



CURSO/GUÍA PRÁCTICA DE EDIFICACIÓN INDUSTRIALIZADA/ CONSTRUCCIÓN FUERA DE OBRA

**Industrialización
de la construcción / edificación.
Prefabricación**





Índice

¿QUÉ APRENDERÁ?	30
Introducción	31
La construcción fuera de obra (off site construction)	31
La construcción de estructuras prefabricadas	32
La construcción modular	32
TÉCNICAS INDUSTRIALES MODERNAS	32
Ahorrar tiempo	33
Mejor calidad.	33
Costes más bajos.	33
Ambiente de trabajo mejorado.	33
Impacto ambiental reducido.	34
BARRERAS A LA EDIFICACIÓN INDUSTRIALIZADA	34
Un problema de imagen.	34
Inflexibilidad y diseño uniforme.	34
Regulación y códigos locales de construcción.	34
Aversión al riesgo.	35
ROMPER LAS BARRERAS	35
Escasez de profesionales de la construcción.	35
El BIM. La revolución tecnológica de la construcción.	36
Inversión social en vivienda	36
LOS MERCADOS Y LAS PERSPECTIVAS	36
IMPLICACIONES ESTRATÉGICAS	37
Contratistas Generales	38
Los fabricantes de materiales de construcción	38
Los arquitectos e ingenieros	39
Los promotores inmobiliarios y los inversores inmobiliarios	39
PRELIMINAR	40
Edificación industrializada y construcción modular en 19 preguntas y respuestas.	40
1. ¿Qué es la edificación industrializada?	40
a. Concepto de edificación industrializada.	40
b. ¿Qué significa la llegada de la edificación industrializada para la constructora tradicional?	41
c. Transformación tecnológica del proceso constructivo	41
d. Reducción del plazo de ejecución de la obra	42
e. El clima ya no afecta la construcción.	42
f. Menos accidentes de trabajo	42
g. Mayor sostenibilidad del proyecto y menos residuos.	42
2. ¿Qué hacer para mejorar la productividad de la construcción?	42
3. ¿La investigación y el desarrollo (I + D) en la construcción impone la edificación industrializada?	43
a. Los edificios están tan automatizados y complicados que se están convirtiendo en máquinas	43
b. Relación de la industria de la construcción con la automovilística.	44
c. El diseño arquitectónico frente a la uniformidad del prefabricado	45
4. ¿Qué significa que estamos evolucionando de un sistema constructivo "tradicional" a uno industrializado?	46
a. Convergencia de la industrialización y la tecnología para conducirnos a un estado de Edificación industrializada.	46
b. Diseño reutilizable. Actualmente cada cada proyecto requiere un diseño "nuevo".	46
c. Componentes estándar de la edificación o kit de piezas básicas prefabricadas.	47
d. Ventajas de una fábrica frente a una obra.	48
5. ¿Cuáles son los procesos de construcción fuera de obra (Off-site construction)?	49



a. Concepto de construcción fuera de obra (Off-site construction)	49
b. Planificación, diseño, fabricación, transporte de elementos de construcción fabricados y su ensamblaje en el lugar de la obra	50
c. Características de la construcción fuera del lugar de la obra	50
6. ¿Cuáles son los beneficios de la fabricación fuera del lugar de la obra?	51
a. Mayor calidad y consistencia. BIM.	51
b. Ventajas laborales	51
c. Menos desperdicio	51
d. Reducción de los plazos de ejecución de obra	52
e. Menos interrupciones	52
7. ¿Cuáles son las desventajas de la fabricación fuera del lugar de la obra?	52
a. La construcción fuera de obra debe estar integrada en el proyecto y planificada.	52
b. Transporte de materiales al sitio de obra	52
c. Acceso al sitio de obra	53
d. Precio	53
e. Consideraciones legales	53
Propiedad y pago de prefabricados	53
Riesgo	53
Monitoreo, prueba e inspección	54
Garantías colaterales	54
Interconexión y coordinación	54
8. ¿Cuáles son los tipos de construcción fuera de obra?	54
a. Construcción volumétrica	54
Construcción modular	55
Construcción de prefabricados	55
b. Construcción híbrida o semivolumétrica.	55
c. Construcción con paneles	56
9. ¿Qué es la construcción modular volumétrica prefabricada?	57
a. Concepto de construcción modular volumétrica prefabricada	57
b. Módulos edificatorios prefabricados	57
c. Ventajas de la construcción volumétrica	57
Plazos de entrega más cortos y progreso más rápido en el proceso constructivo.	57
Mayor calidad y consistencia general	58
Mejor control presupuestario de la obra	58
Mayor eficiencia en recursos y respeto con el medio ambiente a largo plazo	59
d. Desventajas y cuestiones a considerar con la construcción modular volumétrica	59
La necesidad de una planificación logística más rigurosa	59
Falta de flexibilidad a mitad del proyecto en el diseño modular	60
Consecuencias a corto y largo plazo de la construcción volumétrica	60
10. ¿Qué ventajas conlleva la construcción modular?	61
a. Mayor flexibilidad y reutilización	61
b. Menos desperdicio de material	61
c. Calidad del aire mejorada	61
d. Plazos de ejecución de obra mejorados	61
e. Ajuste a los estándares técnicos de los códigos constructivos.	62
f. Construcción más segura	62
g. Oportunidades de diseño ilimitadas	62
h. Mayor fortaleza estructural	62
i. Ventajas urbanísticas durante la obra	63
11. ¿Cuáles son las clases de construcción modular?	63
a. Construcción modular permanente (PMC)	63
b. Edificios reubicables	63
12. ¿Cuáles son las razones por las que la construcción modular es más sostenible que la construcción tradicional?	64
a. Los edificios modulares se fabrican en entornos controlados	64
b. Los edificios modulares suelen ser reciclables	65



c. La construcción fuera del lugar de la obra consume menos energía	65
d. Una construcción modular se puede construir exactamente con los mismos estándares que los tradicionales.	65
13. ¿Cuánto duran los edificios modulares?	66
a. Mantenimiento adecuado	66
b. Factores que aumentan la durabilidad de las estructuras modulares	66
14. ¿Cuál es el proceso de construcción de edificios modulares?	68
Etapa 1: Diseño / ingeniería	68
Etapa 2: aprobación del diseño	68
Etapa 3: Preparación de la base en casos de instalación directa.	68
Etapa 3: Construcción de módulos en fábrica	69
Etapa 4: Transporte de módulos al sitio	69
Etapa 5: Instalación de unidades modulares	70
Etapa 6: restauración del lugar de la obra	70
15. ¿Qué es el sistema de subconjuntos y accesorios prefabricados?	71
16. ¿Cuáles son los Métodos modernos de construcción (MMC) que aportan los prefabricados de hormigón?	71
a. Sistema de panel plano prefabricado	71
b. Construcción volumétrica modular 3D	72
c. Encofrado en forma de túnel	72
d. Forjados planos	72
e. Construcción de hormigón híbrido	73
f. Mampostería de juntas finas	73
g. Encofrado de hormigón aislante	73
h. Cimientos prefabricados	74
17. ¿Por qué utilizar BIM en la construcción modular e industrializada?	74
18. ¿Cuáles son las ventajas de utilizar BIM en la construcción modular?	76
a. BIM mejora la planificación de la construcción modular.	76
Representación visual	76
Simulación	77
Detección de problemas	77
b. Rendimiento de programación mejorado por BIM	77
c. Costes de construcción minimizados	77
d. Calidad del proyecto mejorada	78
19. ¿Cómo se aplica el BIM a la construcción modular?	78
a. El BIM integra todo el proceso de Construcción Modular basada en la producción, ejecución y desarrollo de paneles prefabricados.	78
b. Mejora el flujo de comunicación entre los participantes del proyecto y mejora el proceso de diseño y construcción.	78
c. BIM facilita la fabricación y los planos de los componentes en menos tiempo y con precisión para el proyecto de construcción.	78
d. El control sobre el producto final es mayor con la llegada de la tecnología BIM.	78
e. Colaboración BIM en Construcción Modular	79
PARTE PRIMERA.	80
Introducción a la Edificación Industrializada y la Construcción Modular.	80
Capítulo 1. Introducción a la Edificación Industrializada y la Construcción Modular.	80
1. Evolución y contexto histórico	80
2. Definiciones clave	81
Edificación Industrializada	81
Construcción Modular	81
Prefabricación	81



3. Ventajas y desafíos de la construcción industrializada	81
a. Ventajas	81
b. Desafíos	82
Capítulo 2. Principios de la Edificación Industrializada	83
1. Modularidad	83
2. Estandarización	83
3. Optimización de procesos	84
4. Integración de tecnologías	84
Capítulo 3. Materiales y Técnicas	86
1. Elección de materiales	86
a. Hormigón premezclado	86
b. Estructuras de acero	86
c. Compuestos y polímeros avanzados	87
2. Técnicas de ensamblaje	87
a. Uniones mecanizadas	87
b. Uniones adhesivas	88
c. Técnicas híbridas	88
Capítulo 4. Procesos de Fabricación	89
1. Diseño asistido por computadora (CAD)	89
2. Fabricación asistida por computadora (CAM)	89
3. Control de calidad y pruebas	90
Capítulo 5. Logística y Transporte	91
1. Planificación	91
2. Embalaje y almacenamiento	91
3. Transporte	92
4. Instalación en sitio	92
5. La paquetización e industrialización	93
Industrialización de baños y cocinas	94
Elementos de fachada pre-construidos	94
Estructuras prefabricadas	94
Instalaciones eléctricas y de climatización HVAC	94
Construcción modular	94
Capítulo 6. Casos Prácticos iniciales de la edificación industrializada.	95
1. Viviendas unifamiliares	95
2. Edificios multifamiliares	95
3. Espacios comerciales y oficinas	96
4. Instalaciones industriales	96
5. Infraestructuras urbanas y públicas	96
Capítulo 7. Integración de Sistemas	97
1. Eléctrico	97
2. Fontanería	97
3. Ventilación y climatización	98



