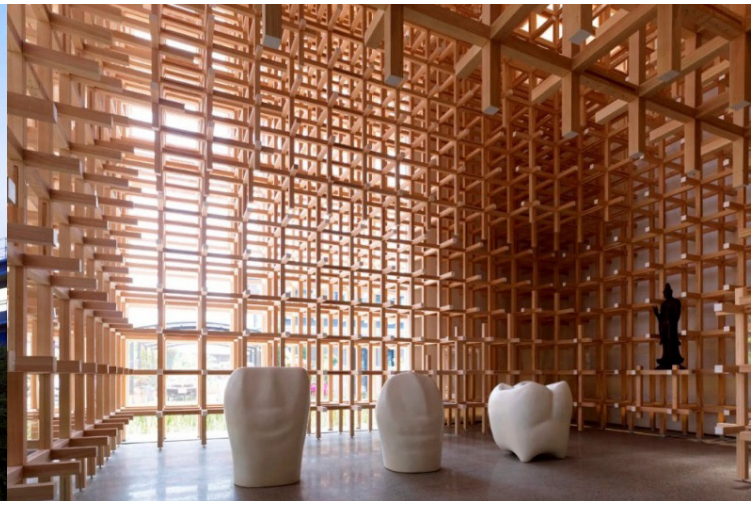
ekihouse es una vivienda unifamiliar adaptable a las necesidades de la familia que la habite, de modo que puedan sumarse módulos a petición del cliente. Como base mínima, consta de dos módulos abiertos en sus extremos más largos, permitiendo el acoplamiento de una serie de ellos y generando un espacio ampliable. Para ello, limita la ubicación de las instalaciones (baño, cocina) ambos lados cerrados del módulo y ubica unas aberturas correderas en las fachadas más amplias, consiguiendo gran diafanidad y plena conexión entre el interior y el exterior. Además, para apoyar esta idea, los muebles disponen de ruedas para poder extender la vivienda a las dos terrazas exteriores, y la cama es abatible, pudiendo guardarla en un armario fijo y disponer de más sitio para realizar otras funciones de día, como oficina o lugar de trabajo, comedor, etc.

–2– ENTRAMADO DE MADERA (WOOD FRAMING)

2.1 Elementos lineales

Museo y Centro de Investigación GC Prostho





Arquitecto:	KengoKuma & Asociados.
Empresa:	-
Ubicación:	TKasugai-shi, Prefectura de Aichi, Japón.
Fecha de construcción:	-
Sistema constructivo:	Sistema de entramado de madera.
Tipología de uso:	Museo.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por elementos lineales.
Grado de finalización:	-
Estructura adicional:	No incorpora estructura adicional.
Nivel de humedad:	Totalmente seco.

El sistema constructivo de este proyecto tiene su base en el tradicional juego llamado *Cidori*, en el que un conjunto de palos de madera articulados con una forma única, puede ampliarse con tan solo girarlos, sin ningún tipo de clavo o encajes. Para conformar las partes cerradas se empleo una estructura de hormigón, y para las partes abiertas este entramado de madera mencionado. Las piezas de madera de la estructura son de dimensiones de 60 mm x 60 mm x 60 mm x 200 mm o de 60 mm × 400 cm, y forman una rejilla de cuadrados de 50 cm. Para el cálculo de la estructura, se llevaron a cabo pruebas de compresión y flexión para determinar la resistencia del sistema. Este edificio experimental muestra la posibilidad generar grandes obra de arquitectura por medio de la combinación de pequeñas unidades.

Iglesia Viikki





Arquitecto:	JKMM Arquitectos.
Empresa:	-
Ubicación:	Helsinki, Finlandia.
Fecha de construcción:	2000.
Sistema constructivo:	Entramado pesado de madera.
Tipología de uso:	Edificio de culto.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por medio de elementos lineales.
Grado de finalización:	Los paneles llegan sin los acabados e instalaciones.
Estructura adicional:	Herrajes de acero para unir los listones y vigas que componen la estructura de madera.
Nivel de humedad:	-

El arquitecto basa el diseño de este edificio en la tradición finesa de iglesias de madera, conminando elementos locales y líneas contemporáneas. El edificio se plantea en tres cajas ciegas al exterior y recubiertos con tablillas, las cuales se contrastan con un volumen alargado y transparente que contiene las oficinas y servicios. La iglesia se apoya sobre un podio de piedra y un zócalo de hormigón como base del edificio, no solo aportando una función estética, sino produciendo un colchón térmico que aporta mayor confort térmico en el interior del edificio, particularmente debido al frió extremo de Finlandia. Por otra parte, se dispone de pilares de madera de abeto sobre los que apoya un entramado de vigas de madera maciza de abeto, todo ello prefabricado.

Bibliografía:

https://conmadera.eu/page/3/
http://moleskinearquitectonico.blogspot.com.es/2010/06/iglesia-en-viikki-finlandia.html

Albergue Gure Sustraiak



Arquitecto:	Arpe Arquitectos.
Empresa:	-
Ubicación:	Valle de Ollo, Navarra.
Fecha de construcción:	-
Sistema constructivo:	Entramado pesado de pórticos de madera aserrada, usando pórticos en los casos que haya de salvar grandes luces.
Tipología de uso:	Hostelería.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por elementos lineales.
Grado de finalización:	Las instalaciones y acabados de incorporan en obra.
Estructura adicional:	Se emplea la madera microlaminada para la producción de las vigas, las cuales han de soportar grandes cargas (11 KN/m^2) y una resistencia ante incendio de R90, que la madera aserrada no soportaría.
Nivel de humedad:	-

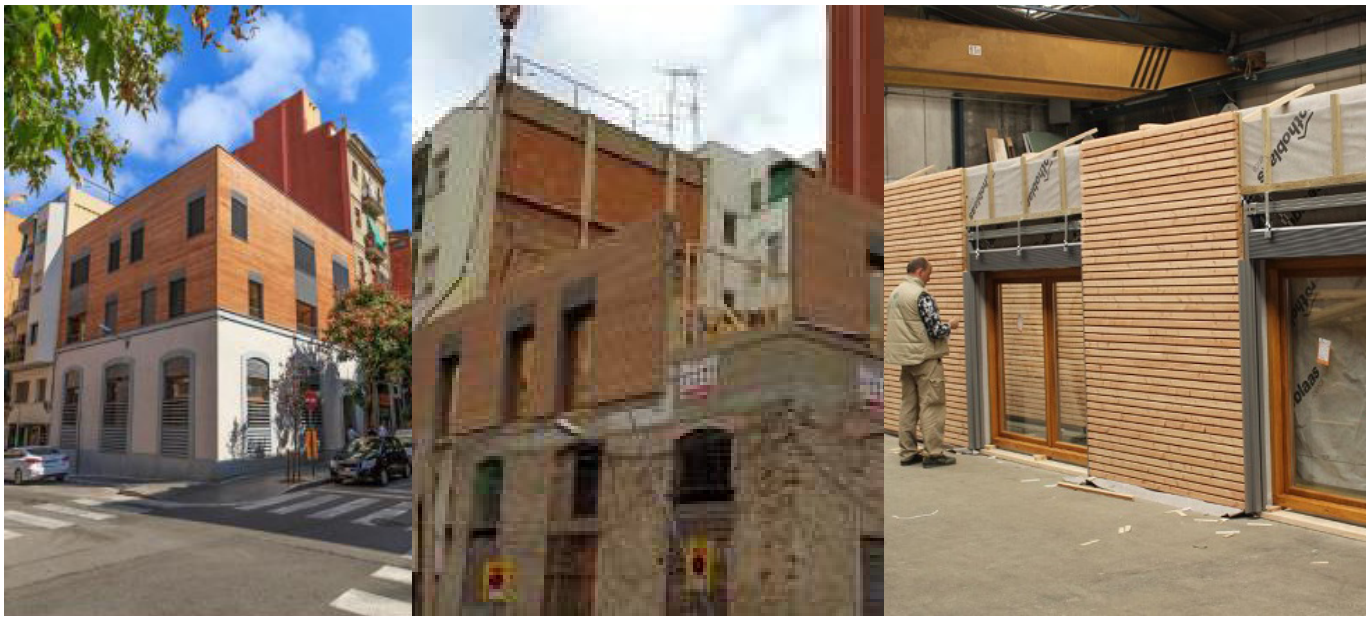
Este albergue se plantea como cooperativa sin ánimo de lucro, en la que se fomenta el turismo inclusivo. Ofrece también estancias formativas o de ocio terapéutico. El edificio está construido por un sistema de entramado pesado de pórticos de madera aserrada, y complementado por aislamiento de celulosa proyectada y fibra de madera. Los revestimientos exteriores son de madera de abeto Douglas para aumentar su durabilidad y, por el contrario, en el interior se emplea madera de abeto blanco. Con el objetivo de ser un edificio totalmente sostenible, el albergue dispone de instalaciones de energía solar térmica para el agua caliente y de una caldera mixta de biomasa, además de un sistema de depuración por método biológico sin consumo energético, ya que se hace por medio de plantas.

Bibliografía:

http://blogtecnicodelamadera.blogspot.com.es/2014/05/albergue-de-acceso-universal-y.html
https://conmadera.eu/page/4/

2.2 Paneles

Edificio Plurifamiliar en Barcelona



Arquitecto:	Betarq Group, S.L.P.
Empresa:	Arkima.
Ubicación:	Barcelona, Cataluña.
Fecha de construcción:	-
Sistema constructivo:	Sistema Entramado ligero - Wood Framing.
Tipología de uso:	Residencial.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por paneles.
Grado de finalización:	Gran cantidad de paneles llegan con acabados a obra, como por ejemplo los paneles de fachada.
Estructura adicional:	No hay estructura adicional.
Nivel de humedad:	-

Es el primer edificio plurifamiliar en altura realizado en España con estructura de entramado ligero de madera. Con una superficie de 450 m^2 y una altura de cuatro plantas más cubierta transitable, comprende en su interior un total de 6 viviendas conectadas con escaleras y ascensor. Se dispone de dos viviendas por planta con superficies de entre 50 y 70 m^2, de uno o dos dormitorios. El inmueble se ubica en un esquinero en el centro de Barcelona, por lo que dispone de dos fachadas y dos medianeras. Se mantienen las fachadas de la planta baja, las cuales datan del año 1900, el resto del edificio es de obra nueva, tanto los pisos superiores como la tabiquería interior de la planta baja. La edificación, construida bajo criterios sostenibles, dispone del Certificado Verde de GBCe (Green Building Council España) y ha conseguido un ahorro energético de un 80% en calefacción y agua caliente sanitaria, así como una reducción del impacto sobre el cambio climático del 70%.

Ikastola Seber Altube



Arquitecto:	Ainhoa Negeruela.
Empresa:	Egoin.
Ubicación:	Gernika, Bizkaia, País Vasco.
Fecha de construcción:	2006.
Sistema constructivo:	Sistema Entramado ligero - Wood Framing de paneles prefabricados apoyado en elementos lineales (pilar y viga).
Tipología de uso:	Centro docente.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por paneles.
Grado de finalización:	Los paneles llegan sin los acabados e instalaciones.
Estructura adicional:	Estructura adicional de pilares y vigas, en las que apoyan los paneles prefabricados.
Nivel de humedad:	-

Al tratarse de una ampliación de un centro educativo existente, el requisito fundamental del promotor (la ikastola) era ajustarse a los plazos marcados, es decir comenzar la obra en julio para finalizarla en septiembre, mes de inicio de las clases. Además, otra de las exigencias era ceñirse al presupuesto determinado al inicio, sin futuros cambios durante el proceso de obra. Teniendo en cuenta estos dos objetivos, el desarrollo técnico se realizó en dos meses, la producción de las piezas en uno y la ejecución de la obra en tan solo cuarenta días.

Vivienda Unifamiliar en Zamudio de entramado de madera y paja



Arquitecto:	Jon Uriarte.
Empresa:	EcoPaja.
Ubicación:	Zamudio, Bizkaia, País Vasco.
Fecha de construcción:	2017.
Sistema constructivo:	Sistema Paneles de Entramado ligero cubiertos de paja.
Tipología de uso:	Vivienda unifamiliar.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por paneles.
Grado de finalización:	Los paneles llegan sin los acabados e instalaciones.
Estructura adicional:	Estructura adicional de pilares y vigas, en las que apoyan los paneles prefabricados.
Nivel de humedad:	-

Se trata de la primera vivienda del estado construida con un sistema modular de paneles estructurales de madera y paja compactada al interior, se realiza parte en autoconstrucción. Los clientes, dedicados a la agricultura ecológica, desean vivir en su entorno de trabajo con una vivienda acorde a su filosofía de vida.

2.3 Módulos

Suite Viajera







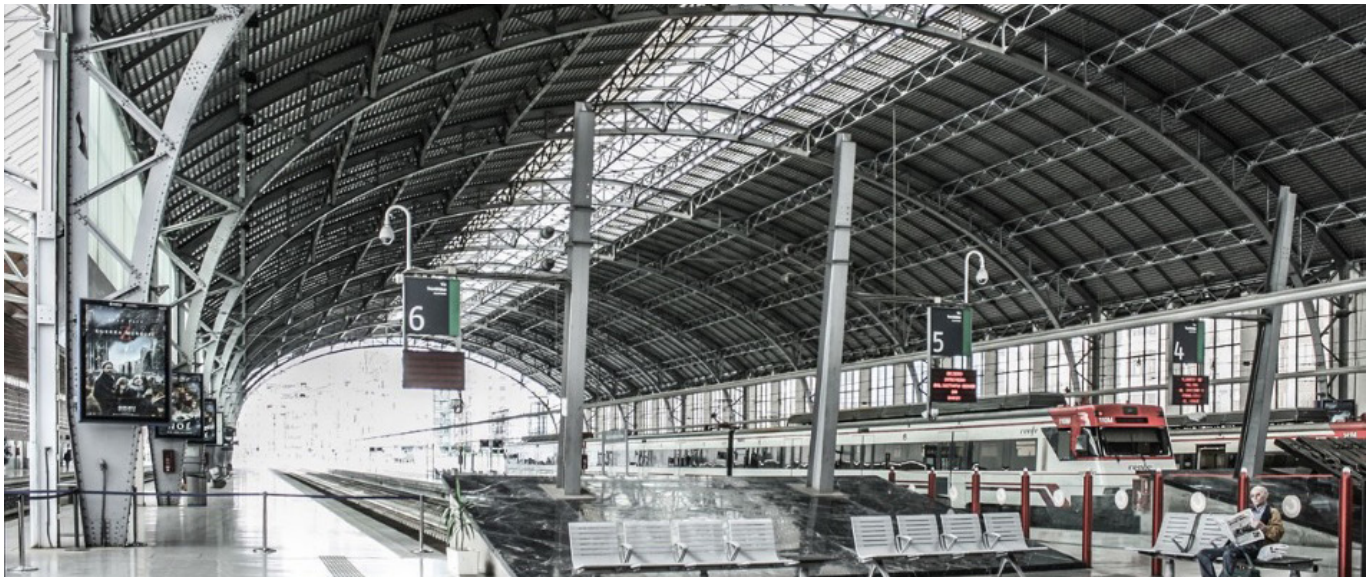
Arquitecto:	-
Empresa:	Egoin.
Ubicación:	Cualquiera.
Fecha de construcción:	2011.
Sistema constructivo:	Sistema modular Entramado ligero - Wood Framing.
Tipología de uso:	Hostelería.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por módulos.
Grado de finalización:	El módulo llega totalmente acabado.
Estructura adicional:	No hay estructura adicional.
Nivel de humedad:	-

La Suite viajera es una habitación de hotel transportable a diferentes localizaciones, únicamente debiendo enchufarla a los servicios de agua y electricidad. Debido a su condición móvil, es decir, puede cambiar de ubicación en un momento dado, su estructura modular se diseñó y dimensionó para optimizar su desplazamiento por carretera, así como para resistir las fuerzas generadas por el transporte y el movimiento. Esta se plantea como elemento de ampliación para hoteles existentes.

–3– ACERO ESTRUCTURAL

3.1 Elementos lineales

Edificio de andenes de la estación de Abando



Arquitecto:	Alfonso Fungairiño.
Empresa:	-
Ubicación:	Bilbao, Vizcaya, España.
Fecha de construcción:	1948.
Sistema constructivo:	Acero estructural.
Tipología de uso:	Infraestructura de trasporte.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por medio de elementos lineales.
Grado de finalización:	Los acabados e instalaciones se realizan en obra.

Su bóveda de cañón rebajada, construida con acero roblonado, cubre el espacio destinado a andenes de esta estación, con dimensiones de 47 metros de ancho y 192 metros de largo. En el centro de esta estructura, se sitúa una gran linterna formada por un cerramiento de vidrio, que abastece de iluminación natural al espacio interior. Otro de los elementos singulares de la estación en la vidriera de estructura metálica, que ubicada en la fachada de entrada a la estación cierra el arco abovedado. La estación de Abando se distingue también por haber sido la primera en acogerse al nuevo concepto de "estación comercial", en el que se combina el transporte con el ocio y las compras.

Bibliografía:

http://www.bilbaoarquitectura.com/estacion-abando
http://www.hiru.eus/arte/patrimonio-artistico-de-euskadi/-/journal_content/56/10137/4631322