Capítulo 8. Sostenibilidad y Eficiencia	99
1. Diseño pasivo	99
2. Materiales sostenibles	99
3. Reciclaje y reutilización	100
4. Certificaciones y normativas	100
Capítulo 9. Innovación y Tendencias Futuras	101
1. Automatización y robótica	101
2. Impresión 3D en la construcción	101
3. Realidad virtual y aumentada	102
Capítulo 10. Aspectos Económicos y de Mercado	103
1. Análisis de costes	103
2. Viabilidad económica	103
3. Mercados emergentes	104
Capítulo 11. Aspectos Legales y Normativos	105
1. Licencias y permisos	105
2. Normativas internacionales	105
3. Casos de estudio	106
Capítulo 12. Conclusiones y Recomendaciones	107
1. Conclusiones	107
Adaptabilidad de la Edificación Industrializada	107
Ahorro y Eficiencia	107
Innovación en Ascenso	107
Desafíos Legales y Normativos	107
Globalización del Sector	108
2. Recomendaciones	108
Formación Continua	108
Enfoque Sostenible	108
Colaboración Interdisciplinaria	108
Investigación y Desarrollo	108
Preparación Legal	108
Atención al Cliente	109
PARTE SEGUNDA	110
Historia de la industrialización de la construcción / edificación.	110
Capítulo 13. Historia de la industrialización de la edificación (desde Le Corbusier a Torroja)	110
1. Le Corbusier: maquinas de vivir: viviendas industrializadas como Ford.	110
2. Coste de construir coches: baja, viviendas: sube.	112
3. Eduardo Torroja: la necesidad de viviendas económicas.	113
4. Inicios de la prefabricación de viviendas (Estados Unidos, Francia y Alemania).	114
Capítulo 14. La reconversión industrial del sector de la construcción / edificación.	117
1. La reconversión industrial del sector de la construcción / edificación.	117



2. Mano de obra cualificada y menos accidentes laborales.	118
Especialización de la mano de obra	118
Mayor valor añadido	118
Mejores condiciones de trabajo	118
Control de calidad	119
Menos accidentes laborales	119
Eficiencia en tiempo	119
Formación más eficiente	119
3. Desaparecen los "imprevistos" de la obra.	120
Diseño más detallado	120
Procesos estandarizados	120
Entorno controlado	120
Uso de tecnologías avanzadas	120
Mejora de la coordinación	121
Pruebas y prototipos	121
Control de calidad	121
4. Ahorro en transporte y almacenaje en obra.	121
Producción centralizada	121
Reducción de materiales en obra	122
Logística optimizada	122
Menos desperdicio	122
Mayor previsibilidad	122
Optimización del espacio	122
Reducción de congestión	122
5. Mejora medioambiental. Gestión de residuos.	123
Producción controlada	123
Diseño para fabricación	123
Minimización de residuos en obra	123
Menos embalajes	123
Reciclaje y reutilización	123
Gestión centralizada de residuos	124
Huella de carbono reducida	124
Materiales sostenibles	124
Capítulo 15. La diferencia entre industrialización y prefabricación.	125
1. La diferencia entre industrialización y prefabricación.	125
a. Prefabricación	125
b. Industrialización	125
c. Diferencias clave	126
Alcance	126
Enfoque	126
Proceso	126
Objetivo	126
2. La industrialización es un proceso organización en la producción de edificios.	126
3. La prefabricación es la producción de elementos constructivos, una forma de manifestarse la industrialización.	127
4. Índice de industrialización	128
Capítulo 16. Ventajas y desventajas de la prefabricación edificatoria.	129
1. Ventajas	129
a. Calidad de los Materiales	129
b. Reducción en los Plazos de Ejecución	129
c. Reducción de Equipos de Obra	130
d. Mano de Obra Especializada	130
e. Reducción de Costes	130



2. Desventajas	130
a. Diseño de Viviendas Prefabricadas	130
Aspecto Estructural	130
b. Gastos de Transporte e Inversión Inicial	131
Manipulación y Transporte	131
Restricciones de Transporte	131
Personal Capacitado	131
c. Aspecto Económico-Financiero	131
Inversión Inicial	131
Equipos Pesados	131
d. Proceso de Fabricación	131
Problemas de Resolución	131
Coordinación de Tareas	131
Capítulo 17. Críticas a la industrialización en el proceso constructivo.	133
1. Detractores de la industrialización en el proceso constructivo.	133
2. Es más caro edificar con productos industrializados que artesanalmente.	134
3. Industrialización componente (compatibilidad de módulos de distintas marcas).	136
PARTE TERCERA.	138
Industrialización de la construcción.	138
Capítulo 18. Industrialización de la construcción y prefabricados para la edificación.	138
1. Industrialización de las construcciones y prefabricación en la edificación.	138
2. Sistemas constructivos industrializados.	139
a. Industrialización Cerrada	139
b. Sistema Abierto de Edificación ("Open System Building")	140
c. Modelos Previsibles de la Futura "Industrialización Abierta"	141
3. Construcción modular.	141
a. Viviendas Prefabricadas Modulares	142
b. Sistemas Constructivos Sostenibles	142
4. I+D Investigación y desarrollo	143
a. Nuevos Materiales	143
Espumas Rígidas	143
Morteros Minerales	143
Sistema Integral de Aislamiento Bioclimático (S.A.B.I.O.)	144
Aislamientos Naturales	144
Pinturas Ecológicas	144
Bambú	144
b. Ciclo de Vida de los Materiales	144
c. Robotización en la Construcción	144
Ensamblaje de Estructuras	144
Colocación de Falsos Techos y Revestimientos	144
Demolición y Reciclaje	145
Automatización en la Prefabricación	145
d. Tendencias Futuras	145
5. Caso Práctico: Innovaciones en la Edificación Prefabricada	145
a. Sistemas constructivos industrializados.	146
Industrialización cerrada	146
Sistema abierto de edificación ("open system building")	146
b. Construcción modular.	146
Viviendas prefabricadas modulares:	146
Sistemas constructivos sostenibles	146
c. I+D Investigación y desarrollo.	147



Nuevos materiales	147
Robótica en la industrialización de la edificación. Robotización:	147
d. Institutos, centros y asociaciones de investigación:	147

6. Caso Práctico El Proyecto Modular de Edificios de Oficinas 147

a. Desafíos enfrentados	149
Percepción del mercado	149
Normativas y códigos de construcción	149
Logística y transporte	149
Integración con sistemas tradicionales	149
b. Oportunidades aprovechadas	150
Eficiencia en costes	150
Sostenibilidad	150
Rapidez en la entrega	150
Innovación tecnológica	150

Capítulo 19. Programa Europeo de Investigación, para la modernización del Sector de la Edificación. 151

1. Incorporar procesos sistematizados de diseño a sistemas industrializados de construcción de viviendas de industrialización abierta. 151

a. Objetivos Principales	151
Desarrollo de un Sistema Integrado	151
Industrialización Abierta	151
Coordinación Dimensional y Modular	152
Intercambiabilidad de Componentes y Compatibilidad de Juntas	152
Clasificación y Catalogación de Tipologías y Procedimientos Constructivos	152
b. Requisitos Generales para la Implantación Eficaz de la Industrialización de la Vivienda	152
Convenios de Coordinación Dimensional y Modular	152
Experiencia en Diseño Modular	152
Convenios de Intercambiabilidad y Compatibilidad	152
Desarrollo de Conexiones Eficaces	152
Clasificación y Catalogación	153

2. Herramientas informáticas 153

a. Diseño y Planificación	153
Modelado BIM (Building Information Modeling)	153
CAD (Computer-Aided Design)	153
b. Colaboración y Coordinación	153
Plataformas de Colaboración	153
Gestión de Proyectos	154
c. Industrialización y Prefabricación	154
Automatización y Control de Procesos	154
Simulación y Optimización	154
c. Análisis y Evaluación	154
Análisis Energético	154
Evaluación de Ciclo de Vida	154
d. Interoperabilidad	154
Formatos Estándar (IFC, STEP, etc.)	154

3. Construcción en seco. No agua en el tajo. 155

a. Construcción en Seco: Optimización del Proceso y Guía Práctica	155
b. Optimización del Proceso de Diseño y Construcción:	155
Selección de Materiales y Componentes	155
Modelado BIM y CAD	155
Integración de Fijaciones en Seco	155
Estandarización y Modularidad	155
c. Guía Práctica para Proyectistas y Constructores:	156
Especificaciones de Materiales	156
Detalles de Diseño	156
Instrucciones de Montaje	156
Consideraciones de Seguridad	156



Recomendaciones de Mantenimiento	156
d. Beneficios de la Construcción en Seco	156
Reducción del Tiempo de Construcción	156
Menos Residuos	156
Mayor Precisión	156
Menor Consumo de Agua	157
Menores Costes	157
4. Obras rápidas y baratas sin almacenaje.	157
Industrialización en Factorías	157
Reducción de Mano de Obra en Obra	157
Convenios Universales y Soluciones Técnicas	158
Construcción en Seco y Sin Agua	158
Optimización del Diseño	158
Eliminación de Almacenaje en Obra	158
Mejora en Seguridad	158
Reducción de Tiempo de Estancia	158
5. Estandarizar la producción de elementos edificatorios.	159
a. Análisis y Recopilación	159
b. Simulación y Eficiencia	159
c. Requisitos Generales y Convenios	159
d. Clasificación y Catálogo	159
e. Herramientas Informáticas de Diseño	160
f. Construcción en Seco	160
Capítulo 20. Robótica e industria de la edificación.	161
1. Edificación cristalera y cerámica.	161
a. Automatización de Máquinas y Procesos	161
b. Transporte y Almacenamiento	161
c. Control de Calidad con Visión Artificial	161
d. Robótica y Automatización en el Horno	162
e. Empaquetado y Etiquetado Automatizado	162
2. Viviendas prefabricadas.	162
a. Ventajas de las Viviendas Prefabricadas	162
Eficiencia de Tiempo	162
Calidad Controlada	163
Reducción de Residuos	163
Innovación en Diseño	163
Menor Impacto en el Entorno	163
Eficiencia Energética	163
b. Automatización en la Construcción Prefabricada:	163
Producción de Componentes	163
Montaje de Módulos	163
Control de Calidad	164
Transporte y Montaje	164
Interconexión de Datos	164
3. Robótica en obra civil. Maquinaria pesada para infraestructuras.	164
a. Construcción de Carreteras	164
b. Construcción de Túneles	164
c. Inspección de Infraestructuras	165
d. Ventajas de la Robótica en Obra Civil	165
4. Robótica en la edificación. Sistema automatizado de edificación. Robots de ensamblaje edificatorio.	166
a. Sistema Automatizado de Edificación	166
Factorías Automatizadas	166
Elevación Modular	166
Robots de Soldadura y Compactación	166
b. Robots de Ensamblaje en Edificios Residenciales	166