Torre Diamante



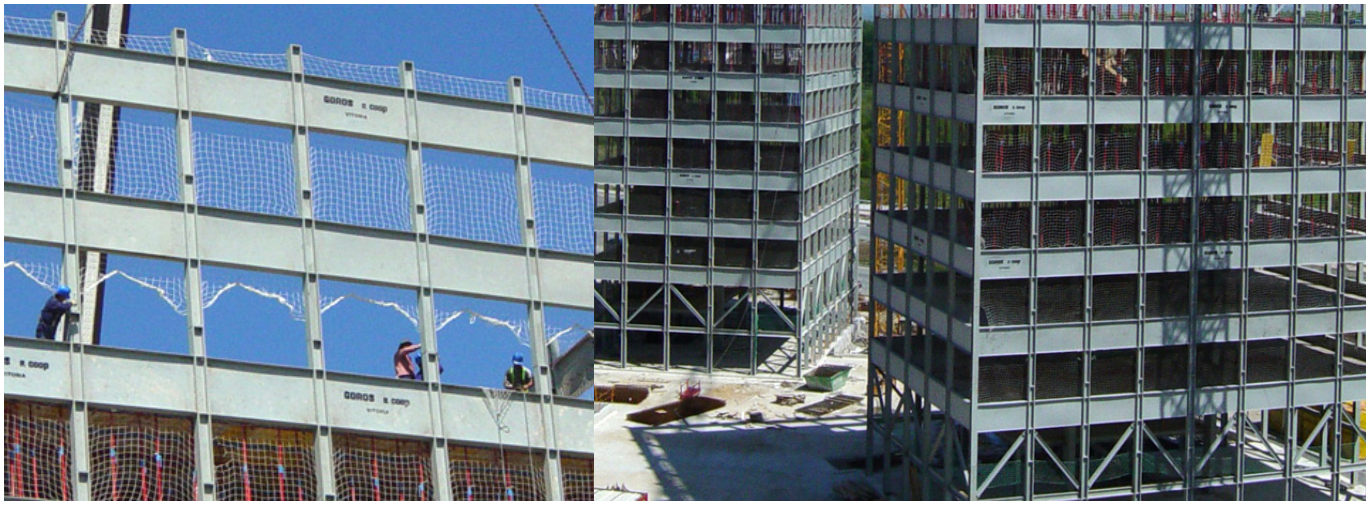
Arquitecto:	Kohn Pedersen Fox.
Empresa:	-
Ubicación:	Milano, Italia.
Fecha de construcción:	2012.
Sistema constructivo:	Estructura de acero laminado.
Tipología de uso:	Oficinas.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por medio de elementos lineales.
Grado de finalización:	Las instalaciones y los acabados se realizan en obra.
Estructura adicional:	Se empleó hormigón armado por una parte para constituir el núcleo central de la torre, el cual contiene todas las instalaciones y servicios como ascensores y escaleras, y por otra parte para la cimentación superficial.
Nivel de humedad:	-

Esta torre, de 30 x 50 metros de base, 30 plantas y 4 niveles subterráneos, se formaliza por medio de una estructura mixta de acero y hormigón con pilares de acero, forjado colaborante y un núcleo de hormigón armado. El empleo de este sistema estructural posibilita la construcción de un edificio más ligero que otro con estructura convencional de estructura de hormigón armado. Debido al entramado de muros pantalla del núcleo que distribuyen la carga, se pudo evitar la construcción de cimentaciones profundas y utilizar una losa de 2 metros de canto como cimentación superficial, que resulto más económica y además redujo el tiempo de construcción. Para cubrir las luces previstas de hasta 11 metros, se usaron vigas compuestas que contenían varios huecos para el paso de las instalaciones técnicas. Para acelerar la construcción, casi todas las vigas principales y secundarias se conectaron por medio de platabandas en alma y ala, consiguiendo construir una planta por semana.

Bibliografía:

http://www.constructalia.com/espanol/galeria_de_proyectos/italia/torre_diamante_milan#.VsG6ArThCM8

Torres bioclimáticas en Salburua





Arquitecto:	Ábalos y Herreros.
Empresa:	-
Ubicación:	Vitoria-Gasteiz, Álava, España.
Fecha de construcción:	2006.
Sistema constructivo:	Estructura de acero laminado perimetral.
Tipología de uso:	Residencial y oficinas.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por medio de elementos lineales ubicados en el perímetro del edificio.
Grado de finalización:	Las instalaciones y los acabados se realizan en obra.
Estructura adicional:	No tiene estructura adicional.
Nivel de humedad:	-

El proyecto consta de cuatro torres bioclimáticas de hasta 16 alturas, las cuales edificadas por medio de sistema de acero estructural consigue una fachada translucida en la mayoría de la superficie de su fachada. La orientación de cada bloque se adapta a las tres orientaciones más favorables para la captación de energía, garantizando sus proporciones en el clima de Vitoria el máximo aprovechamiento de la radiación solar. Por lo que respecta al sistema constructivo, se busca un sistema reciclable y con el mínimo numero de componentes posibles, de acuerdo a las directrices medio ambientales desarrolladas por el proyecto europeo LIFE. Los edificios dividen su programa en siete plantas de oficinas y el resto residencial (118 viviendas de protección oficial), todas ellas con dos o tres fachadas.

Bibliografía:

http://ecococos.blogspot.com.es/2011/03/torres-bioclimaticas-junto-al-humedal.html

Kursaal Donostia





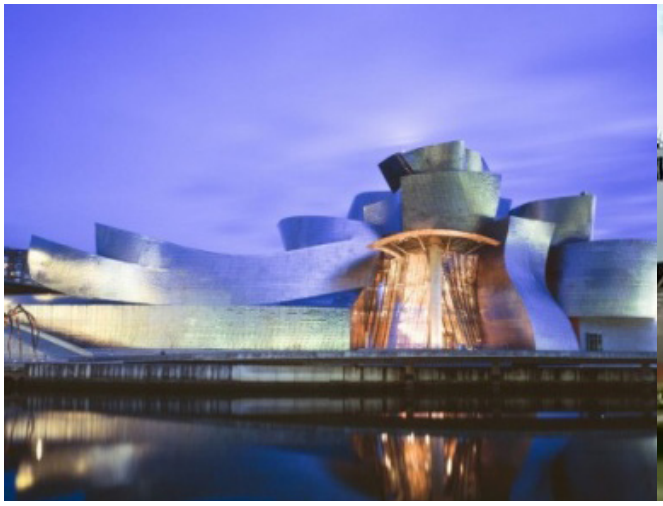
Arquitecto:	Rafael Moneo.
Empresa:	-
Ubicación:	San Sebastian, Gipuzkoa, España.
Fecha de construcción:	2000.
Sistema constructivo:	Estructura de acero laminado.
Tipología de uso:	Palacio de congresos y auditorio.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por medio de elementos lineales.
Grado de finalización:	Las instalaciones y los acabados se realizan en obra.

El proyecto consta de dos bloques cúbicos que asemejan a dos gigantescas rocas varadas en la desembocadura del Urumea. La estructura de ambos bloques prismáticos se resuelve por medio del sistema de acero laminado, que da lugar a la formación de una doble pared complementada, interior y exteriormente, con bloques de vidrio prensado. Para el cierre superior de los cubos, se emplearon vigas prefabricadas de dimensiones aproximadas a los 36 metros de longitud y de 54 toneladas de peso, colocando sobre ellas una losa que servía de sustentación para las salas de maquinaria y climatización. La cimentación de todos los elementos está situada por debajo del nivel del mar, obligando a la colocación debajo de la losa inferior de una lámina de impermeabilización especial soldada y estanca.

Bibliografía:

http://www.kursaal.eus/wp-content/uploads/2014/12/memoria-proyecto-rafael-moneo.pdf
http://www.construccionesamenabar.com/es/lineas-de-negocio/edificacion/edificacion-singular/54-edificio-kursaal

Museo Guggenheim





Arquitecto:	Frank Gerhy.
Empresa:	-
Ubicación:	Bilbao, Vizcaya, España.
Fecha de construcción:	1997.
Sistema constructivo:	Estructura de acero laminado.
Tipología de uso:	Museo.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por medio de elementos lineales ubicados en el perímetro del edificio.
Grado de finalización:	Las instalaciones y los acabados se realizan en obra.
Estructura adicional:	No tiene estructura adicional.
Nivel de humedad:	-

Aunque este museo visto desde arriba se parece a una flor, desde el nivel de calle, su parecido es más cercano al de un barco, evocando la vida industrial del puerto de Bilbao. Las curvas que componen su forma, aparentemente aleatorias, se diseñan para captar la luz y reaccionar con el sol y el clima de la villa. Debido a sus formas sinuosas, la estructura fue diseñada empleando un software 3D llamado CATIA, que permite complejos diseños y cálculos estructurales que no hubiesen sido posibles años atrás. La cimentación del edificio se realizó sobre pilotes de hormigón armado empotrados en roca, a una profundidad media de 14 metros. Sobre el pilotaje y losas de hormigón se levantó la singular estructura metálica compuesta por perfiles laminados, que son los que configuraron el esqueleto, y por lo tanto la forma, del edificio. Estas paredes y techos, se conforman con medio de una estructura interna de barras de metal que forman una grilla triangular.

Bibliografía:

http://www.ferrovial.com/es/proyectos/museo-guggenheim/
http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/764294/clasicos-de-arquitectura-museo-guggenheim-bilbao-frank-gehry

Edificio Orona IDeO







Arquitecto:	LKS.
Empresa:	-
Ubicación:	España.
Fecha de construcción:	2013.
Sistema constructivo:	Estructura de acero laminado.
Tipología de uso:	Administrativo (oficinas)
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por medio de elementos lineales.
Grado de finalización:	Las instalaciones y los acabados se realizan en obra.
Estructura adicional:	No tiene estructura adicional.
Nivel de humedad:	-

El objetivo del proyecto es el desarrollo de un lugar para la Innovación,fusionando diferentes actividades sinérgicas como empresa, centro tecnológico y universidad,por lo que el edificio debía ser innovador en sí mismo. Su diseño bioclimático, el cual tiene su base en las medidas de aprovechamiento pasivo de la energía, cuenta con certificaciones simultaneas LEED y BREEAM. Los cerramientos del edificio además de tener un buen comportamiento térmico destacan por su diseño, que permite su adaptación a diferentes circunstancias. La fachada cilíndrica se compone de un muro cortina que combina pixeles triangulares opacos, translucidos y transparentes, que se disponen dependiendo de la exposición a la radiación solar, el acceso a vistas y la relación con el uso de los espacios interiores.