Ensamblado de Paredes _____	166
Acabados Interiores _____	166
c. Construcción Modular y Prefabricación _____	167
Construcción Modular _____	167
Estándar y Eficiencia _____	167
Reducción de Costes y Tiempo _____	167
5. Robótica edificatoria, automatización y domótica. _____	167
a. Domótica - Automatización Residencial _____	167
Gestión Energética _____	168
Automatización de Tareas _____	168
Seguridad _____	168
Conectividad _____	168
Adaptabilidad _____	168
b. Robótica Edificatoria _____	168
Ensamblaje y Construcción _____	168
Mantenimiento _____	168
Detección de Fallos _____	169
Movilidad _____	169
6. Caso práctico de Robótica e industria de la edificación. _____	169
1. Edificación cristalera y cerámica _____	169
Desafío: La instalación precisa y segura de grandes paneles de cristal y cerámica en rascacielos. _____	169
2. Viviendas prefabricadas _____	169
Desafío: Agilizar y mejorar la precisión en la construcción de viviendas prefabricadas. _____	169
3. Robótica en obra civil. Maquinaria pesada para infraestructuras _____	170
Desafío: Excavaciones y movimientos de tierra en grandes infraestructuras. _____	170
4. Robótica en la edificación. Sistema automatizado de edificación. Robots de ensamblaje edificatorio: _____	170
Desafío: Reducir la dependencia de la mano de obra manual en la construcción de edificios. _____	170
5. Robótica edificatoria, automatización y domótica: _____	170
Desafío: Integrar sistemas robóticos en edificios para mejorar la eficiencia energética y la comodidad del usuario. _____	170
PARTE CUARTA _____	172
Países líderes en prefabricación. _____	172
Capítulo 21. La industrialización edificatoria en los Países Escandinavos. ____	172
1. La vivienda prefabricada en los Países Escandinavos. _____	172
Clima y Condiciones Ambientales _____	172
Abundancia de Recursos Forestales y Uso de Madera _____	172
Apoyo Gubernamental y Financiamiento a la Investigación _____	173
Automatización y Uso de Tecnología CAD-CAM _____	173
Estándares de Calidad y Eficiencia Energética _____	173
Viviendas 3D y Modularidad _____	173
2. Las viviendas prefabricadas de Ikea y Skanska. _____	173
Proceso de Adquisición y Construcción Rápida _____	174
Colaboración entre IKEA y Skanska _____	174
Tipos de Viviendas _____	174
Objetivo de Accesibilidad y Diseño _____	174
Compromiso con la Sostenibilidad _____	174
Accesibilidad y Precios _____	174
Expansión Internacional _____	175
3. Las constructoras suecas tienen fábricas de "prefabricados de edificación". _____	175
Producción de Elementos en Fábricas Propias _____	175
Integración de Técnicas Avanzadas _____	175
Enfoque en Diseño Arquitectónico _____	176
Ventajas de Eficiencia y Calidad _____	176



Cumplimiento de Estándares	176
Capítulo 22. El pre ensamblaje de viviendas el Reino Unido.	177
1. "Re-thinking Construction" y el Enfoque en el Pre-ensamblaje	177
2. BRE Innovation Park y Prototipos de Viviendas	177
3. Inversiones en I+D+i y Pre-ensamblaje	177
4. Enfoque en el Ciclo de Vida y Sostenibilidad	178
Capítulo 23. La prefabricación en los Países Bajos.	179
1. Los Módulos Edificatorios de John N. Habraken	179
2. Programa IFD (Construcción Industrializada, Flexible y Desmontable)	179
3. Vivienda 'Variomatic' y Participación del Cliente	179
Capítulo 24. Estados Unidos y la prefabricación de viviendas.	181
1. Viviendas Prefabricadas Transportables	181
2. Experiencia 'Case Study House'	181
3. Programa 'Solar Decathlon'	181
4. Iniciativas de Museos y Exposiciones	182
5. Viviendas de Alta Calidad y Diseño Personalizado	182
Capítulo 25. La prefabricación de viviendas en Japón.	183
1. Fabricantes de Viviendas Prefabricadas	183
2. Calidad y Eficiencia Energética	183
3. Producción y Personalización	184
4. Domótica y Tecnología Automotriz	184
5. Método Toyota y Enfoque por Trozos	184
PARTE QUINTA.	185
El futuro: globalización y China.	185
Capítulo 26. Globalización e industrialización de la edificación (módulos de China).	185
1. Menos oficios, más especialización. Ingeniería unida a la arquitectura.	185
a. Cambio de Paradigma	185
b. Especialización y Colaboración	185
c. Integración de Ingeniería y Arquitectura	186
d. Interdisciplinariedad	186
e. Educación y Formación	186
f. Innovación y Desarrollo de Materiales	186
2. Industrialización 'pre-empaquetado' en fábrica y 'post-empaquetado' en obra.	186
a. Pre-Empaquetado en Fábrica	187
b. Post-Empaquetado en Obra	187
c. Importancia de la Coordinación	187
d. Reducción de Partes y Componentes	187
e. Aplicación en Proyectos Icónicos	187
f. Aprendizaje de la Industria Automotriz	188
3. Fabricación "on-site" y "off-site".	188
Fabricación "Off-Site"	188
Ventajas de la Fabricación "Off-Site"	188
Fabricación "On-Site"	189



Ventajas de la Fabricación "On-Site" _____	189
4. Exigencias medioambientales en la construcción industrial. _____	189
a. Reciclaje y Materiales Sostenibles _____	190
b. Eficiencia Energética _____	190
c. Diseño Bioclimático _____	190
d. Reducción de Emisiones _____	190
e. Construcción Modular y Prefabricación _____	190
f. Certificaciones Verdes _____	190
g. Consideración del Ciclo de Vida _____	191
5. Estética y masificación en la industrialización de la edificación. _____	191
a. Estética y Mass Customization _____	191
b. Ventajas de la Mass Customization _____	191
Eficiencia y Costes _____	191
Variedad y Personalización _____	192
Adaptabilidad _____	192
Innovación _____	192
Sostenibilidad _____	192
c. Equilibrio entre Estética y Eficiencia _____	192
PARTE SEXTA _____	193
La industrialización de la construcción en España. _____	193
Capítulo 27. I+D en España en el siglo XXI. _____	193
1. Planes de I+D para el sector más representativo del PIB español y que genera mayor empleo. _____	193
a. Construcción Sostenible y Eficiencia Energética _____	193
b. Industrialización de la Construcción _____	193
c. Digitalización y Tecnologías de la Información _____	194
d. Mejora de la Productividad y Calidad _____	194
e. Infraestructuras Inteligentes _____	194
f. Adaptación al Cambio Climático _____	194
g. Economía Circular en la Construcción _____	194
h. Formación y Capacitación _____	194
i. Colaboración Público-Privada _____	194
2. La edificación residencial es artesanal por los bajos costes de la mano de obra. _____	195
a. Estandarización y Modularidad _____	195
b. Tecnologías de Construcción Modernas _____	195
c. Capacitación y Formación _____	195
d. Educación y Conciencia _____	196
e. Incentivos Financieros _____	196
f. Colaboración Público-Privada _____	196
3. Accidentes laborales y cualificación profesional. _____	196
a. Accidentes Laborales _____	196
b. Productividad y Calidad _____	197
c. Formación Profesional _____	197
d. Certificaciones y Licencias _____	197
e. Incentivos y Reconocimiento _____	197
f. Participación de la Industria _____	197
4. Fomento de la investigación en las obras _____	198
a. Investigación en Obras y Desarrollo de Soluciones Innovadoras _____	198
b. Uso de Datos Correctos y Modelos de Cálculo _____	198
c. Apoyo en Todas las Fases _____	198
d. Base de Datos y Conocimiento Acumulado _____	198
e. Inversión en Desarrollo Tecnológico _____	199
5. Infraestructura tecnológica: laboratorios y centros de investigación vinculados al sector. _____	199



a. Laboratorios y Centros de Investigación	199
b. Experimentación y Resolución de Problemas	199
c. Investigación Dirigida al Sector	199
d. Comunicación y Colaboración Universidad-Empresa	200
6. Avances en elementos '3D' conformados por estructuras de acero.	200
a. Elementos '3D' Conformados por Estructuras de Acero	200
b. Viviendas Solares y Eficiencia Energética	200
c. Promoción Residencial con Estructura Industrializada	200

Capítulo 28. Aplicación de la construcción modular a la edificación industrializada. **202**

1. La construcción modular	202
a. Fundamentos de la Construcción Modular	202
b. Versatilidad y Adaptabilidad	202
c. Eficiencia en el Diseño y Producción	202
d. Rapidez en la Construcción	203
e. Sostenibilidad y Reducción de Residuos	203
2. Aplicación en viviendas unifamiliares	203
a. Flexibilidad y Adaptabilidad	203
b. Eficiencia en el Proceso de Construcción	203
c. Control de Calidad	204
d. Sostenibilidad y Eficiencia Energética	204
e. Personalización y Acabados	204
f. Menor Impacto en el Entorno	204
3. Edificios en altura	205
a. Desafíos Logísticos y de Montaje	205
b. Ventajas del Hormigón	205
c. Eficiencia Energética y Sostenibilidad	205
d. Rápido Ensamblaje	205
e. Flexibilidad de Diseño	206
f. Calidad y Control	206
4. Caso práctico de aplicación de la construcción modular a la edificación industrializada.	206
1. La construcción modular	206
2. Aplicación en viviendas unifamiliares	207
Desafío: Diseñar y construir viviendas unifamiliares modernas y eficientes en un plazo de 3 meses.	207
3. Edificios en altura	207
Desafío: Crear edificios residenciales en altura con tiempos de construcción reducidos sin comprometer la seguridad o la calidad.	207