Bibliografía:

http://www.construction21.org/espana/case-studies/es/orona-ideo---innovation-city.html

Hotel Meliá (antiguo Sheraton)



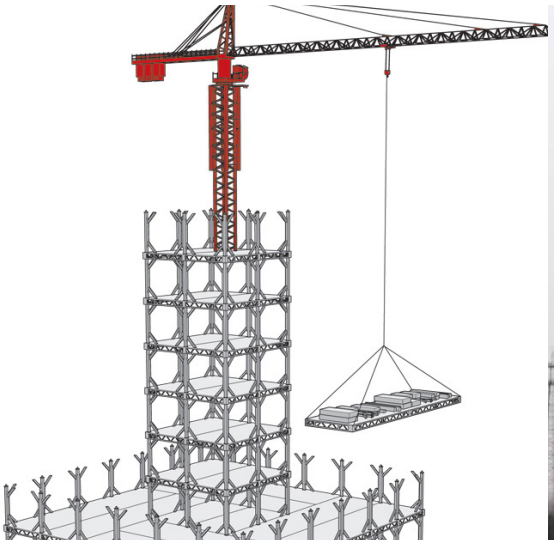


Arquitecto:	Ricardo Legorreta (+ Aurtenechea & Pérez-Iriondo Arquitectos).
Empresa:	-
Ubicación:	España.
Fecha de construcción:	2003.
Sistema constructivo:	Estructura de acero laminado.
Tipología de uso:	Hotel.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por medio de elementos lineales.
Grado de finalización:	Las instalaciones y los acabados se realizan en obra.
Estructura adicional:	No tiene estructura adicional.
Nivel de humedad:	-

La estructura se realiza mediante piezas lineales de acero laminado, los forjados en hormigón in situ y los paneles de fachada prefabricados de hormigón.

3.2 Paneles

Sky City







Arquitecto:	Xian Min Zhang.
Empresa:	-
Ubicación:	Changsha, China.
Fecha de construcción:	-
Sistema constructivo:	Acero estructural.
Tipología de uso:	Residencial y administrativo.
Tiempo de ejecución:	19 días.
Tipo de ejecución:	Por paneles, aunque estos podrán tratarse con carácter modular debido a su estructura espacial y a que incorporan todos los acabados y todas las instalaciones.
Grado de finalización:	Los paneles/módulos llegan a obra con todos los acabados e instalaciones.
Estructura adicional:	Se utiliza una estructura lineal de pilares y vigas, en la que apoyarán los muros y forjados.
Nivel de humedad:	Se trata de una obra totalmente seca.

Se trata de una torre de 57 pisos de altura, la cual alberga un total de 800 apartamentos, espacio de oficina para 4.000 trabajadores y 19 altos atrios. Se construyó en menos de 3 semanas, más exactamente en 19 días, levantando un total de 3 plantas al día. Para ello, se produjeron en fábrica tanto los elementos estructurales de pilar y vigas, como los forjados que posteriormente se apoyaron sobre estos. Las vigas y pilares se anexionaron en planta, por lo que únicamente se ejecutó su unión en obra. Del mismo modo, los paneles de forjado se componen de una estructura espacial en forma de cercha, en la que se integran tanto las instalaciones como los acabados, debiendo únicamente realizar las conexiones entre los elementos prefabricados (estructura y paneles), los acabados y las instalaciones. El cerramiento del edificio lo componen vidrios cuádruples, que reducen las emisiones de CO_2 en 12.000 toneladas.

3.3 Módulos

Girona 81, Ático Industrializado



Arquitecto:	La Casa por el tejado.
Empresa:	-
Ubicación:	Barcelona, España.
Fecha de construcción:	-
Sistema constructivo:	Acero estructural para conformar la estructura del módulo y acero ligero para realizar las particiones interiores de este.
Tipología de uso:	Residencial.
Tiempo de ejecución:	Una mañana.
Tipo de ejecución:	Por módulos.
Grado de finalización:	Los módulos llegan con los acabados e instalaciones.
Estructura adicional:	No tiene estructura adicional.
Nivel de humedad:	Se trata de una obra totalmente seca.

Esta ampliación en altura del edifico situado en el número 81 de la calle Girona se realizó en tan solo una mañana, minimizando las molestias a los vecinos y la ocupación de la vía durante unas pocas horas. Para esta rápida ejecución se emplearon tres módulos, de dimensiones de veintidós metros de largo, casi cuatro de ancho, cerca de tres de alto y veinte toneladas de peso. Fueron transportados en camiones equipados con remolque especial que cruzaron las calles de la ciudad de Barcelona y elevados hasta la quinta planta del edificio por medio de una grúa autopropulsada. Anteriormente, esta cubierta se preparó para recibir los módulos industrializados con unas vigas de acero, que ayudaron a direccionar las cargas hacia la estructura. Una vez ubicado cada módulo, los cuales se distancian de las medianeras no más de cinco centímetros, los técnicos revisaron que este acople se ha realizado adecuadamente y procedieron a conectar los desagües. Para finalizar, se fijaron todos los módulos entre sí, asegurando una correcta permeabilización en las uniones entre los volúmenes.

Bibliografía:

http://www.lacasaporeltejado.eu/es/blog/girona-81-en-una-manana/

—4— LIGHT STEEL FRAMING

4.1 Elementos lineales

22 VPO en el barrio Ali- Gobeo



Arquitecto:	-
Empresa:	Grupo Palmiro.
Ubicación:	Vitoria-Gasteiz, País Vasco.
Fecha de construcción:	2007.
Sistema constructivo:	Entramado de acero ligero.
Tipología de uso:	Residencial.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por medio de elementos lineales.
Grado de finalización:	La instalaciones y acabados se ejecutaron en la obra.
Estructura adicional:	Se emplea una estructura de hormigón para la constitución de la planta baja.
Nivel de humedad:	Sistema semi húmedo, ya que tanto los cimientos como la planta baja se realizaron por medio de hormigón in situ.

Este edificio residencial de tres pisos de altura se realizó por medio de dos sistemas constructivos. Por una parte, en la planta baja, y debido a su ubicación en un área urbana, se empleó hormigón para prevenir la estructura de posibles impactos por colisión de vehículos, así como para poder acoger cualquier uso diferente al de vivienda. Por otra parte, para la construcción de las dos plantas superiores se optó por el sistema Light Steel Framing. Sus ventanas, repartidas homogéneamente en la fachada, siguen un patrón modular, abriendo huecos en los espacios libres dispuestos entre los perfiles verticales.

Bibliografía:

http://www.grupopalmiro.com/category/proyectos-realizados/

Albergue de juventud



Arquitecto:	Bernedo construcciones.
Empresa:	Grupo Palmiro.
Ubicación:	Espejo, Araba, País Vasco.
Fecha de construcción:	2008.
Sistema constructivo:	Entramado de acero ligero.
Tipología de uso:	Hostelería.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por medio de elementos lineales.
Grado de finalización:	La instalaciones y acabados se ejecutaron en la obra.
Estructura adicional:	No se emplea estructura adicional.
Nivel de humedad:	-

Este edificio se propone como una ampliación del ya existente albergue juvenil de Espejo. Este nuevo módulo tiene un área de 500 m^2, donde se ubican aseos comunes, dos salas de actividades, dependencias para el personal, y tres nuevos dormitorios de seis plazas, así como otro más, de dos plazas, para personas con movilidad reducida. Consta de una única altura y se divide en tres edificios conectados entre sí, separándolo por usos. La estructura del edificio se realiza completamente con un entramado de acero ligero, ya que no se encuentra en área urbana. La cubierta a dos aguas se efectuó por medio de una cercha, que permitía la disposición de un espacio diáfano bajo ella.

Bibliografía:

http://www.grupopalmiro.com/category/proyectos-realizados/

4.2 Paneles

Vivienda unifamiliar en Binixiquer Menorca





Arquitecto:	-
Empresa:	Cidark.
Ubicación:	Menorca.
Fecha de construcción:	2019.
Sistema constructivo:	Paneles de entramado ligero de acero galvanizado.
Tipología de uso:	Vivienda unifamiliar.
Tiempo de ejecución:	Fabricación y montaje de estructura y paneles en 2 meses, edificio terminado en 4 meses.
Tipo de ejecución:	Por paneles.
Grado de finalización:	Los paneles llegan como entramado de acero ligero, sin aislamiento, instalaciones ni acabados.
Estructura adicional:	No hay estructura adicional.
Nivel de humedad:	-

Bibliografía:

http://www.cidark.com/proyectos

Casa Buna (viviendas sociales)





Arquitecto:	-
Empresa:	-
Ubicación:	Rumanía.
Fecha de construcción:	-
Sistema constructivo:	Armazón de acero ligero, recubierto con paneles de acero galvanizado.
Tipología de uso:	Torre residencial y de oficinas.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por paneles.
Grado de finalización:	Los paneles llegan como entramado de acero ligero, sin aislamiento, instalaciones ni acabados.
Estructura adicional:	No hay estructura adicional.
Nivel de humedad:	-

Este edificio se divide en dos plantas de 10 metros por 12 metros, que incluyen cuatro viviendas de igual superficie bajo el mismo techo. Se optó por este sistema constructivo de forma que fuese extrapolable, y transferible, pero también adaptable. La reducida cantidad de elementos permite un fácil montaje, que bajo unas reglas elementales y unos sencillos pasos, puede ser construido por parte de no profesionales. Esta condición facilitó que la construcción de estos dos bloques se llevase a cabo por los trabajadores de la ONG Habitat for Humanity. Los perfiles de este entramado siguen la trama clásica de 60 centímetros y se cierran por medio de tableros de madera OSB y placas de yeso. La base de las viviendas consta de una losa tradicional, y los paneles prefabricados se unen a esta mediante pernos y tornillos.