Capítulo 29. La industrialización total de la construcción con sistemas modulares de hormigón como opción idónea para lograr Edificios de energía casi nula (EECN). **208**

1. Ventajas de la construcción modular en hormigón	208
a. Rapidez de Ejecución y Cumplimiento de Plazos	208
b. Control de Calidad	208
c. Coordinación Dimensional	208
d. Capacidad del Hormigón	209
e. Requisitos Prestacionales	209
f. Precio Cerrado	209
g. Sostenibilidad Ambiental	209
h. Mayor Seguridad Laboral	209
i. Personalización del Diseño	209
j. Flexibilidad para Futuras Ampliaciones	209
k. Estética Similar a la Construcción Convencional	210



2. Sistemas modulares de hormigón se presentan como una opción idónea para avanzar en el cumplimiento de los EECN	210
a. Eficiencia Energética	210
b. Reducción de Juntas	210
c. Mayor Inercia Térmica	210
d. Menores Residuos	211
e. Menor Mantenimiento	211
f. Ciclo de Vida Completo	211
g. Aceptación en la Industria	211
3. El elemento básico es el módulo o celda tridimensional (3D)	211
a. Sistemas Modulares basados en Elementos 1D	211
b. Sistemas Modulares basados en Elementos 2D	212
c. Sistemas Modulares basados en Celdas 3D	212
4. Aplicación en edificación residencial	212
a. Viviendas Unifamiliares	212
b. Edificios en Altura	213
c. Eficiencia Energética y Generación de Energía Renovable	213
5. Caso práctico de la industrialización total de la construcción con sistemas modulares de hormigón como opción idónea para lograr Edificios de energía casi nula (EECN).	214
1. Ventajas de la construcción modular en hormigón	214
2. Sistemas modulares de hormigón y EECN	214
3. Módulo o celda tridimensional (3D)	214
4. Aplicación en edificación residencial	214
a. Viviendas unifamiliares	215
b. Edificios en altura	215
c. Construcción modular en hormigón y eficiencia energética	215
6. Caso práctico de la ventajas del BIM en los prefabricados de hormigón.	215
1. Modelado de información de la construcción	216
2. Del BIM al futuro con los sistemas inteligentes de construcción	216
Soluciones prefabricadas para puentes y viaductos	216
Tuberías prefabricadas de hormigón armado	216
Capítulo 30. Las estructuras prefabricadas en el código estructural español.	218
1. Transporte, descarga y manipulación.	218
2. Acopio en obra.	219
3. Montaje de elementos prefabricados.	219
a. Viguetas y losas alveolares.	220
1. Colocación de viguetas y piezas de entrevigado.	220
2. Desapuntalado.	220
3. Realización de tabiques divisorios.	220
b. Otros elementos prefabricados lineales.	220
4. Uniones de elementos prefabricados.	221
Capítulo 31. UNE-EN 13369. Reglas comunes para productos prefabricados de hormigón.	222
1. UNE-EN 13369. Reglas comunes para productos prefabricados de hormigón.	222
Definiciones y terminología	222
Requisitos generales	222
Clasificación y designación	223
Materiales	223
Diseño y dimensionamiento	223
Fabricación y control de calidad	223
Marcado y documentación	223



2. Requisitos y procedimientos para los productos prefabricados de hormigón	224
a. Requisitos de los materiales	224
Generalidades	224
Materiales constituyentes del hormigón	224
Armadura de acero	224
Acero pretensado	224
Anclajes y conectores	224
b. Requisitos de producción	225
Fabricación de hormigón	225
Hormigón endurecido	225
Armadura estructural	225
c. Requisitos de producto terminado	225
Propiedades geométricas	225
Características superficiales	225
Resistencia mecánica	225
Resistencia y reacción al fuego	225
Propiedades acústicas	225
Propiedades térmicas	226
Durabilidad	226
Otros requisitos	226

Capítulo 32. La construcción modular en 3D o edificación integral industrializada **227**

1. ¿Qué es la construcción modular en 3D?	227
a. Construcción a partir de módulos completos (integral)	227
b. Construcción a partir de componentes prefabricados que conformarán el módulo (componentes)	227
2. Construcción en 3D o edificación integral industrializada mediante prefabricados.	228
Rapidez y eficiencia	228
Control de calidad	228
Diseño y flexibilidad	229
Eficiencia energética	229
Sostenibilidad	229
Seguridad laboral	229
Menos interferencias en obra	229
3. Sistemas de ensamblaje de módulos.	230
a. Sistema Estándar	230
b. Ensamblaje de Módulos con Paneles de Fachada	230
4. Tipología de los módulos según la tipología edificatoria.	231
a. Módulos Internos de Edificación (Ejemplo: Baños)	231
b. Módulos Edificatorios Completos (Ejemplo: Viviendas Unifamiliares)	231
c. Módulos Parciales para Edificios en Altura	231
d. Módulos de Edificaciones Dotacionales Anexas	231
4. Caso práctico de Construcción en 3D o edificación integral industrializada mediante prefabricados.	232
a. Sistemas de ensamblaje de módulos	232
b. Tipología de módulos según la tipología edificatoria	232
Módulos internos de edificación	232
Módulos edificatorios completos: "TechPrint Solutions"	232
Módulos parciales para ensamblar edificios en altura	233
Módulos de edificaciones dotacionales anexas	233
c. Esquemas: La impresión 3D en construcción	233
Rehabilitación de fachadas y paramentos interiores	233
Integración de tecnologías y tipos de extrusor	233
Rehabilitación por impresión directa o mediante reproducción de piezas	233
Impresión prefabricados	233



PARTE SÉPTIMA	234
Agentes de la edificación en la prefabricación de edificios.	234
Capítulo 33. Agentes de la edificación en la prefabricación de edificios.	234
1. Fabricante de módulos prefabricados para la edificación.	234
a. Calidades de Prefabricados y Control de Calidad	234
Estandarización y Control	234
Trazabilidad	234
Laboratorio de Autocontrol	235
Certificación	235
b. Durabilidad y Resistencia	235
Dosificación Adecuada	235
Relaciones Agua/Cemento	235
Ductilidad	235
c. Planificación de Entrega y Montaje en Obra	235
Reducción de Plazos	235
Menor Impacto Climático	236
d. Transporte y Montaje en Obra	236
Dispositivos de Anclaje	236
Manipulación Segura	236
2. Arquitecto. Opciones de edificación prefabricada en el proyecto.	236
Conocimiento de las Capacidades del Fabricante	236
Transporte y Logística	236
Aspectos Sociales y Medioambientales	237
Estética y Diseño	237
Seguridad y Salud	237
Definición Detallada del Proyecto	237
Cálculos y Planificación del Montaje	237
Colaboración con Fabricantes	237
Planificación del Proyecto	238
Supervisión y Control	238
3. Dirección Facultativa. Dirección de obra con prefabricados.	238
Verificación de Documentación	238
Inspecciones en Planta de Producción	238
Asesoría Técnica al Contratista	238
Control del Acopio y Manipulación	239
Control del Montaje	239
Seguimiento de los Plazos	239
Coordinación con el Contratista	239
Control de Calidad y Trazabilidad	239
Aprobación de Planos y Procedimientos	239
Resolución de Problemas	239
Cumplimiento Normativo	240
Supervisión de Arriostramientos y Seguridad	240
4. Constructor	240
Selección del Fabricante	240
Control de Recepción	240
Protección de Elementos	240
Coordinación de Transporte	241
Seguimiento de Montaje	241
Cumplimiento de Tolerancias	241
Control de Calidad en Montaje	241
Coordinación con Fabricante y Dirección Facultativa	241
Apuntalado y Desapuntalado	241
Prevención de Daños	241
Garantía de Uniones	242
Seguridad y Formación	242



Cumplimiento de Plazos	242
Cumplimiento de Normativas	242
Coordinación y Comunicación	242

5. Caso práctico de Agentes de la edificación en la prefabricación de edificios. 243

1. Fabricante de módulos prefabricados para la edificación	243
2. Arquitecto	243
3. Dirección Facultativa	244
4. Constructor	244

6. Caso práctico del proyecto técnico de industrialización en el proceso de edificación industrializada. 244

1. Memoria descriptiva de la ejecución	244
2. Diseño de moldes	245
3. Memoria de uniones y nudos entre prefabricados:	245
4. Planificación del proceso	245
5. Materiales	245

Capítulo 34. El proyecto técnico de industrialización en el proceso de edificación industrializada. 247

1. El proyecto técnico de industrialización es un componente esencial en el proceso de construcción industrializada. 247

Planificación Integral	247
Definición Exhaustiva	247
Cálculos y Diseño	247
Minimización de Riesgos	248
Colaboración Multidisciplinaria	248
Cumplimiento Normativo	248
Optimización de Procesos	248
Control de Costes y Plazos	248
Aprobación y Consenso	249

2. Memoria descriptiva de la ejecución, documentación técnica del proyecto de industrialización, análisis de costes y planos generales de arquitectura e instalaciones. 249

Memoria Descriptiva de la Ejecución	249
Documentación Técnica del Proyecto de Industrialización	249
Análisis de Costes	250
Planos Generales de Arquitectura e Instalaciones	250
Posibles Variaciones en la Arquitectura	250
Uniformidad en los Encofrados	250
Impacto en Plazos y Órdenes Diarias	250
Garantizar Definiciones Precisas	250

3. Diseño de moldes. Planos detallados del encofrado. Perfilería. 251

Diseño de Moldes	251
Planos Detallados de Encofrados	251
Perfilería	251
Estructura Metálica	252

4. Memoria de uniones y nudos entre prefabricados. 252

Tipo de Uniones	252
Cargas y Cálculos	252
Compatibilidad de Materiales	253
Preparación de Superficies	253
Detalles Constructivos	253
Montaje en Obra	253
Inspección y Control de Calidad	253
Adaptación a Cambios	253