Bibliografía:

http://www.constructalia.com/espanol/galeria_de_proyectos/rumania/casa_buna_viviendas_sociales_en_acero_rumania#.Vr3dhbThCM8

4.3 Módulos

Nakagin Capsule Tower



Arquitecto:	Kisho Kurokawa.
Empresa:	-
Ubicación:	Shimbashi, Tokio, Japón.
Fecha de construcción:	1972.
Sistema constructivo:	Armazón de acero ligero, recubierto con paneles de acero galvanizado.
Tipología de uso:	Torre residencial y de oficinas.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por módulos.
Grado de finalización:	Los módulos llegan con los acabados e instalaciones.
Estructura adicional:	Una estructura rígida de acero y el hormigón armado se emplean como estructura adicional, generando el núcleo central, en el cual apoyarán los módulos.
Nivel de humedad:	-

Esta torre está constituida por dos núcleos centrales y por 140 módulos prefabricados de hormigón armado (o capsulas) acoplados a los primeros. Estos módulos, de dimensiones de 4 m x 2,5 m, tienen una vida útil de 33 años y pueden intercambiarse por otros una vez que queden obsoletos, de modo que el edificio se convierte en un gran ejemplo de adaptabilidad y reciclaje. Las capsulas pueden conectarse entre su para generar oficinas o residencias de mayores dimensiones.

Bibliografía:

http://laboratoriovivienda21.com/magazine/?p=1

Terminal provisional de cruceros de Getxo



Arquitecto:	Sergio Baragaño.
Empresa:	Modultec.
Ubicación:	Getxo, Bizkaia, País Vasco.
Fecha de construcción:	2008.
Sistema constructivo:	Sistema modular abierto.
Tipología de uso:	Oficinas.
Tiempo de ejecución:	3 meses.
Tipo de ejecución:	Por módulos.
Grado de finalización:	Los módulos llegan sin acabados e instalaciones.
Estructura adicional:	No hay estructura adicional.
Nivel de humedad:	-

Dado el gran incremento de viajeros que llegaban a la costa vasca, se hizo indispensable la construcción de un nuevo muelle y una nueva terminal de cruceros en el puerto deportivo de Getxo, para asegurar y seguir mejorando esas cifras. Este edificio debía acoger y ofrecer todas las comodidades y servicios necesarios a los miles de cruceristas que saldrían y llegarían a Bilbao. Por ello, y mientras el nuevo edificio de definía, se optó por realizar un edificio temporal, el cual pudiese desmontarse una vez realizado su función y apoyando la reutilización y la reciclabilidad de los materiales.

Jit Housing / Kosta Sopela



Arquitecto:	Tandem Arquitectura
Empresa:	Jit Housing & Viuda de Sainz
Ubicación:	Sopela, Bizkaia
Fecha de construcción:	2021
Sistema constructivo:	Módulos con estructura mixta
Tipología de uso:	Residencial, 9 viviendas
Tiempo de ejecución:	9 meses en factoría + 2 meses instalación
Tipo de ejecución:	Por módulos
Grado de finalización:	Módulos incluso acabados e instalaciones
Estructura adicional:	No se emplea estructura adicional
Nivel de humedad:	Totalmente seco

Las 9 viviendas que pertenecen a la promoción Kosta Sopela, desarrollada por Viuda de Sainz S.A., han sido fabricadas con el sistema EKONSTEAM. Este sistema constructivo se produce en instalaciones industriales con los más altos estándares en ingeniería de producto y de procesos, realizándose el montaje final de las viviendas sobre las cimentaciones ejecutadas in situ. JIT HOUSING está concebido para su integración en modelos urbanísticos conceptualizados como Smart City. Este sistema también incorpora ventajas medioambientales: son viviendas ecoeficientes, con consumo energético casi nulo, pudiendo satisfacer dicho consumo con sistemas de generación de energía renovable como aerotermia para energía térmica y fotovoltaica para energía eléctrica. Además, reducen la huella ecológica provocada por la maquinaria de obra, permiten mitigar el impacto acústico y visual y se reduce la producción de residuos. El sistema cumple con los preceptos de la economía circular, en la que los productos se conciben para no malgastar recursos en su fabricación, en la vida del edificio y al final de su ciclo. JIT HOUSING incorpora a su producción un 57% de materias primas que provienen de productos reutilizados y reciclados. Al final del ciclo de vida, se incorporan a la cadena de valor mediante reutilización o reciclaje, el 75% de los materiales que componen los edificios JIT HOUSING.

Bibliografía:

www.kostasopela.com

4.4 Mixto

Cellophane House



Arquitecto:	Kieran Timberlake.
Empresa:	-
Ubicación:	Nueva York, EE.UU.
Fecha de construcción:	2008.
Sistema constructivo:	Sistema mixto de entramado de aluminio.
Tipología de uso:	Residencial unifamiliar.
Tiempo de ejecución:	16 días.
Tipo de ejecución:	Por módulos y paneles.
Grado de finalización:	Los módulos y paneles llegan con parte de los acabados e instalaciones.
Estructura adicional:	No hay estructura adicional.
Nivel de humedad:	Totalmente seca.

Se trata de una vivienda unifamiliar de cinco plantas, prefabricada por medio de paneles y módulos siguiendo el sistema de entramado metálico, la cual fue encargo del museo MOMA para la exposición de casas: La fabricación de la vivienda moderna. El objetivo de este encargo era realizar una casa que no permaneciese inalterada más de diez años, pudiéndose desplazar, modificar o crecer según sus necesidades. Para ello se diseñaron piezas o volúmenes que con simples modificaciones pudiesen adaptarse a una amplia gama de condiciones de lugar clima, así como a las necesidades venideras de los usuarios, y se optó por un sistema adaptable y ligero, que minimizase la energía incorporada y que fuese reutilizable y reciclable. Además, al tratarse de una exposición temporal, el sistema debía responder a esta necesidad, debiendo desmontarse en pocos días. La vivienda se construyó en 16 días y se desmontó en tan solo dos.

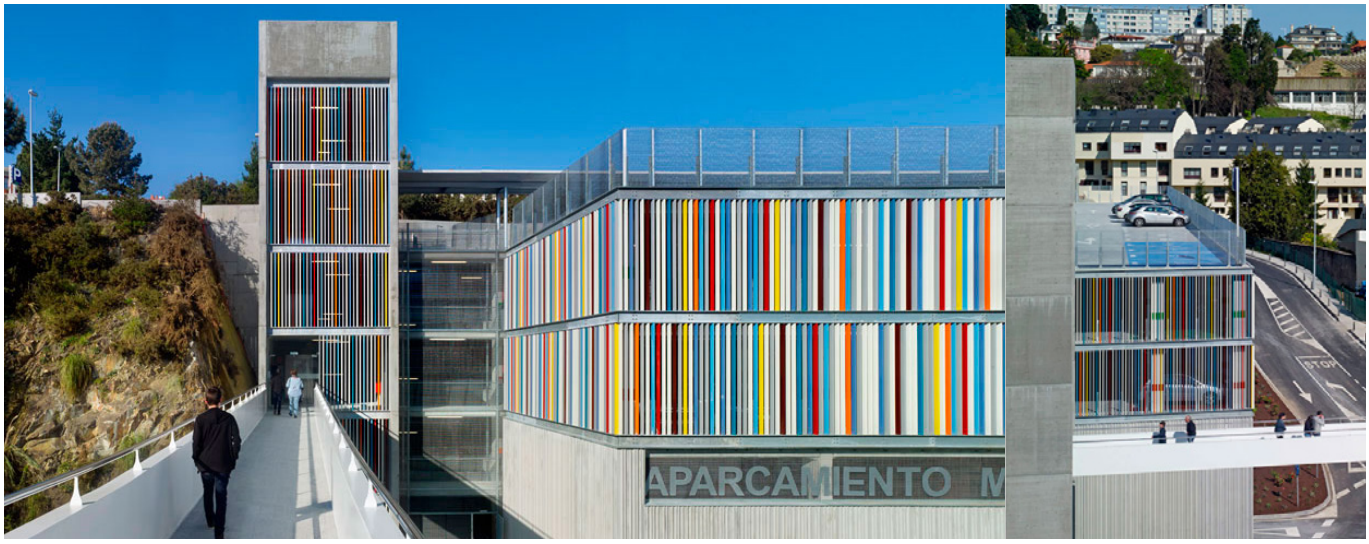
Bibliografía:

http://www.kierantimberlake.com/pages/view/14/
https://proyectos4etsa.wordpress.com/2012/02/01/cellophane-house-kierantimberlake/

–5– HORMIGÓN PREFABRICADO

5.1 Elementos lineales

Aparcamiento materno y oncológico



Arquitecto:	Díaz & Díaz Arquitectos.
Empresa:	-
Ubicación:	A Coruña, Galicia, España.
Fecha de construcción:	
Sistema constructivo:	Hormigón prefabricado.
Tipología de uso:	Hospitalario.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por elementos lineales y paneles.
Grado de finalización:	Los paneles de fachada llegan a obra pintados con el color final.
Estructura adicional:	-
Nivel de humedad:	-

La gran premisa de los promotores era la rapidez de ejecución, por lo que se optó por ejecutar toda la estructura en hormigón prefabricado. El edificio consta de 366 plazas repartidas en 10.000 metros cuadrados de superficie construida, en cuatro plantas de aparcamiento cubierto, más la planta de cubierta de aparcamiento. Estas plantas se dividen en dos niveles para afrontar los dos niveles planteados por las cotas, creando un sistema de plantas intermedias escalonadas, conectadas por medio de rampas. La estructura de componer de pilares, vigas y placas alveolares que refuerzas la estabilidad del edificio, por lo que respecta a la fachada, está compuesta por unos paneles de hormigón prefabricados texturizados en las zonas de contacto con el terreno y unas cajas ligeras de lamas metalizas de colores para los lados abiertos, consiguiendo ventilación e iluminación natural.

5.2 Paneles

156 viviendas sociales



Arquitecto:	Pich-Aguilera Arquitectos.
Empresa:	Sukia-Norten PH.
Ubicación:	Vitoria-Gasteiz, Álava, España.
Fecha de construcción:	2009.
Sistema constructivo:	Hormigón prefabricado.
Tipología de uso:	Residencial, 156 viviendas.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por elementos lineales y paneles.
Grado de finalización:	Los paneles llegan a obra sin acabados ni instalaciones.
Estructura adicional:	Se usa una estructura de pilares y vigas de hormigón prefabricado, en las que apoyan los forjados y paneles.
Nivel de humedad:	La obra es seca, apoyando con bandas de neopreno o bien atornillados.

Se trata de un edificio de viviendas de PB+8+ático, de forma esbelta y con una profundidad de apenas 13 metros, ejecutado por medio de un sistema de pilares y vigas prefabricadas, en las que apoyan los forjado y los paneles también prefabricados. Los cerramientos se solucionaron mediante paneles de hormigón colgados de la estructura principal y plancha metálica grecada para la cubierta y algunos paramentos de la envolvente. Con el objetivo de minimizar el consumo de recursos y de energía, mejorar la calidad final así como las condiciones de trabajo y las condiciones en obra, se optó por un sistema industrializado.

Bibliografía:

www.picharchitects.com/portfolio-item/proyecto-de-156-viviendas-sociales-en-vitoria/

84 viviendas VPO



Arquitecto:	LKS.
Empresa:	Kapildui.
Ubicación:	Vitoria-Gasteiz, Álava, España.
Fecha de construcción:	2010.
Sistema constructivo:	Hormigón prefabricado.
Tipología de uso:	Residencial, 84 viviendas.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por elementos lineales y paneles.
Grado de finalización:	Los paneles llegan a obra sin acabados ni instalaciones.
Estructura adicional:	Se usa una estructura de pilares y vigas de hormigón prefabricado, en las que apoyan los forjados y paneles.

5.3 Módulos

Habitat 67



Arquitecto:	Moshe Safdie.
Empresa:	-
Ubicación:	Montreal, Canadá.
Fecha de construcción:	1967.
Sistema constructivo:	Hormigón prefabricado
Tipología de uso:	Residencial, 158 viviendas de 1 a 4 habitaciones.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Por módulos.
Grado de finalización:	Parte de los módulos llegan sin los acabados e instalaciones, y otros con ellos.
Estructura adicional:	Se usan paneles o diversos elementos prefabricados de hormigón, como apoyos en voladizos, etc.) para asegurar la estabilidad del edificio.
Nivel de humedad:	Parte del edificio de realizó con hormigón vertido, como por ejemplo el sótano.

Este edificio está formado por un total de 354 módulos, los cuales se unen entre sí para obtener 158 viviendas de entre 1 y 4 habitaciones. De este modo se consiguen 15 modelos de vivienda, que emplean desde 1 a 8 módulos, dependiendo de los requerimientos dimensionales de cada tipología. Los módulos situados en la parte inferior eran más pesados, debido a la necesidad estructural de soportar las cargas generadas por los módulos superiores, los cuales eran más ligeros. Estos módulos fueron agrupados en 3 columnas, de modo que el edificio se subdivida en 3 bloques.
Cada módulo funciona de manera independiente, ya que los muros y forjados se duplicaron con la superposición de los módulos.

Bibliografía:

http://laboratoriovivienda21.com/magazine/?p=192
http://www.voicesofeastanglia.com/2012/10/the-construction-of-habitat-67.html

Ampliación del Hospital Josep Trueta







Arquitecto:	Bbats Consulting & Projects, S.L.P.
Empresa:	Compact Habic.
Ubicación:	Girona, Cataluña, España.
Fecha de construcción:	2010.
Sistema constructivo:	Hormigón prefabricado.
Tipología de uso:	Hospitalario.
Tiempo de ejecución:	7 semanas.
Tipo de ejecución:	Por módulos.
Grado de finalización:	Los módulos llegan con acabados e instalaciones.
Estructura adicional:	No se emplea estructura adicional.
Nivel de humedad:	Totalmente seco.

El proyecto consta de 89 consultorios médicos repartidos en 80 módulos, los cuales se apilan para conseguir un edificio de dos plantas. Los módulos industrializados resuelven tanto la parte de consultorios, como los espacios comunes, corredores de acceso y las salas de espera. Debido a la previsión de que se construya un nuevo hospital, los módulos serán desmontados y trasladados a diversas ubicaciones para ser reconvertidos en Centros de Atención Primaria. Por lo que respecta a la construcción, los módulos de hormigón se acopian para conseguir la construcción del edificio, por ellos deben de ser lo suficientemente rígidos y soportar tanto los esfuerzos verticales que genera la superposición de estos, así como los esfuerzos horizontales provocados por viento y seísmo. El acopio de estos volúmenes se realizó en 10 días, aunque su producción se alargó durante 7 semanas, debido a la necesidad de fraguado del material.

Bibliografía:

http://www.compacthabit.com/es/nivells/obra/titular/hospital-josep-trueta

Residencia Universitaria Gaston Phoebus



Arquitecto:	2A Design, C & A Architectes.
Empresa:	Compact Habic.
Ubicación:	Pau, Francia.
Fecha de construcción:	2013.
Sistema constructivo:	Hormigón prefabricado.
Tipología de uso:	Hostelería.
Tiempo de ejecución:	5 meses.
Tipo de ejecución:	Por módulos.
Grado de finalización:	Los módulos llegan con acabados e instalaciones.
Estructura adicional:	No se emplea estructura adicional.
Nivel de humedad:	Totalmente seco.

El edificio está formado por 159 módulos que llegan al solar totalmente finalizados, debiendo únicamente apilarlos en 5 alturas siguiendo una planta organizada en forma de L. La unidad básica de agregación es el modulo tipo con dos alojamientos individuales de 16,3 m^2, separados por un pasillo central. Cada habitación está compuesto por un baño, cocina y dormitorio. En la planta baja hay una zona de servicios comunes correspondientes al uso de residencia. La obra, en total, duró 5 meses, de los cuales la producción de los módulos ocupó las 19 primeras semanas, y el acopio de los módulos únicamente 21 días.

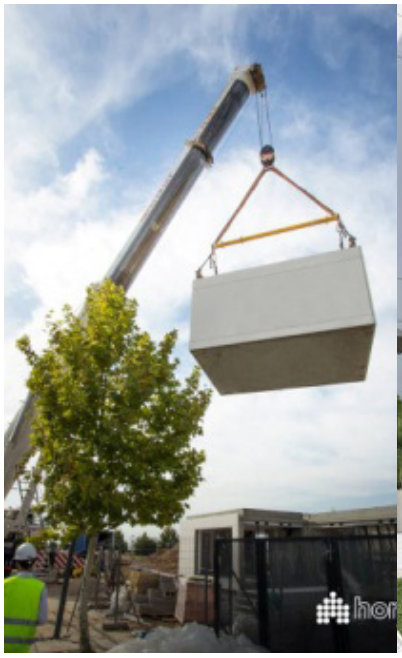
Bibliografía:

http://www.compacthabit.com/es/nivells/obra/titular/residincia-gaston-phoebus-pau

Viviendas unifamiliares adosadas en Torrejón de Ardoz, Madrid









Arquitecto:	2A Design, C&A Architectes.
Empresa:	Homm-Helatia con Aedas Homes.
Ubicación:	Torrejón de Ardoz, Madrid.
Fecha de construcción:	2019.
Sistema constructivo:	Hormigón prefabricado.
Tipología de uso:	vivienda unifamiliar adosada.
Tiempo de ejecución:	9 meses.
Tipo de ejecución:	Por módulos.
Grado de finalización:	Los módulos llegan con acabados.
Estructura adicional:	No se emplea estructura adicional.
Nivel de humedad:	Desconocido.

5.4 Mixto

112 viviendas sociales en el Barrio "El Polvorí"



Arquitecto:	Pich-Aguilera Arquitectos.
Empresa:	-
Ubicación:	Barrio "El Polvorí", Barcelona, España.
Fecha de construcción:	2005.
Sistema constructivo:	Hormigón prefabricado.
Tipología de uso:	Residencial, 112 viviendas.
Tiempo de ejecución:	-
Tipo de ejecución:	Mixto, por módulos y paneles.
Grado de finalización:	Los paneles y módulos llegan sin acabados y sin instalaciones.
Estructura adicional:	Se emplea una estructura de pilares y vigas de hormigón prefabricado, en las que apoyan los forjados, paneles y módulos.
Nivel de humedad:	Totalmente seco.