5. Planificación del proceso. Planing de obra 254

Definir Recursos y Personal	254
-----------------------------	-----



Estimación de la Producción	254
Programación de Tareas	254
Duración de Tareas	254
Secuencia de Montaje	255
Planificación del Material	255
Ruta Crítica y Hitos	255
Asignación de Responsabilidades	255
Plan de Contingencia	255
Seguimiento y Ajustes	255
Comunicación y Coordinación	255
Revisión y Evaluación	256

PARTE OCTAVA **257**

Tecnología y materiales en la edificación industrializada. **257**

Capítulo 35. Procedimientos constructivos con prefabricados. Construcción modular. **257**

1. Construcción modular en hormigón. **257**

Encofrado y Hormigonado	257
Cimentación y Preparación del Terreno	257
Montaje de los Módulos	257
Instalaciones y Empalmes	258
Fijación y Aislamiento	258
Control de Ejecución y Acabados	258
Ventajas de Construcción en Hormigón	258
Desafíos y Limitaciones	258

2. Construcción modular mixta. **259**

Filosofía y Estructura	259
Montaje en Fábrica y Transporte	259
Panelizado de Paredes	259
Forjados y Techo	259
Acabados y Instalaciones	259
Ventajas	260
Desafíos y Limitaciones	260
Producción y Duración de Obra	260

3. Módulos con estructura metálica atornillada. **261**

Estructura Metálica Atornillada	261
Instalaciones y Acabados en Planta	261
Montaje en Obra	261
Ventajas	261
Desafíos y Limitaciones	261
Método In Situ Patentado	262
Materiales y Cerramientos	262
Forjados y Cubierta	262
Proceso Constructivo	262
Limitaciones y Consideraciones	263

4. Con prefabricados de hormigón. Los paneles de hormigón. **263**

Paneles de Hormigón	263
Montaje con Grúas	263
Producción y Transporte	263
Tipos de Montaje	264
Cimentación y Forjados	264
Acabados y Servicios	264
Acabado Exterior y Interior	264
Construcción In Situ	264
Ventajas	265
Desafíos y Consideraciones	265



5. Sistema de hormigonado horizontal (Tilt Up)	265
Paneles de Hormigón en Horizontal	265
Uniones y Soldaduras	265
Aislamiento Continuo	266
Producción y Montaje Coordinados	266
Proceso de Construcción de Paneles	266
Levantamiento de Paneles	266
Instalaciones y Acabados	266
Forjados de Paneles	267
Ventajas	267
Consideraciones	267
6. Sistema de encofrado vertical. Sistema BARCONS	267
Paneles de Hormigón en Vertical	267
Diseño y Planificación	268
Producción de Paneles	268
Instalaciones y Encofrado	268
Hormigonado y Desencofrado	268
Construcción de Múltiples Plantas	268
Acabados Finales	268
Ventajas del Sistema	269
Menos Acabados y Unión Simple	269
Mayor Libertad Arquitectónica	269
Desafíos y Consideraciones	269
7. Sistemas con encofrados simultáneos de paredes y techos.	269
Encofrados Simultáneos	270
Tipos de Encofrados	270
Proceso Constructivo	270
Repetitividad y Producción	270
Ventajas del Sistema	270
Desafíos y Consideraciones	271
Aspectos Técnicos y de Calidad	271
Desarrollo de la Mano de Obra	271
8. Caso de Procedimientos constructivos con prefabricados. Construcción modular.	271
1. Construcción modular en hormigón	272
2. Construcción modular mixta	272
3. Módulos con estructura metálica atornillada	272
4. Con prefabricados de hormigón	272
Capítulo 36. Edificación industrializada modular aislada y en multiplanta.	274
1. Edificaciones modulares y módulos adosables.	274
Estructura	274
Cerramiento	274
Aislamiento	274
Carpintería Exterior	275
Carpintería Interior	275
Acabados Interiores	275
Cubierta	275
Instalaciones	275
2. Módulos monoblock.	276
Estructura	276
Cerramiento	276
Aislamiento	276
Carpintería Exterior	276
Carpintería Interior	277
Acabados Interiores	277
Cubierta	277
Instalaciones	277



3. Módulos sanitarios y grifería.	277
Estructura	278
Cerramiento	278
Aislamiento	278
Carpintería Exterior	278
Carpintería Interior	278
Acabados Interiores	278
Cubierta	279
Instalaciones Eléctricas	279
Instalaciones de Fontanería:	279
4. Escalera prefabricada. Losa escalera	279
a. Funcionalidad	280
b. Características Importantes	280
Ahorro de Tiempo	280
Ahorro de Mano de Obra	280
Personalización	280
Calidad Controlada	280
Durabilidad	280
Variedad de Acabados	281
Instalación Simplificada	281
Seguridad	281
5. Caso práctico de Edificación industrializada modular aislada y en multiplanta.	281
1. Edificaciones modulares y módulos adosables	281
2. Módulos monoblock	282
3. Módulos sanitarios y grifería	282
4. Escalera prefabricada y losa escalera	282
Capítulo 37. Edificación industrializada integral mediante módulos tridimensionales	283
1. Edificación industrializada integral mediante módulos tridimensionales.	283
a. Características Principales	283
Producción en Fábrica	283
Montaje Rápido	283
Modularidad y Flexibilidad	283
Transporte Eficiente	284
Instalaciones Integradas	284
Versatilidad en Diseño	284
Control de Calidad	284
Sostenibilidad	284
Variedad de Usos	284
b. Ventajas	284
c. Desafíos:	285
2. Antecedentes históricos	285
3. Clasificación de módulos tridimensionales.	286
Módulos Pesados	286
Módulos Ligeros	286
4. Sistema constructivo modular desde cota 0.	287
Estructura In Situ hasta Cota Cero	287
Módulos Tridimensionales	287
Funcionamiento de la Cubierta	288
Instalaciones y Sostenibilidad	288
5. Unión de módulos con hormigón autocompactable.	289
Hormigón Autocompactable (HAC)	289
Hormigón Ligero Autocompactable (HLAC)	289
Ritmos de Producción y Resistencia Temprana	289
Deformaciones y Retracciones	290



6. Línea industrial de elaboración de un módulo edificatorio.	290
Primera Zona: Moldeo y Preparación Inicial	290
Segunda Zona: Armado y Hormigonado	290
Tercera Zona: Acabados y Ensamblaje Final	291
7. Transporte y ensamblaje de módulos edificatorios.	291
Transporte	291
Ensamblaje	292
8. Caso práctico de Edificación industrializada integral mediante módulos tridimensionales. Caso Práctico: Proyecto "TriD-Modular Innovations" en Edificación Modular Tridimensional	293
1. Edificación industrializada integral mediante módulos tridimensionales	293
2. Antecedentes históricos	293
4. Sistema constructivo modular desde cota 0	293
5. Unión de módulos con hormigón autocompactable	293
6. Línea industrial de elaboración de un módulo edificatorio	294
7. Transporte y ensamblaje de módulos edificatorios	294
Capítulo 38. Sistemas de industrialización de edificaciones modulares.	295
1. Sistema Set home.	295
Distribución y Tamaño de los Módulos	295
Ubicación y Estructura	295
Enfoque en las Instalaciones	296
Reducción de Tiempos de Construcción	296
2. El sistema Transloko	296
a. Composición de los Módulos	296
Estructura del módulo	296
Suelos	296
Techos	297
Fachadas	297
Medianerías	297
Colocación de la Junta Perimetral	297
b. Carpinterías y Divisiones	297
3. Caso práctico de Sistemas de industrialización de edificaciones modulares. Sistema Set home. El sistema Transloko. Caso Práctico: Proyecto "ModularFuturo" utilizando sistemas de industrialización	298
Proyecto 1: Urbanización con Sistema Set home	298
Características del Sistema Set home	298
Proceso de construcción	298
Proyecto 2: Complejo de torre de oficinas con el Sistema Transloko	298
Características del Sistema Transloko	299
Proceso de construcción	299
Capítulo 39. Clasificación de elementos prefabricados.	300
1. Clasificación de elementos prefabricados.	300
a. Según Peso y Dimensiones	300
b. Según Formato	300
c. Según Materiales	301
2. Sistemas estructurales y estructuras prefabricadas.	301
a. Tipos de Estructuras Prefabricadas	301
Pilares y Vigas de Hormigón Armado	301
Composite Super Beam	301
Cajones Metálicos	302
b. Ventajas de los Sistemas Prefabricados:	302
3. Bovedilla Prefabricada.	303
Función Aligerante	303



Encofrado Perdido _____	303
Aislamiento Térmico y Acústico _____	303
Facilita Instalaciones _____	303
Unión de Viguetas y Jácenas _____	303
Nervios de Reparto _____	303
Variedad de Materiales _____	304
Eficiencia en la Construcción _____	304
Costes y Sostenibilidad _____	304
4. Viguetas _____	304
Vigueta Armada _____	304
Vigueta Pretensada _____	304
Vigueta Autorresistente _____	305
Vigueta Semirresistente _____	305
Fabricación Industrial _____	305
Tipos de Series _____	305
5. Pilotes prefabricados. _____	305
Cimentaciones Profundas _____	305
Tipos de Pilotes _____	306
Método de Clavado _____	306
Forma y Dimensiones _____	306
Armaduras y Refuerzo _____	306
Cabeza y Punta Reforzada _____	306
6. Caso práctico de las Ventajas de los elementos estructurales prefabricados. Caso Práctico: Proyecto de aplicación de elementos estructurales prefabricados _____	307
Ventajas de los elementos estructurales prefabricados en el proyecto _____	307
Desventajas observadas en el proyecto _____	308
7. Caso práctico de Medioambiente y reciclaje en la edificación industrializada. Caso Práctico: Proyecto "EcoVivienda" y la Integración del Medioambiente y Reciclaje en la Edificación Industrializada _____	308
1. Gestión de residuos y demoliciones y ventajas del uso de prefabricados _____	309
2. Materiales reciclables y reutilización en la edificación industrializada _____	309
8. Caso práctico de Construcción industrializada y prefabricados en la rehabilitación y mantenimiento de edificios. _____	310
1. Nuevos materiales y técnicas constructivas más sostenibles _____	310
2. Estructura portante _____	310
3. Cerramientos _____	310
4. Cubierta _____	311
5. La prefabricación y nuevos materiales en la rehabilitación edificatoria _____	311
PARTE NOVENA _____	312
Casos prácticos de la Edificación Industrializada y la Construcción Modular. _____	312
Capítulo 40. Casos prácticos de la Edificación Industrializada y la Construcción Modular. _____	312
Caso Práctico 1: Renovación de la fachada de un edificio histórico mediante prefabricados _____	312
Causa del Problema _____	312
Soluciones propuestas _____	312
Diagnóstico inicial _____	312
Diseño de elementos prefabricados _____	313
Selección de materiales _____	313
Producción off-site _____	313
Instalación _____	313
Consecuencias _____	313
Impacto mínimo en el sitio _____	313
Preservación de la herencia _____	313



Mayor eficiencia energética _____	313
Resultados _____	313
Caso Práctico 2: Desarrollo de viviendas sociales utilizando la edificación industrializada _____	314
Causa del Problema _____	314
Soluciones propuestas _____	314
Modelos estandarizados _____	314
Producción en masa _____	314
Instalación rápida _____	314
Sostenibilidad _____	314
Consecuencias _____	314
Respuesta rápida _____	314
Eficiencia de costes _____	314
Sostenibilidad _____	315
Resultados _____	315
Caso Práctico 3: Creación de una clínica de salud móvil mediante la edificación industrializada _____	316
Causa del Problema _____	316
Soluciones propuestas _____	316
Identificación de necesidades _____	316
Diseño modular _____	316
Espacios multifuncionales _____	316
Incorporación de tecnología _____	316
Formación del personal _____	316
Consecuencias _____	316
Accesibilidad _____	316
Eficiencia operativa _____	317
Adaptabilidad _____	317
Resultados _____	317
Caso Práctico 4: Incorporación de la Edificación Industrializada en la Educación _____	318
Causa del Problema _____	318
Soluciones propuestas _____	318
Análisis demográfico _____	318
Diseño de aulas modulares _____	318
Infraestructura tecnológica _____	318
Sostenibilidad _____	318
Formación del personal _____	318
Consecuencias _____	319
Rápida respuesta a la demanda _____	319
Flexibilidad _____	319
Educación de calidad _____	319
Resultados _____	319
Caso Práctico 5: El desafío del espacio urbano limitado y la necesidad de viviendas asequibles _____	320
Causa del Problema _____	320
Soluciones propuestas _____	320
Identificación de zonas subutilizadas _____	320
Viviendas Modulares en Altura _____	320
Espacios Comunes _____	320
Programa de Vivienda Asequible _____	320
Consecuencias _____	320
Aprovechamiento óptimo del espacio _____	320
Integración social _____	321
Acceso a la vivienda _____	321
Resultados _____	321
Caso Práctico 6: Rehabilitación de un edificio histórico mediante técnicas de edificación industrializada _____	322



Causa del Problema	322
Soluciones propuestas	322
Diagnóstico Detallado	322
Uso de Prefabricados	322
Impresión 3D en Restauración	322
Sistemas Modulares en Interiores	322
Cubierta Prefabricada	322
Consecuencias	322
Preservación de la Estética	323
Mejora Estructural	323
Eficiencia y Rapidez	323
Resultados	323

Caso Práctico 7: Construcción de un Complejo de Viviendas Sostenibles utilizando Sistemas Industrializados 324

Causa del Problema	324
Soluciones propuestas	324
Planificación Modular	324
Paneles Solares Integrados	324
Materiales Reciclados	324
Sistema de Recogida de Agua de Lluvia	324
Ventilación Natural	324
Consecuencias	325
Construcción Acelerada	325
Reducción del Impacto Ambiental	325
Ahorro Económico	325
Resultados	325

Caso Práctico 8: Renovación de un Edificio Histórico con Técnicas de Prefabricación 326

Causa del Problema	326
Soluciones propuestas	326
Estudio Detallado	326
Diseño Modular	326
Transporte Especializado	326
Integración Cuidadosa	326
Consecuencias	326
Preservación del Patrimonio	326
Reducción de Perturbaciones	327
Aceleración del Proyecto	327
Resultados	327

Caso Práctico 9: Integración de Energías Renovables en Edificios Prefabricados 328

Causa del Problema	328
Soluciones propuestas	328
Diseño Integral	328
Colaboración	328
Optimización de Materiales	328
Capacitación	328
Consecuencias	329
Eficacia Energética	329
Reputación de Mercado	329
Desafíos Iniciales	329
Resultados	329

Caso Práctico 10: Integración de la Construcción Tradicional con la Prefabricada en un Proyecto Mixto 330

Causa del Problema	330
Soluciones propuestas	330
Planificación detallada	330
Equipos especializados	330
Comunicación constante	330
Consecuencias	330



Desafíos logísticos _____	330
Revisión del diseño _____	331
Optimización de recursos _____	331
Resultados _____	331
Caso Práctico 11: Incorporación de Robótica en la Fabricación Prefabricada _____	332
Causa del Problema _____	332
Soluciones propuestas _____	332
Automatización y Robótica _____	332
Formación de personal _____	332
Optimización del flujo de trabajo _____	332
Consecuencias _____	332
Reducción en tiempos de producción _____	332
Mayor precisión _____	332
Cambio en la dinámica laboral _____	332
Resultados _____	333
Caso Práctico 12: Adaptación de Edificación Industrializada a Condiciones Climáticas Extremas _____	334
Causa del Problema _____	334
Soluciones propuestas _____	334
Estudio detallado del clima _____	334
Selección de materiales adecuados _____	334
Diseño arquitectónico adaptado _____	334
Colaboración con expertos locales _____	334
Consecuencias _____	335
Mayor inversión inicial _____	335
Desarrollo de un nuevo nicho de mercado _____	335
Reputación mejorada _____	335
Resultados _____	335
Caso Práctico 13: Integración de Tecnología Inteligente en Edificación Industrializada _____	336
Causa del Problema _____	336
Soluciones propuestas _____	336
Formación y capacitación _____	336
Colaboraciones estratégicas _____	336
Diseño adaptativo _____	336
Soporte postventa _____	336
Consecuencias _____	337
Costes elevados iniciales _____	337
Diferenciación en el mercado _____	337
Demandas de mantenimiento _____	337
Resultados _____	337
Caso Práctico 14: Edificación Industrializada en Espacios Restringidos _____	338
Causa del Problema _____	338
Soluciones propuestas _____	338
Diseño Vertical _____	338
Logística de Precisión _____	338
Integración Estética _____	338
Consecuencias _____	339
Costes Adicionales _____	339
Interés Local _____	339
Regulaciones y Permisos _____	339
Resultados _____	339
Caso Práctico 15: Adaptación de la Edificación Industrializada a Climas Extremos _____	340
Causa del Problema _____	340
Soluciones propuestas _____	340
Aislamiento Mejorado _____	340
Ventilación Controlada _____	340



Estructura Reforzada	340
Acrilamiento Específico	340
Materiales Resistentes	340
Consecuencias	341
Inversión Inicial Elevada	341
Mayor Demanda	341
Retos en la Instalación	341
Resultados	341

Caso Práctico 16: Integración de Tecnologías Sostenibles en la Edificación Industrializada

Industrializada	342
Causa del Problema	342
Soluciones propuestas	342
Paneles Solares Integrados	342
Sistemas de Recolección de Agua	342
Materiales Reciclados	342
Jardines Verticales	342
Aislamiento Natural	342
Consecuencias	343
Mayor Coste Inicial	343
Ahorros a Largo Plazo	343
Reconocimiento Público	343
Resultados	343

Caso Práctico 17: Rehabilitación de Patrimonios Históricos con Edificación Industrializada

Industrializada	344
Causa del Problema	344
Soluciones propuestas	344
Evaluación Detallada	344
Uso de Módulos Prefabricados	344
Técnicas Modernas en la Rehabilitación	344
Integración de Sistemas Modernos	344
Consecuencias	345
Tiempo de Construcción Extendido	345
Aumento en los Costes	345
Aprobación de la Comunidad	345
Resultados	345

Caso Práctico 18: Implementación de Edificación Industrializada en Zonas Árticas

Causa del Problema	346
Soluciones propuestas	346
Módulos Prefabricados con Aislamiento Mejorado	346
Transporte Especializado	346
Instalación Rápida	346
Sistemas Autosuficientes	346
Consecuencias	346
Inversión Inicial Elevada	346
Minimización de Impacto Ambiental	347
Desafíos Logísticos	347
Resultados	347

Caso Práctico 19: Rehabilitación post-desastre mediante Edificación Industrializada

Causa del Problema	348
Soluciones propuestas	348
Alojamiento de Emergencia	348
Centros Médicos Móviles	348
Escuelas Modulares	348
Transporte Aéreo	348
Consecuencias	348
Respuesta Rápida	348
Coste Efectivo	349
Resiliencia Mejorada	349



Resultados	349
Caso Práctico 20: Integración de la Edificación Industrializada en un Entorno Urbano Densamente Poblado	350
Causa del Problema	350
Soluciones propuestas	350
Torres Modulares	350
Logística Vertical	350
Integración Urbana	350
Consecuencias	350
Eficiencia en Construcción	350
Menos Interrupciones	351
Calidad Garantizada	351
Resultados	351
Caso Práctico 21: Expansión de una Terminal Aeroportuaria a través de la Edificación Industrializada	352
Causa del Problema	352
Soluciones propuestas	352
Terminal Modular	352
Pasarelas de Embarque Flexibles	352
Construcción Faseada	352
Consecuencias	352
Minimización de Interrupciones	352
Economía y Eficiencia	353
Adaptabilidad Futura	353
Resultados	353
Caso Práctico 22: Rehabilitación de un Conjunto Histórico con Edificación Industrializada	354
Causa del Problema	354
Soluciones propuestas	354
Elementos Prefabricados para Fachadas	354
Refuerzo Estructural Modular	354
Cubiertas Prefabricadas	354
Consecuencias	354
Menos Perturbaciones	354
Preservación del Patrimonio	355
Eficiencia Coste-Tiempo	355
Resultados	355
Caso Práctico 23: Creación de un Complejo Residencial Sostenible con Edificación Industrializada	356
Causa del Problema	356
Soluciones propuestas	356
Módulos Residenciales Prefabricados	356
Zonas Comunes Eficientes	356
Gestión de Residuos en Sitio	356
Consecuencias	356
Construcción Rápida	356
Sostenibilidad	356
Bajo Impacto Ambiental	357
Resultados	357
Caso Práctico 24: Reconstrucción de un Hospital Post-Desastre Utilizando la Edificación Industrializada	358
Causa del Problema	358
Soluciones propuestas	358
Módulos Hospitalarios Prefabricados	358
Infraestructura Esencial Integrada	358
Espacios Flexibles	358
Consecuencias	358



Rápida Implementación _____	358
Resiliente a Futuros Desastres _____	358
Optimización de Recursos _____	359
Resultados _____	359

Caso Práctico 25: Transformación de un Viejo Almacén Industrial en un Complejo

Multiuso _____	360
Causa del Problema _____	360
Soluciones propuestas _____	360
Evaluación Estructural y Viabilidad _____	360
Módulos Multiusos Prefabricados _____	360
Preservación y Modernización _____	360
Consecuencias _____	360
Rápida Revitalización _____	360
Economía Local Impulsada _____	361
Modelo de Sostenibilidad _____	361
Resultados _____	361



¿QUÉ APRENDERÁ?



- Introducción a la edificación industrializada.
- Historia y evolución de la construcción prefabricada.
- Principales ventajas y desventajas de la edificación industrializada.
- Conceptos fundamentales en construcción modular.
- Materiales y tecnologías utilizados en la construcción prefabricada.
- Procesos y técnicas de producción en fábrica.
- Transporte, ensamblaje e instalación de módulos en el sitio de construcción.
- Normativas y regulaciones en edificación industrializada.
- Sistemas estructurales y su adaptabilidad en construcción modular.
- Diseño y planificación en la construcción prefabricada.
- Integración de instalaciones y servicios en módulos.
- Casos prácticos y estudios de éxito en edificación industrializada.
- Sostenibilidad y medio ambiente en la construcción prefabricada.
- Reutilización y reciclaje en la edificación industrializada.
- Gestión de proyectos y control de calidad en construcción modular.
- Futuro y tendencias emergentes en edificación industrializada.
- Aspectos económicos y financieros de la construcción prefabricada.
- Herramientas y software especializados en diseño y gestión de proyectos modulares.
- Mantenimiento, rehabilitación y adaptabilidad de estructuras prefabricadas.
- Seguridad y salud en el proceso de construcción modular.



Introducción



El concepto de construcción externa, prefabricada y modular no es nuevo. En Mesopotamia ya utilizaban ladrillos, que son prefabricados.

Con los crecientes avances tecnológicos en la industria de la construcción, el mundo ha vuelto a introducir alternativas rentables y más rápidas a la construcción tradicional.

Se trata de alternativas edificatorias externas, prefabricadas o modulares que en conjunto forman lo que conocemos como "edificación industrializada".

Pero, estos términos no significan lo mismo. Aunque pueden parecer similares por el nombre, hay una diferencia entre los tres términos.

La construcción fuera de obra (off site construction)

La construcción fuera de obra (off site construction) es un término general para muchos tipos diferentes de construcción. La construcción prefabricada y modular se incluye en la construcción fuera de obra. La construcción fuera de obra implica la planificación, el diseño, la fabricación y el montaje de un edificio en un lugar que no sea la misma obra. Esto se hace a fin de conseguir un montaje rápido posterior en la obra.

A diferencia de la construcción tradicional, la construcción fuera de obra requiere menos tiempo, es sostenible, segura, rentable y flexible. Aunque los beneficios son los mismos, la única diferencia es el conjunto de reglas y el diseño de las estructuras. En este tipo de construcción las estructuras se fabrican en un entorno controlado y se transportan a la obra. Además, es posible controlar la calidad de cada sección de la estructura, lo que no es posible en el caso de una construcción a pie de obra.



La construcción de estructuras prefabricadas

La construcción de estructuras prefabricadas es parte de la construcción fuera de obra. Cualquier estructura que tenga su sección diseñada en una fábrica se denomina prefabricada. Tanto las estructuras modulares como las prefabricadas son consideradas como edificación industrializada.

La construcción de estructuras prefabricadas debe cumplir con los códigos de construcción y debe someterse a una inspección periódica. Este tipo de inspección rigurosa y sus pautas de construcción hacen que las estructuras prefabricadas sean tan resistentes o más que las estructuras realizadas en la obra por métodos tradicionales.

La construcción modular

La construcción modular es un término general de construcción prefabricada. En la construcción modular todas las estructuras se construyen en cajas tridimensionales o en forma de módulos, que se transportan desde la unidad de fabricación al sitio de instalación, la obra.

Estas estructuras se construyen de acuerdo con los códigos edificatorios. Además, las estructuras modulares se pueden fabricar para uso temporal o permanente.

En términos más simples, la diferencia entre estas estructuras puede considerarse como tres círculos concéntricos. El círculo más externo es una construcción fuera de obra, el segundo círculo interno es una construcción prefabricada y el círculo más interno es la construcción modular. Ahora puede distinguir fácilmente entre estos términos.

TÉCNICAS INDUSTRIALES MODERNAS

Por supuesto, la construcción no es fácilmente susceptible de producción en masa, pero ciertamente podría explotar las técnicas industriales modernas más de lo que lo hace.

La construcción fuera de obra, o "prefabricación", es la clave: hacer en una fábrica varias partes de un edificio antes de ensamblarlas en la obra real del edificio.

Las piezas pueden ser prefabricadas (hormigón) o hechas de materiales compuestos (como paneles sándwich). La fábrica externa de hoy en día puede producir componentes de paquete plano (como paredes o vigas), módulos volumétricos (lavabos o dormitorios) o incluso edificios enteros.



La construcción fuera de obra alivia varios problemas asociados con los métodos tradicionales "en la obra".

Al trasladar una gran parte del trabajo de un entorno al aire libre desordenado y expuesto con horas de trabajo limitadas a un entorno de fábrica seguro y controlado en interiores con un potencial de producción de 24/7, la construcción fuera de obra ofrece cinco beneficios principales.

Los tiempos de construcción se reducen y hay un menor riesgo. La construcción fuera de obra se ve mucho menos afectada por los caprichos del clima y por la pesada carga de la gestión del proyecto en la obra. También está mucho menos sujeta a los riesgos, legales y financieros, inherentes a las complejas colaboraciones con subcontratistas.

Ahorrar tiempo

Por lo tanto, construir fuera de obra generalmente reduce los tiempos de terminación del edificio en más de un tercio y mejora la entrega a tiempo. Eso puede ser de gran valor para los propietarios de proyectos. Un hotel, por ejemplo, puede comenzar a hacer reservas antes, y se reducen los riesgos de gastos excesivos y demoras.

Mejor calidad.

Gracias a la estandarización, un entorno controlado y controles de calidad en fábrica, la tasa de defectos puede reducirse a la mitad.

Costes más bajos.

El lugar de trabajo controlado y resistente a la intemperie aumenta la productividad de los empleados individuales, al tiempo que permite economías de escala, logística optimizada y manufactura rápida. El resultado es un ahorro en los costes generales de construcción, ahorros que pueden transferirse a los clientes o reinvertirse en acabados de mayor calidad, por ejemplo.

Ambiente de trabajo mejorado.

Los trabajadores están protegidos del clima y de muchos de los peligros tradicionales (como trabajar durante largos períodos a gran altura o bajo tierra), y su día a día permanece sin cambios de un proyecto a otro. Los accidentes laborales se reducen.



Impacto ambiental reducido.

Los desechos y las emisiones de la construcción pueden reducirse a la mitad, en virtud de la eficiencia de la producción y el aumento del reciclaje.

BARRERAS A LA EDIFICACIÓN INDUSTRIALIZADA

La penetración global de la construcción fuera de obra es difícil de cuantificar.

Los analistas definen la construcción fuera de obra de diferentes maneras, de acuerdo con la proporción de contenido fuera de obra (50% versus 80%, por ejemplo) y de acuerdo con las técnicas para medir ese contenido fuera de obra. Los datos son más fiables para viviendas unifamiliares, el segmento que históricamente ha sido el principal beneficiario de la construcción fuera de obra. En algunos mercados más pequeños, como Suecia, más del 80% de las viviendas nuevas ahora se construyen fuera de obra.

A pesar de su larga historia y su convincente propuesta de valor, la construcción fuera de obra es ahora está ganando terreno. Los motivos de la lenta absorción son complejos y varían de un mercado a otro. Hay cuatro barreras particulares:

Un problema de imagen.

El consumidor de vivienda suele asociar la construcción fuera de obra o "edificación industrializada" con viviendas sociales de baja calidad y uniformes. En el Reino Unido evoca recuerdos de los "bungalows prefabricados" construidos para resolver la escasez de viviendas de la posguerra. En los Estados Unidos, muchas personas lo confunden con casas móviles. Una excepción notable a esta tendencia es Japón, donde las casas construidas fuera de obra se consideran productos premium y de alta calidad.

Inflexibilidad y diseño uniforme.

En el pasado, para mantener bajos los costes, las empresas de construcción externas se adhirieron a una política de estandarización. Este enfoque tendía a entrar en conflicto con las limitaciones del sitio de construcción y con la preferencia del propietario individual por cierto grado de personalización.

Regulación y códigos locales de construcción.

La construcción tradicional está ampliamente sujeta a estrictas normas laborales que regulan quién puede hacer qué en la obra, por ejemplo, o especificando el número mínimo de trabajadores para una tarea en particular. Dichas normas contravienen el modelo laboral externo, que se basa en pequeños equipos de



trabajadores ampliamente capacitados. Otras reglas, incluidas las regulaciones de salud y seguridad, los códigos de planificación y los requisitos de hipotecas o seguros, han obstaculizado de manera similar el desarrollo de la construcción fuera de obra o edificación industrializada.

Aversión al riesgo.

El sector de la construcción es históricamente reacio al riesgo por muy buenas razones.

La construcción es costosa cuando se hace bien y potencialmente ruinosa cuando se hace mal, como pueden atestiguar casos de alto perfil como el nuevo aeropuerto de Berlín. Por el lado de la oferta, la construcción es un negocio cíclico y basado en proyectos, con presiones constantes de costes y bajos márgenes, y por lo tanto una aversión a los grandes gastos de capital y a la I + D. (Los contratistas ciertamente no están acostumbrados a invertir cientos de millones o incluso miles de millones en fábricas).

Por lo tanto, los constructores y los clientes han sido cautelosos al experimentar con nuevos métodos y tecnologías. (Ver *"Formando el futuro de la construcción: un avance en mentalidad y tecnología"*, un informe del Foro Económico Mundial, preparado en colaboración con BCG, mayo de 2016, págs. 13-15.)

En combinación, estas barreras tuvieron el efecto de forzar la construcción fuera de obra en un círculo vicioso. Las barreras redujeron la demanda de servicios externos. La demanda débil desanimó la inversión en edificación industrializada, por lo que la oferta siguió siendo muy limitada, y a la luz de la oferta limitada, había poco ímpetu por romper las barreras que mantenían baja la demanda.

Afortunadamente, este ciclo finalmente comienza a colapsar.

ROMPER LAS BARRERAS

Han entrado en juego tres factores nuevos que ahora están llevando la edificación industrializada/construcción fuera de obra a un punto de inflexión.

Escasez de profesionales de la construcción.

El primer factor es la escasez de habilidades profesionales a largo plazo.

La fuerza laboral de la construcción en los países ricos ha ido disminuyendo rápidamente a medida que los trabajadores actuales se jubilan, ya que los trabajos de construcción tradicionales tienen poco atractivo para los trabajadores más jóvenes en la actualidad.



La vieja solución, la importación de trabajadores del extranjero, se está volviendo menos viable, ya que los países importadores están endureciendo sus políticas de inmigración y los países exportadores están generando empleos más atractivos para sus propios trabajadores.

La construcción fuera de obra es un remedio obvio: atrae a los trabajadores locales de la construcción al tiempo que aumenta la productividad general en el sector.

El BIM. La revolución tecnológica de la construcción.

El segundo factor es el uso creciente de la tecnología digital. Este desarrollo está ayudando a erosionar las barreras al exterior, en particular la barrera relacionada con la inflexibilidad.

Gracias a las herramientas digitales, como el modelado de información de construcción (BIM), se está volviendo más fácil integrar componentes externos en compilaciones convencionales y crear sistemas más sofisticados y flexibles de componentes externos.

Además, los avances en los métodos de producción digital, como la robótica y la impresión 3D, algún día deberían poder convertir el ideal de "personalización masiva" en un realidad.

Inversión social en vivienda

El tercer factor es el apoyo del gobierno. Los gobiernos de todo el mundo ahora están respaldando la construcción fuera de obra con mucha más fuerza que antes.

Ante la grave escasez de viviendas y los presupuestos crónicamente ajustados, los gobiernos de todo el mundo están haciendo de la construcción fuera de obra una prioridad estratégica. Por lo tanto, se está creando una demanda estable que ayudará a estandarizar los diseños, dar forma a las nuevas regulaciones y dar a conocer los beneficios de las instalaciones externas. Las empresas privadas también tendrán el incentivo para involucrarse seriamente.

Sin duda, quedan algunos desafíos. La construcción fuera de obra puede aliviar la escasez de mano de obra, pero requiere nuevos conjuntos de habilidades y programas de capacitación, y estos aún están subdesarrollados.

LOS MERCADOS Y LAS PERSPECTIVAS

Aunque la tendencia para la construcción fuera de obra está indudablemente al alza, el ritmo de su desarrollo es difícil de determinar. El panorama podría



cambiar drásticamente si alguno de los grandes actores inmobiliarios realiza el movimiento audaz correcto. Por ejemplo, si una gran promotora apuesta por la construcción fuera de obra y adquiere una gran constructora tradicional.

El segmento que actualmente es la principal aplicación para la construcción fuera de obra es el de los edificios residenciales, y probablemente seguirá siéndolo. Las casas no son excesivamente complejas, pero se caracterizan por un alto grado de repetitividad. Y a menudo están sujetos a requisitos estrictos, en forma de expectativas de los compradores con respecto a la calidad y el precio. Por lo tanto, la mayoría de las principales empresas de construcción fuera de obra tienen una fuerte presencia de vivienda, o incluso una preferencia explícita.

En segmentos no residenciales, las perspectivas son más variadas. Los hospitales, hoteles, escuelas y cárceles, por ejemplo, son en general los principales candidatos para la construcción fuera de obra. Están altamente estandarizados, siguen requisitos estrictos con respecto a la seguridad o la marca, y son limitados en tiempo y mano de obra cuando se trata de amueblar y equipar.

Finalmente, es probable que la infraestructura siga siendo menos receptiva a la construcción fuera de obra.

Por supuesto, los componentes pequeños estandarizados, como las tuberías de aguas residuales o las traviesas de ferrocarril, con frecuencia se prefabrican fuera de obra. Pero los componentes principales, por ejemplo, de un puente, a menudo son grandes y difíciles de transportar desde una ubicación externa, por lo que podría ser más rentable construirlos en la obra.

Una vez más, sin embargo, los factores específicos del proyecto a veces favorecerán la construcción fuera de obra: el aeropuerto de Ginebra ha recurrido a métodos de construcción fuera de obra para su nueva terminal intercontinental, que tiene que caber en un sitio de apenas 20 metros de ancho.

Es probable que tales proyectos especializados fuera de obra aumenten en frecuencia, especialmente dado que la infraestructura es la rama de construcción más internacional.

IMPLICACIONES ESTRATÉGICAS

La construcción fuera de obra claramente tiene un potencial positivo que las compañías tradicionales no pueden ignorar. Pero hay otras razones para que las empresas participen en el mercado externo. La construcción fuera de obra va a ser muy perjudicial para la construcción en su conjunto, y las empresas existentes corren el riesgo de perder una cantidad significativa de valor. Específicamente, la construcción fuera de obra significará más producción, menos mano de obra en la obra, diferentes materiales y diferentes herramientas.



La productividad es evidente en el uso de componentes estandarizados, fabricados en fábrica, como paredes o incluso habitaciones, para reemplazar el proceso tradicional de construcción de cada componente individual en la obra.



Estos desarrollos transformadores afectarán a todas las empresas a lo largo de la cadena de valor, en mayor o menor grado. Aquí está el escenario probable:



Contratistas Generales

Su oferta de servicios se convertirá en mercancía. El grupo de valor al que pueden acceder se reducirá a medida que los sitios de construcción disminuyan en tamaño y complejidad. Su modelo actual de trabajo, equipo y relaciones subcontratista / proveedor serán redundantes y estarán bajo mayor presión que nunca para reducir los costes y los tiempos de entrega.

La competencia global se agudizará: Polcom Modular de Polonia, por ejemplo, puede entregar hoteles construidos fuera de obra en todo el mundo. La mejor estrategia de supervivencia para los contratistas es expandir sus capacidades fuera de obra. Los contratistas están bien posicionados para hacer este cambio porque supervisan toda la cadena de valor, pero deben actuar rápidamente.

Los fabricantes de materiales de construcción

Los fabricantes de materiales de construcción verán que su volumen de negocios y la prima de margen disminuirán drásticamente. A medida que la construcción se vuelva más productiva, tendrán que volverse compatibles fuera de obra si esperan ganar algún contrato. Sus marcas individuales actuales, relaciones con los clientes, sistemas y redes de distribución perderán su valor distintivo en un mercado productivo.

En el extremo, incluso podrían perder su condición de fabricantes de equipos originales y, en cambio, convertirse en proveedores y tener que presentar ofertas para producir componentes específicos. Si van a seguir siendo creadores de especificaciones, en lugar de tomadores de especificaciones, deben trabajar de manera proactiva para dar forma a los nuevos ecosistemas fuera de obra, en asociación con otras empresas que tienen experiencia complementaria.

Los productores de materiales de construcción pesados sufrirán a medida que la demanda cambie a otros materiales en ciertos segmentos.

El producto con mayor riesgo es probablemente el cemento, que es demasiado pesado para un uso generalizado fuera de obra. Para responder, las empresas pueden cambiar hacia materiales más apropiados fuera de obra, basándose en conocimientos especializados: la startup austriaca Cree, por ejemplo, ha desarrollado un nuevo material híbrido de madera y hormigón. Alternativamente,



las empresas pueden expandirse a servicios externos, como la impresión 3D de encofrados, que permite la personalización masiva del hormigón prefabricado.



Los arquitectos e ingenieros



Los arquitectos e ingenieros tendrán que ajustar su modelo de negocio a medida que la construcción se vuelva más productiva. Tendrán que adaptar su enfoque a los clientes y adquirir una mayor experiencia en el proceso de fabricación real.

Mientras tanto, el proceso de diseño en sí mismo cambiará, haciendo un mayor uso de componentes estandarizados e incluso un diseño automatizado. Para hacer frente a ese cambio, las empresas de arquitectura están bien posicionadas para convertirse en coordinadores de ecosistemas, ideando sistemas que permitan diseños personalizados basados en componentes estándar. Como mínimo, deberían poder integrar componentes externos en sus diseños y ser competentes en habilidades relacionadas con el exterior, como DfMA (diseño para fabricación y montaje).

Los promotores inmobiliarios y los inversores inmobiliarios

Los promotores inmobiliarios y los inversores inmobiliarios generalmente deberían beneficiarse de la revolución fuera de obra, específicamente de los tiempos de entrega más cortos, los costes más bajos y la mayor calidad, sin tener que realizar cambios importantes en su modelo de negocio existente.

Sin embargo, esto no significa que puedan quedarse quietos. La demanda de los mejores fabricantes externos en su clase supera con creces la oferta; de hecho, algunos de los principales fabricantes tienen largas listas de espera.

Por lo tanto, los promotores inmobiliarios deben buscar asociaciones de inmediato para asegurarse de tener acceso a los mejores fabricantes externos y maximizar su atractivo para los clientes, compradores e inversores.



PRELIMINAR

Edificación industrializada y construcción modular en 19 preguntas y respuestas.



1. ¿Qué es la edificación industrializada?

a. Concepto de edificación industrializada.