Consta de un conjunto de ocho bloques de viviendas ejecutados por medio del sistema constructivo de hormigón prefabricado. El elemento clave del sistema es el módulo tridimensional, el cual configura estructuralmente el núcleo rígido del edificio, aportando hiperestaticidad a la estructura y funcionalmente alberga los espacios que requieren de instalación de agua como baños y cocinas. Estos módulos se construyeron por medio de unos moldes existentes y adaptados, por lo que la relación arquitecto-industrial fue totalmente necesaria. En obra, un solo equipo de montaje, compuesto en la partida de estructura y panel de fachada, por un oficial, dos peones y una grúa móvil, autónoma y de gran tonelaje, desapareciendo encofradores, herreros, etc. Al ser un sistema de montaje seco, no existieron residuos, y fue una obra limpia.

Bibliografía:

La arquitectura residencial como una realidad industrial. Tres ejemplos recientes. F. Pich-Aguilera, T. Batlle, P. Casaldàliga.

5.5 Estructura Prefabricada

Edificio Industrial compuesto por 17 pabellones, en el polígono Larramendi de Bergara






Ingeniería:	IMARA Ingeniería y arquitectura.
Empresa:	Sprilur, S.A.
Ubicación:	Bergara (Gipuzkoa).
Fecha de construcción:	septiembre de 2018.
Sistema constructivo:	Estructura y cerramientos de Hormigón prefabricado.
Tipología de uso:	Industrial.
Tiempo de ejecución:	12 meses.
Tipo de ejecución:	Prefabricada.
Grado de finalización:	La estructura y los paneles de fachada, vienen a obra totalmente terminados.
Estructura adicional:	No requiere.
Nivel de humedad:	Salvo la cimentación, el resto es obra seca.

El edificio industrial es morfológicamente rectangular y susceptible de dividirse en un total de 17 módulos. Su perfil edificatorio es de Planta Baja + 1 Entreplanta (PB+1 EP) con 20% de aprovechamiento de entreplantas.

En el diseño del edificio se ha procurado la utilización en lo máximo posible de productos de construcción industrializados y prefabricados para la sencillez constructiva y reducción de costes.

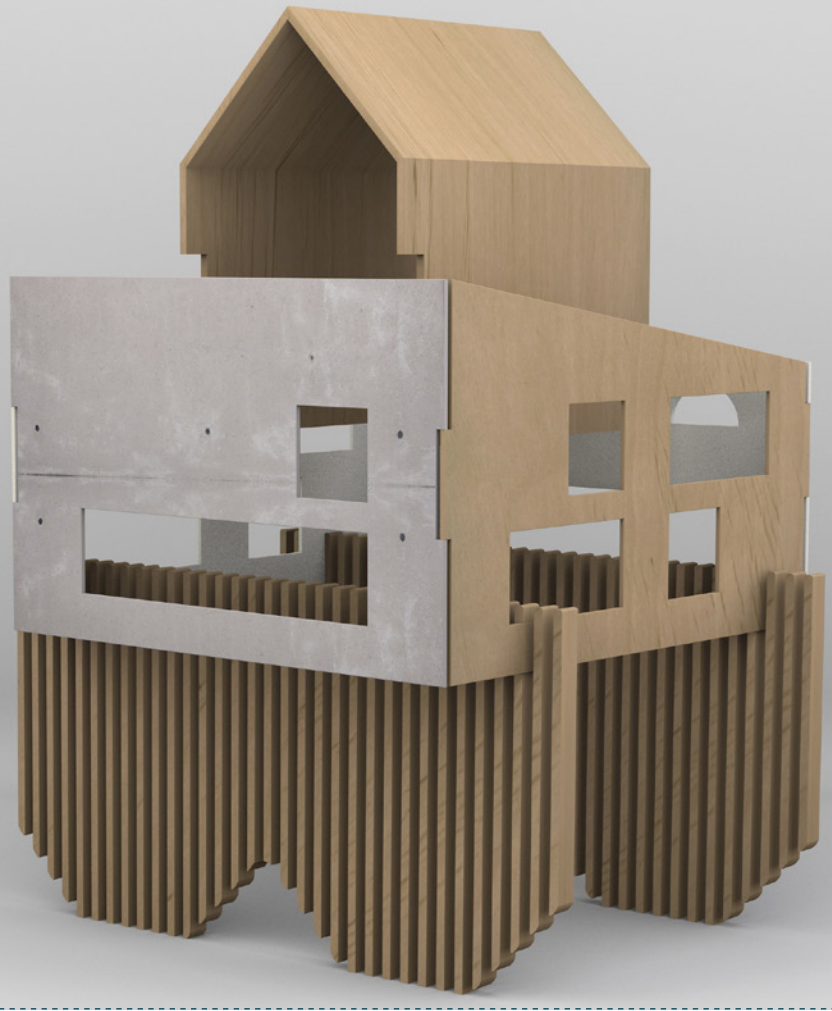
Se realiza la colocación de pilares prefabricados con hormigón armado HA-30 color gris y acabado superficial liso, con cajeo para medianeras. La estructura se ha calculado teniendo en cuenta las cargas correspondientes a grúas de 10 Tn.

La estructura del edificio industrial está formada por estructura prefabricada de hormigón armado, disponiendo de pilares de 50x50. Se han diseñado vigas de cubierta tipo T invertida de ancho total 100 cm y canto total 70 cm y se han colocado las correas de cubierta prefabricadas tipo vigueta pretensada VTF entre las vigas de cubierta.

Los cerramientos exteriores de fachadas se caracterizan por la sencillez constructiva. Se resuelven mediante panel prefabricado de hormigón de 20 cm de espesor aligerado con 10 cm de poliestireno expandido en su totalidad y se coloca además chapa de acero modelo Eclectic, soportada mediante omegas galvanizadas en la parte superior del edificio industrial para que proteja la fachada prefabricada de hormigón en la parte superior. Se ha diseñado con estos materiales para que el desarrollo estético sea compatible con el ámbito y su fácil mantenimiento.

Se optimizan los módulos para un nivel de riesgo medio respecto del reglamento de protección contra incendios en edificios industriales. Para dejar resuelto el tema de la sectorización se han colocan vigas de 1 m de ancho en las medianerías laterales y en la medianería central de los módulos, dejando resuelto el tema de las franjas corta fuegos.

8 CONCLUSIONES



Tras el estudio realizado en el presente documento, esta sección pretende, a modo de conclusión, identificar los aspectos por los que se considera que la construcción industrializada va a tener definitivamente una presencia relevante y creciente en el sector de la construcción. La construcción industrializada se nos presenta como una oportunidad de reconversión del sector que permita engranar la variable económica, ambiental y social.

Con ese objetivo se recogen en el siguiente punto 9.1, una serie de argumentos que permiten postular que la construcción industrializada debería ser el camino a seguir en el presente y con más justificación todavía en el futuro. En el punto 9.2 se realiza una propuesta de iniciativas a realizar para que Euskadi lidere la reconversión del sector de la construcción y se convierta en un referente.

8.1 Mayor Protagonismo de la construcción industrializada

Se estima que la construcción industrializada va a ir teniendo un protagonismo mayor en el futuro cercano de la construcción, y se prevé que puede llegar incluso a superar a la construcción convencional. Los distintos aspectos que van a potenciar su impulso son:

— **Reducción de Impactos ambientales de la construcción**. Tal y como se adelantaba en la introducción de esta guía, la normativa lleva a un escenario de reducción sustancial de los **residuos generados** durante la construcción de un edificio, de construcción de edificios de **bajo impacto ambiental**, y de utilización de materiales basados en la **economía circular**. Hay que significar que la construcción industrializada, al revolucionar el proceso productivo, **es la única oportunidad de progresar de manera disruptiva** dentro de la construcción en la pirámide de gestión de residuos, y concretamente en la prevención.

  Además de todo esto, el fin de vida del edificio va a estar cada vez más presente en los diseños, y la construcción industrializada va a permitir un mayor grado de reutilización al facilitar la custodia de la calidad de los componentes, de reciclaje y de transformación del edificio en esta etapa de su ciclo de vida.

  Se considera que todos estos aspectos se irán incorporando al sector de la construcción como exigencias para las futuras edificaciones mediante normativas o iniciativas como la implantación de la responsabilidad ampliada del productor en el sector de la construcción, o la implantación desde la Unión Europea de la Huella Ambiental de los Edificios, impulsando así los procesos industrializados.

— **Factibilidad. La construcción industrializada es factible hoy y lo será más en el futuro:**
La construcción industrializada resulta un sistema factible y maduro en cuanto a que se cuenta con la **técnica, conocimiento y experiencia** suficiente para llevarse a cabo. Es cierto que sería necesario desarrollar e investigar más, y que cuantas mayores experiencias, investigaciones, e inversiones se realicen en este tipo de construcción, mayores grados de eficiencia y factibilidad se irán alcanzando.

  Este statu quo se demuestra con los múltiples edificios realizados de variada tipología, recogidos varios de ellos en la sección 8 de "Casos Prácticos" de este documento.

  En cualquier caso **la construcción industrializada es a día de hoy, un sistema factible** y planteable en muchas ocasiones. Además, las **prospectivas de implantación**, atendiendo a los argumentos expuestos en el anterior punto, **será, seguro, más factible en el futuro cercano por la digitalización del sector y la evolución de los propios materiales y normativas**.

— **Fiabilidad. La construcción industrializada es más fiable para cumplir los precios y plazos comprometidos.** Tal y como se expone en el apartado "3 Estudios Económicos e Innovación" de este documento, alrededor de un 60% de las construcciones (en el Reino Unido) **no cumplen con sus plazos ni precios marcados al inicio del proyecto**. Este hecho genera una **importante incertidumbre** en cualquier proyecto de **construcción convencional**, afectando significativamente a su fiabilidad. La construcción industrializada, sin embargo, mucho más cercana a los procesos y controles industriales, proporciona mucha mayor fiabilidad y menor incertidumbre a los proyectos de construcción.

— **Digitalización y robotización de la industria**. En un mercado global, en el que se compite con grandes fabricantes de todo el mundo, Europa apuesta por la fabricación de productos de calidad y de valor añadido. Por ello hay una clara tendencia hacia la modernización de las fábricas mediante procesos de **automatización y robotización**, unido a la **digitalización** y al uso del llamado **BIG**

DATA en la industria. El sector de la construcción va a ir integrando sistemas de digitalización, como los que proporcionan los **sistemas BIM**, que simplificará y hará más eficiente las construcciones en un futuro próximo. La construcción industrializada tiene claras sinergias con la informatización del sector de la construcción y la modernización de la industria.

— **Condiciones laborales y seguridad en el trabajo**. En el apartado 3 "Estudios Económicos e Innovación" de este documento, se refleja cómo la productividad de la construcción lleva más de 20 años estancada, y sólo ha crecido un 1% en los últimos 80 años. La precariedad laboral del sector, **basada en la baja calidad de la mano de obra**, resulta evidente. Existiendo en Euskadi un tejido industrial de alto nivel, que demuestra una capacidad competitiva y empresarial en el ámbito mundial, tanto en el sector aeronáutico, naval, o automoción, éste debe servir de referencia para la **reconversión del sector de la construcción**. La construcción industrializada influye directamente en la estructura del mercado de trabajo en el sector, generando empleo de mayor valor añadido y revalorizándolo socialmente. Es preciso recalcar las implicaciones marcadamente positivas en la seguridad, aspecto sin duda frecuentemente deficitario en las obras y que con este enfoque se ve radicalmente minimizado.

8.2 Crear un entorno referente en construcción industrializada

La construcción de edificios y ciudades deja una impronta en el paisaje urbano o rural que perdura durante muchas décadas o incluso generaciones. Por ser su impacto en el entorno natural o urbano enorme, y por perdurar durante tanto tiempo, no se debería permitir que su ejecución se rigiera única y exclusivamente por parámetros económicos a corto plazo, sino que debería tener un enfoque mucho más global e integrado.

En esta línea y siguiendo con la argumentación de este trabajo, en el que se remarca la importancia que va a ir adquiriendo el concepto de la huella ambiental de los edificios y su ciclo de vida completo, se aportan a continuación una serie de **líneas de acción** para la transformación del sector hacia modos de producción más acorde a los tiempos actuales.

— **Mayor desarrollo técnico e investigador** para la construcción industrializada. Parece que el primer punto debe ser crear mayor conocimiento sobre un proyecto de construcción industrializada. Es cierto que existen empresas en Euskadi, incluso algunas de nivel internacional, que ofrecen productos y sistemas industrializados, que investigan en futuros productos, y que han ejecutado construcciones industrializadas en Euskadi. Sin embargo, sería conveniente una mayor conexión con todos los agentes de la cadena de valor de un edificio: es decir tanto el promotor, como el diseñador, como el fabricante y el cliente, deberían trabajar conjuntamente para desarrollar y difundir el conocimiento necesario para una buena práctica de una obra industrializada.

  Para ello se propone que se deberían destinar **nuevos programas de ayuda**, como pueden ser los actuales programas Eraikal, o Hazitek, pero con mayor intensidad, para unir principalmente al agente industrial y al diseñador. Para de una manera colaborativa ir creando conocimiento y desarrollo de sistemas para integrarlos en proyectos concretos.

— **Mayor inversión en I+D en construcción**. Tal y como se ha reflejado en el apartado 3 de este documento, la inversión en I+D en construcción es totalmente residual. Mientras las empresas centran su investigación en el sector industrial y de servicios, la construcción no llega ni al 2% de la inversión en I+D. Se ha reflejado también en el documento que el País Vasco cuenta con un entrono apropiado para la investigación, con la red de parque tecnológicos existentes, las universidades, el

tejido industrial, etc. Además, cada vez más indicadores llevan a la necesidad de desarrollar nuevas formas de construcción: la robotización, digitalización, impresión en 3D, reciclabilidad y reutilización de materiales, etc. Por lo que la transformación del sector de la construcción artesanal actual, hacia una construcción industrializada debe ir inevitablemente acompañada de una mayor inversión en I+D de construcción que garantice la eficiencia de los sistemas industrializados.

— **Licitaciones orientadas a la construcción industrializada**. Las licitaciones actuales siguen el parámetro de la construcción tradicional in situ, desde el propio esquema desglosado en el diseño por un lado (proyecto de ejecución) y obra por otro (contratista). Sin embargo, las licitaciones que mejor se adaptarían al esquema de la construcción industrializada sería la licitación de proyecto más obra, ya que se garantizaría que el diseñador-arquitecto conoce el sistema industrializado propuesto desde el diseño del proyecto de ejecución, y se evitarían los ajustes posteriores necesarios para que coincida el diseño con el sistema constructivo del proveedor. Es cierto que una de las barreras para este tipo de licitaciones es que no sea suficientemente abierto el concurso para que se presenten un número mínimo de equipos. Pero precisamente si se orientan así las licitaciones, se daría lugar cada vez más sinergias a través equipos de industriales + diseñadores, de cara a responder más eficazmente a las mismas.

— **Incluir la construcción industrializada en el nuevo impulso de la 3ª transformación industrial del País Vasco**. Es clara la apuesta del País Vasco por la modernización del tejido industrial vasco, reflejado principalmente en la estrategia Basque Industry 4.0. en la que también se incluye la Construcción 4.0 pero de forma residual. La construcción industrializada debe materializarse también en otras como la de la Economía Circular, la Bioeconomía, la digitalización y robotización de la industria, las aplicaciones BIM y Big Data, etc. Siempre se pone de ejemplo la fabricación de vehículos, donde con 3 o 4 chasis de base se realizan todos los diferentes diseños de vehículos del mercado, añadiéndoles diferentes piezas a la misma base. Quizás la construcción industrializada deba seguir el mismo ejemplo creando edificios mediante piezas sistematizadas tipo LEGO, o quizás deba desarrollar su propio sistema de industrialización. Lo que parece claro es que la nueva era industrial que se está visualizando en el País Vasco, debería incluir al sector de la construcción para impulsarlo hacia su transformación definitiva.

— **Ecodiseño en las nuevas propuestas de materiales.** Una de las preocupaciones crecientes en cuanto a los nuevos materiales que están destinados a coadyuvar en la industrialización es el de conseguir la máxima reciclabilidad y excelencia en su ciclo de vida. En este sentido es preciso orientar, formar y convencer a los fabricantes de materiales, en especial los denominados composites, para que tengan en consideración el ecodiseño desde la propia concepción de sus propuestas y de esa manera no generar opciones imposibles de reintegrar en los ciclos productivos.

— **Adecuación de los curricula formativos**. La cadena de valor de la construcción requiere la integración de muy diversas capas profesionales. Lo postulado en este trabajo requiere de una urgente adquisición de nuevos contenidos a muchos niveles en todas las programaciones formativas relacionadas con la construcción.

8.3 Apuesta por la construcción industrializada en madera

La construcción industrializada aparece como un vector fundamental en la transformación definitiva del sector. Desde las **nuevas variables legales** que parece irán llegando (principalmente desde el punto de vista de **nuevas exigencias medioambientales**), pasando por las **aspectos económicos** (teniendo en cuenta todo el coste del ciclo de vida del edificio), considerando también la **influencia social** que tiene la construcción industrializada con respecto a la convencional (en cuanto a la calidad del trabajo, y las condiciones de seguridad), todo parece indicar que la construcción industrializada revalorizará socialmente el sector.

Tras lo argumentado, tanto a lo largo de este documento, como en esta sección de las conclusiones, se identifica a la **construcción industrializada en base a madera** como la opción óptima en Euskadi y que más futuro representa en el sector de la construcción.

Por tanto, sin desdeñar la importancia del resto de opciones, se considera que la madera es el material que mejor responde a las características del futuro de la construcción analizadas en este estudio. Existe además un auge internacional por recuperar a la madera como el material de construcción del siglo XXI. Los avances tecnológicos acaecidos en el sector, principalmente con la aparición de los paneles contralaminados, y las oportunidades que ello representa para los diseños de los nuevos edificios, incluso en altura, hace que la madera se posicione en un lugar privilegiado para afrontar los retos de la construcción del futuro.

Euskadi cuenta, además, con varias empresas referentes en el sector, además de otras que son proveedores de sistemas en base a madera. Por tanto, se considera necesario un esfuerzo de especialización en los diferentes sistemas de construcción industrializada en madera. Es preciso también el apoyo inversor público y privado, proyectos de investigación, desarrollo de nuevos productos, ejecución de proyectos innovadores en madera, etc., que permitan desarrollar el conocimiento necesario para ello.

Se trata, en definitiva, de convertir a Euskadi en un referente en la construcción industrializada en madera, por supuesto con una estrategia que implique y conjugue la exquisita conservación de los ecosistemas de los cuales se extrae esa materia prima.

Claves de futuro





EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO

ihobe
ingurumen hobekuntza
mejora ambiental

Sprilur

visesa

Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitatea