
Logística para la obra civil

PID_00266644

Enrique Martín Alcalde

Tiempo mínimo de dedicación recomendado: 3 horas



Enrique Martín Alcalde

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, y Máster en Shipping Business por la UPC-Barcelona-Tech. Completa su formación con un Programa de Dirección por EADA y estancias internacionales en TU-Delft (Países Bajos) y PNU (Corea del Sur). Es Director de la Oficina Técnica de Innovación de la Autoridad Portuaria de Algeciras y consultor de logística en IDOM. Anteriormente trabajó en el Centro de Innovación del Transporte (CENIT) y la ingeniería TEC4. Cuenta con más de 10 años de experiencia en proyectos de innovación, consultoría e investigación. Es autor de diversas publicaciones sobre logística y transporte marítimo.

El encargo y la creación de este recurso de aprendizaje UOC han sido coordinados por el profesor: Eduard Josep Álvarez Palau (2019)

Primera edición: septiembre 2019
© Enrique Martín Alcalde
Todos los derechos reservados
© de esta edición, FUOC, 2019
Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona
Realización editorial: FUOC

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño general y la cubierta, puede ser copiada, reproducida, almacenada o transmitida de ninguna forma, ni por ningún medio, sea este eléctrico, químico, mecánico, óptico, grabación, fotocopia, o cualquier otro, sin la previa autorización escrita de los titulares de los derechos.

Índice

Introducción	5
1. Contexto económico y empresarial del sector de la obra civil	7
1.1. Importancia de la construcción sobre el PIB en España	7
1.2. Principales actores económicos a escala global	8
2. Especificaciones logísticas y del transporte	10
2.1. Organización de la cadena de suministro	10
2.1.1. La cadena logística en la construcción y obra civil	10
2.1.2. Metodología <i>just-in-time</i> en el abastecimiento de materiales de obra	11
2.1.3. Principales actores en la cadena logística	12
2.2. Particularidades del transporte en el sector de la obra civil: <i>project cargo</i>	13
2.2.1. Tipologías de transporte más habituales	13
2.2.2. Transporte terrestre especial	15
2.2.3. Transporte marítimo de grandes cargas	18
2.3. Almacenamiento temporal y zonas de acopio de elementos voluminosos	21
2.4. Indicadores clave para monitorizar y evaluar los procesos logísticos	22
3. Principales procesos sujetos a subcontratación	24
3.1. La subcontratación de servicios logísticos	25
4. Grado de digitalización y uso de la tecnología	26
4.1. Descripción del grado de digitalización en los procesos	26
4.2. Penetración de la tecnología en la operativa habitual de las empresas	26
4.3. <i>Building Information Modeling</i>	27
4.4. Otras innovaciones de largo alcance	29
5. Perspectivas futuras	31
5.1. Tendencias que afectan la promoción de proyectos de obra civil	31
5.2. Tendencias tecnológicas, sociales y geoestratégicas	32
Resumen	33
Bibliografía	35

Introducción

El **sector de la construcción**, según describe el Instituto Nacional de Estadística (INE), contiene tres subsectores:

- construcción de edificios o edificación (CNAE 41),
- obra civil (CNAE 42) y
- actividades especializadas de la construcción (CNAE 43).

De forma complementaria, y según la definición del Instituto de Tecnología de la Construcción (ITEC), el sector aglutina todas las actividades relacionadas con la ingeniería civil, la edificación residencial, la edificación no residencial y la rehabilitación. Por tanto, como podemos observar, el **sector de la obra civil** —o de la ingeniería civil—, que es objetivo de análisis en este módulo, se enmarca en el mercado de la construcción.

La particularidad de este sector recae sobre el concepto del producto que se lleva a cabo. Cada obra en sí misma forma parte del desarrollo completo de un proyecto constructivo, cuyas **etapas principales** son:

- detección de la necesidad,
- estudios previos,
- planificación,
- comprobación de la viabilidad y la sostenibilidad,
- proyecto básico de ingeniería,
- estudios de campo,
- estudios de impacto ambiental,
- proyecto constructivo de ingeniería,
- licitación del proyecto,
- ejecución de la obra civil y
- entrega al cliente del producto.

Particularmente, el **presente módulo se centra específicamente en la gestión de la operativa logística que conforma un proyecto de obra civil y su ejecución**, así como las principales características relacionadas con la subcontratación, la digitalización y las perspectivas futuras del sector.

1. Contexto económico y empresarial del sector de la obra civil

En términos generales, el **sector de la construcción** tiene globalmente una gran importancia en las economías de los países, debido a su **efecto multiplicador**. Algunas teorías apuntan que su evolución y crecimiento hace que industrias conexas crezcan y creen nuevos puestos de trabajo. Como ejemplo, si el Estado invierte un millón de euros en proyectos de infraestructura, esta cifra se multiplica por siete para estimar la cantidad de dinero que inyecta a la economía del país (Mendiola, 2016).

Este es el motivo por el que se relaciona la construcción con el desarrollo de los países, sobre todo los que no están muy avanzados tecnológicamente ni cuentan con industrias de alto valor añadido. No obstante, una excesiva concentración de las inversiones en el sector puede no provocar crecimiento, sino crisis y recesiones de importancia, como la vivida en España con el estallido de la burbuja inmobiliaria.

1.1. Importancia de la construcción sobre el PIB en España

El desplome del sector de la construcción en España tuvo efectos de gran alcance, tanto a escala social como económica. No solo se trata de un sector determinante para la cohesión social y la calidad de vida de los ciudadanos, sino también para la competitividad general de la economía. Su evolución, amén de ser determinante para las actividades relacionadas directa o indirectamente con él, es decisiva igualmente para otro conjunto de actividades manufactureras y de servicios, que dependen de las demandas inducidas por el mayor o menor ritmo de crecimiento del sector.

Desde finales de los noventa hasta el ejercicio 2007, el sector se convirtió en la **locomotora de la actividad productiva** en España, con un crecimiento medio anual de cerca del 6 %. Sin embargo, su pujanza, que respondía a una serie de desequilibrios financieros y económicos, creó una burbuja especulativa que tuvo su fin en 2008. La irrupción de la crisis puso fin de manera abrupta a la producción inmobiliaria.

La **aportación del VAB** del sector de la construcción **sobre el PIB** fue, en 2018, del 5,4 % en Cataluña y del 6,5 % en España. Dichos valores se encuentran muy cercanos a la media europea para el mismo año —un 5,3 % sobre el PIB en la Zona Euro y un 5,6% sobre el PIB en la Unión Europea. Estos valores muestran una tendencia estabilizada a escala española, ya desde el año 2012, de entre el 5,2 y hasta el 6,1 % anual.

Lectura recomendada

A. Mendiola Lázaro (2016). «Gestión logística en las empresas constructoras». *Sinergia e Innovación* [en línea]. Blogs UPC, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).

Actividad del sector de la construcción

Los analistas estiman que la actividad general de este sector se sitúa en torno al 7 y 9 % sobre el VAB (valor agregado bruto) de la construcción sobre el PIB España, y en torno al 7,5 y 10,5 % sobre el empleo, más allá de los momentos más extraordinarios de expansión y contracción de la actividad del sector, que tiene un marcado carácter procíclico.

⁽¹⁾Fuente: INE e IDESCAT.

Y, según se indica en la Figura 1, quedan muy lejos de los valores de contribución al producto interior bruto (PIB) superiores al 10 % que se presentaban antes de la crisis, entre los años 2005 y 2009¹.

Figura 1. Evolución interanual en volumen encadenado de la construcción y el PIB



Fuente: INE e IDESCAT

Desde que se desató la crisis, el sector de la construcción no sufrió una mera desaceleración, sino la peor crisis de las últimas décadas. Frente al excesivo crecimiento del sector en los años anteriores a la crisis, que generó una realidad macroeconómica distorsionada (la llamada burbuja inmobiliaria), una vez desencadenada la crisis financiera se produjo un proceso de ajuste que marcó el cambio de modelo de crecimiento de la economía española.

En este contexto, el **sector de la obra civil** representa aproximadamente un 20 % de la cifra de negocio del sector español de la construcción (Fernández *et al.*, 2008), por eso es considerado tractor del resto de actividades y destaca por su gran capacidad para incorporar tecnologías avanzadas. La radiografía del sector de la obra civil para 2018 arrojaba 1.128.300 personas ocupadas, según el INE y los datos de la encuesta de población activa, y un total de 119.103 empresas registradas con actividad. De estas, el 87 % son microempresas que tienen entre uno y nueve trabajadores, mientras que las empresas grandes representan tan solo el 0,1 % del universo total.

1.2. Principales actores económicos a escala global

Los principales **grupos españoles de obra civil** gozan de gran presencia y prestigio a escala mundial². Entre empresas constructoras e ingenierías, once compañías españolas se sitúan en el *ranking* de las 250 más grandes del mundo. La primera compañía constructora del mundo por volumen de negocios es la española ACS, con una facturación de 41.423 millones de dólares en 2017. La segunda, además, es Hochtief, filial alemana del mismo Grupo ACS, con una facturación de 26.318 millones de dólares.

⁽²⁾Fuente: Ranking Top 250: Engineering News - Record

Las consideradas seis **grandes empresas españolas** son Grupo ACS, Acciona, FCC, Ferrovial, Sacyr y OHL. El *ranking* internacional se completa con las constructoras San José y Comsa, e Ingenierías Técnicas Reunidas y Sener. Por regiones, las empresas españolas obtienen sus ingresos teniendo en cuenta el siguiente orden de facturación: Estados Unidos, Asia, Europa, Latinoamérica, Oriente Medio, Canadá y África.

Los otros grandes países con fuerte presencia en el *ranking* mundial son China, con 69 empresas; Turquía, con 46 empresas, y Estados Unidos, con 36 empresas, según el *ranking* de 2017.

2. Especificaciones logísticas y del transporte

2.1. Organización de la cadena de suministro

En el caso de la obra civil, **la cadena de suministro se configura para cada proyecto constructivo de forma particular**. Tradicionalmente, la industria de la construcción se ha basado en el *outsourcing* de tareas, lo que la hace susceptible para la aplicación estricta de los principios de una cadena de suministro. Por ello, la gestión de todo el proceso bajo estos principios se ha convertido en una necesidad, como consecuencia de los cambios en el sector.

Con todo, la presentación del sector de la obra civil como una cadena de suministro en vez de hacerlo como el desarrollo en sí de un producto ofrece una visión más cercana de la organización de la producción y de las actividades de negocio en el sector. Este proceso comienza con una petición del cliente —una infraestructura en el caso de la obra civil— y concluye como un producto apropiado según las necesidades del cliente.

2.1.1. La cadena logística en la construcción y obra civil

En este ámbito, la **gestión y planificación logística** incluye el conjunto de actividades multidisciplinarias aplicadas a una determinada obra que buscan garantizar el abastecimiento, almacenamiento, procesamiento y disponibilidad de los recursos materiales y servicios en las zonas de trabajo, así como el dimensionamiento de los equipos de producción con el fin de hacer eficientes los procesos productivos. Estas actividades se dan a través del planeamiento, la organización, la dirección y el control, y tienen como principal soporte los flujos de información y el financiero.

Dicha **gestión y planificación logística** se divide en dos grandes bloques operativos:

- **Operaciones logísticas durante la fase de abastecimiento**, que comprende todas las actividades que se realizan para el suministro de recursos materiales y humanos, y para la ejecución de las tareas de producción. Estas actividades comprenden la especificación de los recursos, la planificación de los requerimientos, la emisión y transmisión de los pedidos, el transporte y recepción de los recursos en la obra, y finalizan con el pago a los proveedores.
Esta parte sería un símil del abastecimiento de materias primas en la industria, o de productos o piezas para su futuro ensamblaje en una cadena de producción.

- **Operaciones logísticas durante la ejecución de la obra**, que se dan en el interior de las obras y que comprenden la planificación, la organización, la dirección y el control de los flujos físicos de los materiales hacia los lugares de trabajo soportados por el flujo de información correspondiente. En esta parte se pueden incluir otros conceptos logísticos de la obra, como la conservación correcta de los materiales, el traslado de los recursos hacia las zonas de trabajo, y un buen *lay-out* o replanteo de las áreas temporales, con lo cual se obtiene una producción eficiente.

En este caso, a diferencia de otros sectores, la tercera fase de la cadena de suministro tradicional, y que está relacionada con **la fase de distribución, no tiene aplicación directa**, ya que el producto resultante es la propia obra finalizada en el lugar de la construcción. Por tanto, no hablaremos de gestión del almacenaje, de gestión de *stocks*, de envíos, de grupaje o transporte para entrega al cliente final del producto acabado y construido *in situ*. En cambio, sí que tiene relevancia en piezas o materiales de obra prefabricados, por ejemplo.

Cabe indicar, en términos generales, que la **logística en la obra civil** juega un papel que no siempre queda reconocido. La entrega de materiales a las obras siempre está condicionada por la secuencia de construcción, de modo que se reduzca al mínimo el movimiento y la manipulación de materiales. Además, al inicio de las obras, el grado de definición de los proyectos y los contratos no es el adecuado para solicitar el suministro con antelación, lo que dificulta las adquisiciones.

Por ello, la participación temprana en la fase de diseño y una mayor responsabilidad en el flujo de información relativa a los materiales conseguiría que la construcción obtuviera mayores beneficios de la logística.

Hay que subrayar que una mala logística puede incrementar el coste de la construcción hasta un 10 %³, lo cual afecta de forma importante los márgenes de los proyectos y la economía de las empresas constructoras.

⁽³⁾Fuente: <https://blog.liftit.co/logistica-gestion-logistica-construccion-glc-que-es/>

2.1.2. Metodología *just-in-time* en el abastecimiento de materiales de obra

Una definición clásica del objetivo del *just-in-time* (JIT) es producir los elementos que se necesitan, en las cantidades que se necesitan, en el momento en que se necesitan.

De acuerdo con dicha definición y aplicada al sector de la construcción, los proveedores y suministradores están obligados a **entregas muy exigentes para que se pueda cumplir la programación de la obra civil** en cuestión. Además, dicha **estrategia productiva y de abastecimiento** es especialmente importante y relevante en los casos siguientes:

- Obras cuyo enclave no permite la disposición de zonas de almacenaje temporal o acopio por falta de espacio.
- Materiales de obra que, por su condición física, no pueden ser almacenados en la zona de obra y deben abastecerse justo antes de su utilización. Por ejemplo, el hormigón que es transportado en camiones cuba o hormigonera, o la mezcla bituminosa para el asfaltado de firmes y explanadas, transportada en camiones de caja basculante.
- Maquinaria de obra muy específica con un elevado coste de operación.

Esta metodología permite reducir los costes de gestión y de almacenaje, aunque presenta una serie de **ventajas y desventajas**:

- Reduce los niveles de inventarios necesarios en todas las fases de obra y, como consecuencia, minimiza los costes de inventarios, compras, financiación de las compras y almacenaje.
- Permite el desarrollo de una relación más cercana con los suministradores y proveedores.
- Es más flexible y permite cambios más rápidos.
- Conlleva el peligro de tener problemas, retrasos y suspensiones por falta de suministros, que pueden causar retrasos y suspensiones en las fases de ejecución de la obra.
- Aumenta el coste de cambiar de proveedor y/o suministrador.

2.1.3. Principales actores en la cadena logística

Los **actores que participan** en la fase de construcción de una obra civil, y que, por tanto, intervienen en la logística de abastecimiento y obra, son:

- Promotor o constructor principal.
- Contratista principal y subcontratistas.
- Director del proyecto.
- Proveedores de materiales.
- Proveedores de equipamientos y maquinaria.
- Diseñadores/Ingenieros.

El **flujo de información** está basado fundamentalmente en transacciones entre los actores participantes. La efectividad y los plazos en cada una de las fases de obra y, por tanto, de toda la cadena de suministro están vinculados a través de dichos flujos de información.

2.2. Particularidades del transporte en el sector de la obra civil: *project cargo*

2.2.1. Tipologías de transporte más habituales

La **gestión del transporte** supone una actividad fundamental para conectar las distintas fases de la cadena de suministro, tanto en la operativa de abastecimiento de materiales (incluidas las piezas prefabricadas) y maquinaria a la zona de proyecto, como el transporte interno en la zona de trabajo. Dicho proceso de gestión debe permitir mantener un control sobre los riesgos, tanto en los plazos, en coherencia con la planificación integral de la obra, como en el impacto de los costes logísticos.

En relación con la fase de aprovisionamiento de los elementos necesarios para la construcción se diferencian **dos tipos de transporte**:

- Transporte *inland* o **transporte intrapaís**. Es el que acontece dentro de las fronteras del país de origen y de destino, cuando lo requiera, y se suele realizar por modo terrestre.

Lo más común es que se transporte vía carretera, aunque en algunas ocasiones se puede emplear el ferrocarril. Cuando el aprovisionamiento se da dentro del mismo territorio, es el único transporte existente, pero, cuando implica movilización geográfica relevante, suele darse entre la fábrica y el puerto y entre el puerto y la zona de obra.

- Transporte *foreland* o **transporte internacional**. Se trata de la parte de la cadena de suministro que implica un transporte fuera de las fronteras de los países en los que se ubica, ya sea la fábrica o la zona de obra.

Si ambos países se encuentran muy próximos y la conexión puede ser terrestre (por ejemplo, entre España y Portugal), el aprovisionamiento es por carretera, pero en caso contrario se realiza por vía marítima. En este sentido, la selección de ruta, que tiene un marcado efecto sobre la competitividad de la cadena logística, y la selección de un puerto deben hacerse bajo criterios de disponibilidad de espacio, tiempo, coste y estándares de manipulación de la mercancía.

Cabe indicar que el **transporte de materiales de construcción** entre países de la UE solamente se produce en aquellos productos que tienen un valor añadido suficiente para compensar el coste del transporte, generalmente materiales o maquinarias de alta calidad. La mayor parte de materiales utilizados en la construcción se producen en los propios países en los que se utilizan, debido a los altos costes de transporte (Atkins, 1994). Esta producción nacional de la mayoría de los productos no quiere decir que el efecto globalización no haya llegado a la construcción. La mayor parte de los productos con alto valor añadido son desarrollados por empresas multinacionales presentes a escala mundial.

Vehículos y/o plataformas especiales

Las especificaciones particulares que se aplican al transporte especial por carretera se exponen en el apartado 4.2.2.

- Además, en el sector de la obra civil, tanto en el ámbito nacional como internacional, cabe tener en cuenta una tipología de **transporte especial para cargas únicas, estructuras muy complejas, cargas con volumetrías específicas, cargas extrapesadas o que tienen gran valor añadido**. Esta particularidad de proyectos de transporte y logística se denomina cargas de proyecto (*project cargo*, en inglés).

Project cargo

El concepto de *project cargo* hace referencia al transporte de determinadas mercancías que, por sus dimensiones, peso y complejidad, no pueden ser contenerizadas (*break bulk*) y, por tanto, necesitan un sistema especial de transporte.

Figura 2. Ejemplo de transporte especial en el sector de la construcción



Fuente: Noatum Maritime

Las **cargas de proyecto** suelen ser elementos de elevado valor, cruciales para ejecutar los proyectos de construcción a los que van destinadas. Las más comunes son: estructuras semimontadas, estructuras construidas entre bastidores, piezas prefabricadas de grandes dimensiones, componentes para la generación de energía, etc. y, por otra parte, material rodante, equipamientos ferroviarios, bulldózers, grúas o también equipamiento flotante, como dragas, barcasas, yates o cajones de hormigón armado para diques. También forman parte de una carga de proyecto el plan para la movilización de una planta minera o la construcción de un parque eólico.

Para este tipo de **transportes especiales**, y dada la naturaleza y la composición única de la carga, se debe elaborar un plan operacional y de coordinación muy estricto que asegure la ejecución adecuada de los trabajos y, por otra parte, debe incluir la contratación de los siguientes servicios a una empresa especializada:

- Gestión de permisos y trámites aduaneros.
- Contratación de los vehículos especiales, grúas y vehículos escolta.
- Inspección de la carga en los puntos de carga y descarga.

- Asesoría y supervisión en la estiba a buque y el trincado de la carga.
- Emisión de certificados y garantías.
- Cálculos de tensiones y de estructuras para el transporte marítimo y de todo lo que ello requiera (contratación de grúas, construcción de estructuras complementarias, etc.).
- Planificación y gestión de rutas, incluida la asesoría de previsión de clima y de estados de mar.
- Supervisión de las operaciones de remolque.

2.2.2. Transporte terrestre especial

La movilización de objetos voluminosos y pesados que generan algunas de las grandes construcciones tiene consecuencias sobre las determinaciones del transporte terrestre en el país de origen o destino. Estos elementos pueden ser, por ejemplo, prefabricados modulares, grandes vigas de hormigón y acero, maquinaria de obra, aspas de molinos de viento para energía eléctrica y locomotoras ferroviarias.

Para el transporte de dichas piezas, existen en el mercado una serie de **vehículos y/o plataformas especiales**, entre los que destacan los siguientes:

- **Camión con plataforma autocargable.** Camiones de caja pequeña, con capacidad de carga no superior a las 15 Tm, equipados con una pluma para la autodescarga de los materiales que transporta, habitualmente palletizados.
- **Camión tráiler.** Conjunto articulado formado por una cabeza tractora, encargada de arrastrar un semirremolque que se apoya parcialmente sobre la cabeza tractora. Permite transportar piezas de longitudes menores a 13 m y con pesos del conjunto no superiores a 25 Tm.
- **Góndola.** Tipo de camión utilizado cuando la altura de la pieza supera los 2,5 m. Es un tractocamión que arrastra una plataforma de altura reducida. La distancia al suelo es aproximadamente un metro más bajo, lo que permite transportar piezas con altura próxima a los 3,5 m. Requiere solicitud de autorización especial.
- **Camión con plataforma extensible.** Similar al camión tráiler, pero con una plataforma extensible que permite transportar piezas desde 13 hasta 28 m de largo. El límite de carga de estos camiones es de 45 Tm.
- **Camión Dolly.** Camión formado por una cabeza tractora y un carro de apoyo, conectados entre sí por mangueras, por lo que solo es necesaria una cabeza tractora para más de un semirremolque. Se utiliza para piezas de gran longitud (de 14 a 35 m) y peso (de 45 a 120 Tm).

Figura 3. Ejemplo de un camión Dolly para transporte de una viga de hormigón prefabricada



Fuente: <http://prefabricadoseguro.com/>

La **elección** de una tipología u otra de vehículo depende del tamaño de la pieza que hay que transportar, pero también de los **factores** siguientes:

- Coste del servicio.
- Capacidad de carga, según peso, longitud y volumetría.
- Radios de giro. En algunos casos puede ser importante, dependiendo del itinerario desde las plantas productivas hasta la zona de obra.
- Limitaciones de altura, condicionadas por los pasos que se encuentren en el itinerario estudiado.
- Plazos y costes administrativos de obtención de autorizaciones de circulación.

En relación con este último aspecto, el Reglamento General de Vehículos⁴ determina que la longitud máxima de un camión articulado debe ser de 16,5 m, y su anchura no puede sobrepasar los 2,5 m.

⁽⁴⁾Fuente: Real decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos. DGT. *Boletín Oficial del Estado*, de 26 de enero de 1999, n.º 22, págs. 3440-3528.

En ocasiones, estas dimensiones no son suficientes para el transporte de determinados objetos voluminosos. Cuando ocurren estas circunstancias, es necesario solicitar una **autorización especial** para poder circular por las carreteras evitando riesgos inaceptables para la seguridad vial, daños a las infraestructuras o perjuicios a la movilidad del resto de usuarios.

A modo de ejemplo, en la tabla siguiente, se muestran los **tipos de autorizaciones** de circulación en la Comunidad Valenciana, y sus características principales:

Tabla 1. Tipos de autorizaciones complementarias de transporte terrestre en la Comunidad Valenciana y sus características

Tipo de autorización	Longitud máxima del transporte	Ancho máximo del transporte	Alto máximo del transporte	Masa máxima autorizada	Observaciones
Sin autorización especial de transporte	≤ 16,50 m	≤ 2,55 m	≤ 4 m	≤ 40 Ton	No sujeto a itinerario. Es suficiente la tarjeta de transporte.
Autorización especial de circulación genérica	≤ 20,55 m	≤ 3 m	≤ 4,5 m	Variable según camión de ≤ 40 a ≤ 45 Tm	No sujeto a itinerario renovable periódicamente. Comunidad Valenciana, cada dos años.
Autorización especial de circulación específica	≤ 40 m	≤ 5 m	≤ 4,5 m	≤ 110 Tm	Permiso lento de tramitación. Puede requerir estudio. Sujeto al itinerario que recorrerá el vehículo.

Tipo de autorización	Longitud máxima del transporte	Ancho máximo del transporte	Alto máximo del transporte	Masa máxima autorizada	Observaciones
Autorización especial de circulación excepcional	> 40 m	> 5 m	> 4,5 m	> 110 Tm	Permiso muy lento de tramitación, puede requerir estudio y/o escolta, sujeto al itinerario que recorrerá el vehículo.

La **solicitud de un transporte especial** debe incluir también el itinerario previsto, en el que deben estar marcados los puntos de origen y destino, e identificadas las provincias y el nombre de las carreteras por las que se circulará. La ruta debe ser lo más directa y coherente posible. Este tipo de transportes, ya circulen por autopista, autovía o carretera convencional, deben estar acompañados por vehículos piloto.

Figura 4. Transporte especial de una locomotora



Fuente: Transportes Aguado

Además, el gestor responsable de la vía debe emitir un informe de viabilidad y autorizar su paso. Algunas de las restricciones que actúan sobre el transporte especial es la priorización del horario nocturno, requisito de modificaciones en la vía, uso de apartaderos para aliviar tráfico, acompañamiento de los cuerpos de seguridad para cortar el tráfico, etc.

En España, los agentes que se reparten las **competencias asociadas al transporte especial** son:

- Entes públicos: Ministerio de Fomento (Dirección General de Carreteras), gobiernos autonómicos, ADIF y las autoridades portuarias.
Dadas las competencias en transporte terrestre, los tipos de autorización cambian no solo en cada país, sino también, como en el caso de España, dependiendo de la comunidad autónoma. Las autorizaciones de transporte, según la Ley de ordenación del transporte terrestre (LOTT), se refieren a las dimensiones del conjunto del transporte y no de la pieza que hay que transportar.

- Entes privados: grandes fabricantes y generadores de la carga (por ejemplo, CAF, Gamesa, ULMA), concesionarias y empresas de transporte.

Si bien el transporte por carretera es mayoritario para la movilización de estos activos, también se recurre eventualmente al **transporte por ferrocarril**, por su elevada capacidad de transportar grandes piezas en longitud y peso.

2.2.3. Transporte marítimo de grandes cargas

El transporte de grandes cargas por vía marítima requiere del uso de una serie de buques especializados que permiten la estiba, el trincaje y el transporte de grandes piezas.

Este tipo de embarcaciones suele disponer de maquinaria propia (grúas) para la carga y descarga, lo que puede facilitar que las operaciones se ejecuten en puertos secundarios, donde es probable que no exista la maquinaria específica para estibar o desestibar la carga. Esto sucede principalmente por dos razones:

- 1) Porque se trata del puerto que más cerca se encuentra de la zona de proyecto.
- 2) Porque un puerto secundario probablemente está menos congestionado y es más capaz de habilitar una zona en las terminales para recibir o expedir dichas mercancías especiales.

A continuación, se identifican los buques de carga de proyecto convencionales y los buques especializados para mercancía sobredimensionada:

- **Buques de carga general.** Este tipo de buques transportan una amplia variedad de cargas, incluidos artículos industriales, cargas en bolsas, cargas de proyecto, productos de acero, productos forestales, cargas paletizadas, o cargas y contenedores a granel más pequeños. No son celulares y tienen bodegas con pontones de cubierta intercalada móviles/apilables. Normalmente, también disponen de sus propios medios de carga y descarga mediante grúas o puntales.
- **Buques multipropósito y *heavy lift*.** Este tipo de buques suelen estar diseñados y construidos con bodegas de pared (rectangulares) y cubiertas móviles intercaladas, lo que facilita la estiba eficiente de una gran variedad de cargas utilizando sus propios medios de seguridad y amarre. Son ideales para el transporte de cargas de proyecto. Los *heavy lift* se caracterizan por tener sus propias grúas capaces de elevar 100 Tm. Generalmente, las grúas están ubicadas de modo que permitan trabajar en tándem. Este tipo de operativa es especialmente útil para el manejo de cargas de gran longitud o dimensiones, ya que facilita su manipulación en una posición estable.

Figura 5. Buque para *heavy lift cargo* con grúas propias

Fuente: Liebherr

- **Buques *heavy lift* semisumergibles.** Los *heavy lift carrier* son los únicos barcos del mundo capaces de transportar plataformas petrolíferas, bases de comunicaciones u otros grandes navíos. Esto se debe a que su particular diseño les permite soportar pesos superiores al de su propia estructura. Dichos buques pueden sumergirse y cargar sobre sus cubiertas todo tipo de mercancías flotantes. En segundo lugar, pueden embarcar carga rodada, para ello deben estar atracados en un muelle y regular su calado hasta dejar la cubierta al nivel del muelle. Por último, las cargas pueden ser deslizadas sobre raíles de tierra hacia la cubierta. Cuando la carga es deslizada o rodada sobre la cubierta, no requieren la presencia de las torretas estabilizadoras en popa, por lo que pueden trabajar sin ellas y transportar cargas mayores. El rango de estas cargas varía desde los pequeños yates de 10 Tm hasta construcciones de 110.000 Tm.
- **Barcazas.** Una barcaza es un artefacto naval, normalmente sin propulsión propia, que precisa un barco remolcador. Suelen tener el fondo plano, lo que posibilita el transporte de mercancías tanto marítimo como fluvial entre costas cercanas. Este tipo de fondo facilita su varada en playas de arena, de modo que no requieren muelles o embarcaderos para la carga y descarga. Aunque la anterior sea una definición común, existe una gran variedad de tipos de barcazas que se pueden utilizar para el transporte de cargas de proyectos, desde barcazas fluviales interiores hasta grandes barcazas oceánicas, a veces autopropulsadas. Algunas están equipadas con bodegas y cubiertas de escotilla. Por ejemplo, para cargas de proyecto más grandes que requieren un remolque oceánico con remolcador, se utilizaría una gran barcaza con cubierta superior plana y estanca.
- **Buques de carga rodada.** En algunos casos, la carga se puede transportar en buques especializados para carga rodada (para transportar, por ejemplo, maquinaria de obra o material ferroviario rodante) o también en buques de carga general a granel, como los que se emplean para el transporte de las piezas necesarias para los aerogeneradores.

Figura 6. Carga de proyecto transportada en buque de carga rodada



Fuente: Wallenius Wilhelmsen

Régimen de fletamentos en el transporte marítimo

A diferencia del transporte marítimo en línea regular, que suele cubrir un tráfico determinado en unas rutas y frecuencias definidas, y que es más adecuado para la carga general y contenedorizada, existe otra modalidad de contratación más adaptada al transporte de grandes volúmenes de mercancía, o plantas de fabricación completas (prefabricados), grandes grúas, maquinaria de obra civil, etc. Dicho régimen de contratación se conoce en el sector del transporte marítimo como **régimen de fletamentos y transporte *Tramp***.

El régimen de fletamentos puede realizarse contratando el espacio de carga de un buque, total o parcialmente, para efectuar un viaje determinado o varios, o bien para utilizarlo por un periodo de tiempo. En el mercado de fletes la relación contractual de transporte entre fletador (cargador que tiene grandes volúmenes de mercancías) y armador fletante (navieros que disponen de buques adecuados) se establece en un documento llamado póliza de fletamento (*charter party*), que coexiste con el conocimiento de embarque.

Fletamento

En la práctica, todo transporte marítimo de mercancías ajenas efectuado en interés de terceros recibe el nombre genérico de **fletamento**, por lo que resulta un tanto difícil definir este contrato al no existir un concepto unívoco de tal expresión que, en términos generales, equivale a transporte marítimo. En principio, puede definirse diciendo que es el contrato de transporte marítimo. Sin embargo, se hace necesario concretar más, y bajo este amplio sentido hay que distinguir tres conceptos bien diferentes:

- El propietario cede el uso y utilización del buque al arrendatario, por precio y tiempo determinados, para que este lo explote por su cuenta. Es el conocido en la práctica por la expresión inglesa ***time charter***, y aunque no es propiamente un caso de fletamento; sin embargo, se le conoce con este nombre (fletamento en *time charter*).
- El segundo supuesto es el de **fletamento propiamente dicho**, por el cual el armador de un buque (que puede ser el propietario o un arrendatario de este —armador fletador—), que recibe el nombre de fletante, pone el buque a disposición de la otra parte —fletador— por un tiempo o viaje determinado para efectuar un transporte marítimo a cambio de un precio —flete. En este caso, y a diferencia del anterior, el fletante continúa en la posesión y explotación del buque fletado, y su finalidad concreta es efectuar el transporte marítimo convenido.
- El tercer supuesto es el de transporte de mercancías por mar (**transporte de mercancías en régimen de reconocimiento**) y, aunque es muy diferente del anterior, tam-

⁽⁵⁾<https://trabajadorjudicial.wordpress.com/el-contrato-de-fletamento/>

bién se comprende bajo la denominación genérica de **fletamento** y propiamente sólo corresponde a la segunda de las formas expuestas.⁵

Además, en el transporte de grandes cargas, se suelen diferenciar dos tipos de relaciones contractuales:

- la relación contractual del cliente (importador o exportador de cargas de proyecto) con su operador logístico que organiza la operación, y
- la relación contractual del operador logístico con las empresas transportistas que desarrollan materialmente el transporte.

En este contexto, una de las tareas más importantes que hay que realizar durante la planificación de la logística de un gran proyecto de obra es la contratación, o fletamento, de un buque para realizar el transporte marítimo de la forma más adecuada. Esta dependerá principalmente de las características de las piezas que deban transportarse y de la existencia de rutas regulares entre los orígenes y el destino de interés.

2.3. Almacenamiento temporal y zonas de acopio de elementos voluminosos

En la planificación de la operativa logística de un gran proyecto de construcción civil o industrial en el que haya una carga de proyecto especial, sobredimensionada o extrapesada, se debe tener en cuenta la necesidad de seleccionar y reservar grandes terrenos o zonas de acopio, siempre que sea posible. Esto es:

- En las áreas de embarque y desembarque de los puertos hay que reservar espacios que sean adecuados para la recepción y montaje de cualquier tipo de proyecto, idealmente próximos a los atraques habilitados. También es habitual que se disponga de cierta cantidad de almacenes cubiertos. Y las terminales deben estar equipadas con la maquinaria necesaria para su operación y estiba.
- En las áreas cercanas al lugar de ejecución del proyecto también hay que reservar terrenos suficientes en condiciones adecuadas que permitan los ensamblajes finales, los trabajos de soldadura, que tengan disponibilidad de agua y de electricidad, y en los que se permita el montaje provisional de carpas. Estos espacios también se destinan a zonas de maniobra para las grúas que soportan los procesos de montaje y desmontaje, encofrados, etc.

Las superficies de almacenamiento a lo largo de toda la cadena logística de aprovisionamiento deben contar con garantías de accesibilidad y medios, dado que muchos de estos proyectos pueden encontrarse en lugares remotos sobre los que no haya garantías mínimas para llevar a cabo un transporte espe-

cializado. En esos casos, parte del análisis de la cadena logística puede centrarse en un subproyecto de construcción de accesos, habilitación de algunas sendas o refuerzos estructurales para puentes y viaductos en la ruta escogida.

Figura 7. Terminal para cargas de proyecto en el puerto de Gijón



Fuente: www.puertodegijonfidma.com

2.4. Indicadores clave para monitorizar y evaluar los procesos logísticos

Los **procesos logísticos** involucrados en los proyectos de obra civil suelen diseñarse *ad hoc* y se ejecutan en función de una planificación operativa muy particular. Por este motivo, no existen indicadores estándar para poder monitorizar la operativa logística y de transporte de materiales de obra especiales, o cargas de proyecto.

Además, dada la importancia de la subcontratación en este sector, son importantes también los indicadores que permitan contratar a la mejor empresa, que cumpla con el presupuesto, el plazo y la calidad, y que no genere interferencias en las otras actividades. Por esto, los principales indicadores del sector de la construcción hacen referencia a las categorías siguientes:

- **Costes.** La presión en costes es muy fuerte en una obra y por este motivo los indicadores de coste son de los más importantes durante su contratación, ejecución y liquidación final. En un contrato de obra pública, sea del tipo que sea, se suele certificar el grado de avance al final de cada mes y se paga conforme a ello. Las mediciones del material empleado en cada partida finalizada son muy importantes para justificar el coste que debe ser trasladado a la entidad contratante. Otros indicadores relacionados con el coste son las desviaciones, los desglosados por partidas, la proyección de pérdidas y ganancias, el gasto del personal sobre las ventas, las ratios de coste por superficie o por volumen, el beneficio neto (sin gastos generales) y el beneficio bruto de la obra.
- **Tiempo.** Toda planificación de obra incluye las holguras que tiene en cada actividad y los distintos caminos críticos que se van esbozando al ir completando etapas. Es muy importante tener claro si la actividad en eje-

cución forma parte del camino crítico de la obra para prevenir los efectos que puede tener sobre las actividades subsiguientes.

- **Productividad.** Muy relacionadas con los factores anteriores se encuentran las ratios de productividad. Son muy empleadas en cualquier tipo de obra, ya sea para controlar la velocidad de avance o para planificar la contratación de equipos. Los indicadores principales de productividad son los rendimientos, tanto de máquinas como de horas hombre, y se suelen relacionar con una partida en ejecución, como puede ser el metro lineal de acera, el metro cúbico de hormigón, el área total de la obra o el volumen. Estos indicadores o KPI (del inglés, *key performance indicator*) suelen comparar lo que se contrató, es decir, lo planificado, con lo real que se va obteniendo.
- **Calidad.** La obra que se entrega, independientemente de que sea del sector de edificación o de obra civil, debe cumplir con los parámetros de calidad establecidos por el contrato. Ello impacta en la selección de materiales y acabados, e incluso en los procedimientos constructivos. Durante toda la fase de obra es muy habitual que se desarrollen distintos ensayos para, por ejemplo, evaluar la resistencia de los materiales o la densidad mínima del armado en una estructura. Otros indicadores relacionados pueden ser el número de defectos, los problemas de calidad encontrados, la cantidad teórica de acero, el espesor promedio, las densidades y pesos específicos, etc.
- **Seguridad laboral.** En las obras, como en las fábricas, el factor de prevención de riesgos laborales es primordial. Todas las obras cuentan con un director de seguridad y salud, así como varios recursos preventivos para controlar que todo se ejecuta conforme a las especificaciones establecidas.

En lo referente a la **logística en obra**, esta sí se planifica y monitoriza con gran detalle, dadas las características específicas del mercado de obra pública y edificación. La competencia en los concursos públicos ha hecho que históricamente se oferte un presupuesto de ejecución que se encuentra bajo el coste real previsto de la obra, por lo que la empresa contratista debe esforzarse durante la obra en recuperar la inversión y los costes operativos, y obtener un margen bruto de beneficio de la actividad. Todo ello implica la necesidad de mantener un fuerte control de los costes y de los plazos, especialmente con la metodología de trabajo *just-in-time*(JIT), tal como se ha podido ver en el apartado 2.1.

3. Principales procesos sujetos a subcontratación

Tradicionalmente, en el sector de la construcción y la obra civil, los contratistas principales ejecutaban buena parte de los proyectos de obra de forma autónoma, y asumían, por tanto, la mayor parte de las tareas. Esta tendencia ha ido dando paso al *outsourcing* de gran parte de las actividades, hasta alcanzar el nivel drástico de subcontratación en el sector que, en el caso de España, alcanza el 90 % de las tareas.

El *core business* de este tipo de empresas se basa directamente en la **coordinación** y la **gestión** de todas las tareas que forman parte del proyecto integral. Los contratistas principales se han ido perfilando como organizaciones que ofrecen servicios asociados al sector, formadas principalmente por ingenieros, arquitectos y directores de proyectos, que se limitan a la gestión y dirección, y externalizan prácticamente todas las demás fases. No obstante, es importante destacar que la Ley 32/2006, que rige la subcontratación en el sector de la construcción, limita a tres subcontrataciones sucesivas para ejecutar una misma actividad.

A continuación se citan algunos de los factores que más determinan la importancia de la subcontratación en obra:

- Existe una **gran presión** por buscar el abaratamiento de **costes**, lo cual tiene un efecto sobre la flexibilidad en la gestión de puntas de trabajo. Ello deriva en una **estructura empresarial** muy particular:
 - Tal como se ha presentado al inicio del módulo, el sector está constituido fundamentalmente por pymes (más del 95 %) con bajo o muy bajo nivel de especialización y poca experiencia que, por sí solas, no pueden prestar el servicio directamente al cliente.
 - Muchas de estas empresas, además, se han establecido en el sector con poco capital, debido a las bajas barreras de entrada.
- Además de la estructura empresarial más habitual, el sector de la construcción presenta tres atributos que tienen efecto sobre el elevado porcentaje de subcontratación existente:
 - **Duración temporal limitada.** Las obras civiles y de edificación tienen un marcado carácter temporal. A partir del momento en el que se entrega una obra, a la empresa contratista no le interesa disponer de todo el personal que ha requerido para ejecutar el proyecto anterior, por lo que se recurre a las subcontratas.
 - Elevada **dispersión geográfica.** Acompañando al factor plazo, las obras ocurren en determinados puntos de la geografía internacional.

Lectura recomendada

A. I. Fernández; V. Gómez; B. Prida (2008). «La cadena de suministro en proyectos de construcción». *II International Conference on Industrial Engineering and Industrial*.

Las grandes empresas desplazan a su personal clave para gestionar cada proyecto y se recurre a la subcontratación de personal local cuando este no sea clave para la obra.

- **Campos diversos de actuación.** El sector abarca un abanico muy extenso de servicios: desde edificación y urbanismo hasta túneles, puentes o minas. Ello hace que a las grandes empresas les sea imposible disponer de todo el personal necesario y de la maquinaria especializada para poder llegar a ejecutar cualquier obra presente en su porfolio. La elevada especialización también repercute en la subcontratación.

Con todo, la tendencia actual es la búsqueda de un grado de colaboración lo suficientemente estable y adaptativo para cada proyecto, que permita alcanzar el objetivo de dicha colaboración: culminar las exigencias del cliente. Por ello, la cooperación y la selección adecuada de empresas subcontratistas tienen un papel fundamental en el éxito de cada proyecto.

3.1. La subcontratación de servicios logísticos

La subcontratación de servicios logísticos es una herramienta que permite optimizar la gestión logística de aquellas obras o construcciones de elevada complejidad y que impliquen el movimiento de piezas prefabricadas sobredimensionadas y maquinaria pesada, como grúas especiales, tuneladoras, pilotadoras, etc., y donde realmente resulte posible y necesario coordinar bien las operaciones entre los contratistas, los subcontratistas y los proveedores de materiales y maquinaria de obra.

La tendencia actual del mercado es subcontratar estos servicios a especialistas que se encargan de optimizar el flujo y minimizar el riesgo para el cliente. En este sentido, los principales objetivos que persiguen las empresas (proveedoras de materiales de obra y/o maquinaria) a través de la subcontratación logística son los siguientes:

- Reducción de los costes.
- Incremento de la productividad y de los niveles de servicio.
- Mayor flexibilidad ante las fluctuaciones del mercado y la demanda.
- Enfoque en el negocio, dejando las actividades que no son *core business* de la empresa en manos de un especialista, el operador logístico. Esto implica un mejor conocimiento (*know-how*) y optimización de los costes logísticos, o el acceso a equipos y servicios de alto nivel a un precio menor. La empresa contratante puede así centrarse en los procesos que formen parte de su verdadero *core business*.

4. Grado de digitalización y uso de la tecnología

4.1. Descripción del grado de digitalización en los procesos

Tradicionalmente, el sector de la construcción no ha tenido un espíritu tradicionalmente innovador, pero el papel cada vez más relevante de la tecnología está provocando que sus gestores estén apostado por la innovación aplicada al negocio: complejos programas de cálculo de estructuras, inteligencia artificial y robótica, nanotecnología, realidad virtual, Big Data, mapeo 3D para batimetrías y topografías, fotogrametrías mediante drones, y especialmente el BIM (*Building Information Modeling*) y las modelizaciones en 3D. Todas ellas son tecnologías que las empresas del sector están explorando como nueva fuente de ingresos o reducción de costes.

No se trata de que no haya investigación e innovación en la actividad constructora, así lo indica el peso de la ingeniería y la tecnología en el total de la I+D ejecutada por las administraciones públicas (con un 14,1 % de los investigadores, un 24,8 % del gasto interno y un 25,2 % del gasto en compra de I+D externa sobre el total de las disciplinas o áreas de investigación), así como los indicadores de actividad y posición internacional de los centros investigadores españoles en disciplinas directamente relacionadas con el sector, como la ciencia de materiales. Pero la actividad de I+D intramuros de las empresas del sector de la construcción es menos frecuente de lo que se da en otros sectores productivos. En cualquier caso, se encuentra más concentrada en ingenierías y laboratorios que en las propias empresas constructoras.

4.2. Penetración de la tecnología en la operativa habitual de las empresas

La llamada **revolución digital** ha transformado en gran medida el sector de la construcción y no hay duda de que lo seguirá haciendo en el futuro. Son muchos los beneficios que trae consigo el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la obra, entre los que destacan el acceso a información en línea desde cualquier lugar, la agilización de los procesos, la disminución de tiempos y costes, el control de la documentación de contratistas y la comparativa en tiempo real de la planificación de la obra. Sin embargo, es necesario potenciar más su uso en la obra civil, ya que, comparado con otros sectores, falta mucho camino por recorrer.

Lectura recomendada

Consejo Económico y Social de España. El papel del sector de la construcción en el crecimiento económico: competitividad, cohesión y calidad de vida [Colección Informes, n.º 02/2016]. <http://www.ces.es/documents/10180/3557409/Inf0216.pdf>

Para afrontar estos retos y aprovechar las oportunidades que brinda la acumulación de innovaciones a partir de estas nuevas tecnologías es importante conocer los **factores que pueden estar limitando una mayor intensidad innovadora**.

Estos son básicamente de carácter estructural, asociados a las características del sector y a la propia naturaleza de la actividad. En efecto, los factores que dificultan una mayor actividad innovadora en las empresas de la construcción están íntimamente ligados a sus características específicas como sector heterogéneo y fragmentado, que agrupa numerosas profesiones, con alta dependencia de los ciclos económicos, mano de obra intensiva menos cualificada y de gran movilidad geográfica, y trabajo en condiciones externas.

También influye el hecho de que la mayor parte de los productos (los proyectos y obras terminados) sean únicos, de manera que la innovación no siempre es estándar y fácilmente trasladable entre obras y proyectos de la misma empresa. Asimismo, la singularidad de los proyectos, junto con la dispersión geográfica de los centros productivos, explica el predominio de las subcontrataciones a la hora de organizar la ejecución, así como el sistema de licitaciones a la hora de adjudicar los proyectos, cuestiones ambas que no favorecen la introducción de innovaciones.

4.3. *Building Information Modeling*

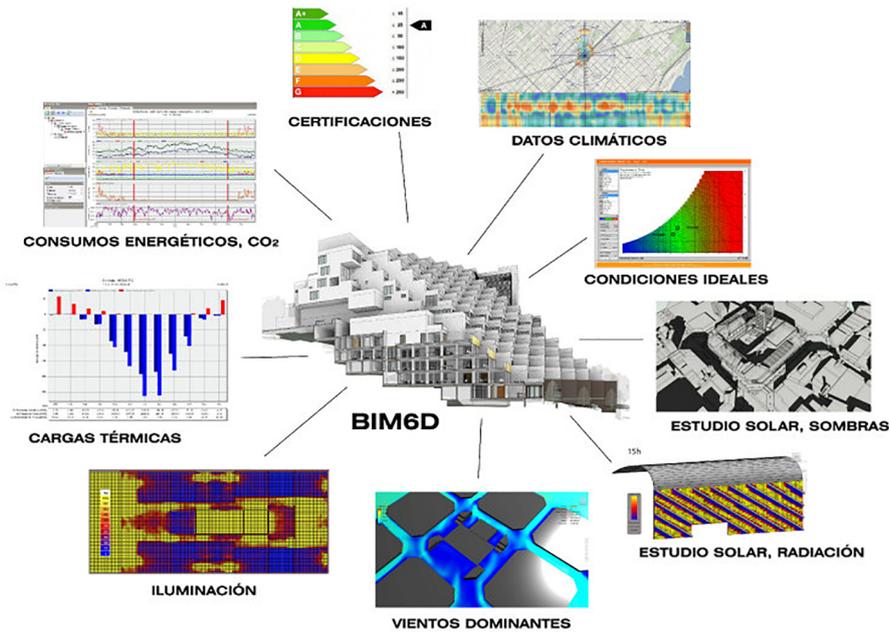
La adquisición tecnológica que ha revolucionado en mayor medida el sector es, sin duda, el modelado de información de construcción (BIM, por sus siglas en inglés).

Building Information Modeling

BIM es el proceso de generación y gestión de datos de un proyecto de construcción durante su ciclo de vida utilizando un software dinámico de modelado en tres dimensiones y en tiempo real, que permite reducir la pérdida de tiempo y de recursos, tanto en la fase de diseño como en la fase de construcción. .

El **BIM ha resultado clave en la digitalización del sector**, por el hecho de que representa una metodología de trabajo colaborativa para la gestión de proyectos a través de una maqueta digital, formada por una gran base de datos, que formará parte de la infraestructura durante todo el ciclo de vida de esta misma.

Figura 8. Potencialidades de una herramienta BIM



Fuente: Ibermatica365

La adopción del software BIM es una evolución del diseño asistido por ordenador (CAD) en 2D y 3D, que incorpora estándares de estructuras, arquitectura, obra civil, edificación y distintos estándares de calidad, como las normas ISO, y que modeliza los objetos parametrizadamente, mediante colaboración integrada y datos interoperables.

Las principales características de las tecnologías BIM se resumen en los siguientes puntos:

- **Trabajo multidisciplinar.** BIM permite el trabajo colaborativo a través de una sola plataforma en la que los diferentes agentes implicados en el proceso constructivo (arquitectos, ingenieros, delineantes) pueden trabajar en la misma herramienta integrando y compartiendo información en tiempo real.
- **Comprobación de interferencias.** Antes de comenzar a construir se cuenta con un modelo completo con toda la información. De este modo, se puede comprobar si hay algún problema de integración entre los diferentes elementos de una forma segura y rápida.
- **Integración del 2D y el 3D.** Esta metodología integra las 2 y 3 dimensiones interconectadas entre sí, lo que mejora la visión del proyecto global y evita posibles errores.
- **Generación de la documentación.** De forma automática genera presupuestos, planificación, estructuras, etc., de modo que consiga un aumento de la productividad y, por tanto, un ahorro de tiempo y costes.

- A través de BIM, se puede saber el **impacto energético** de cada uno de los materiales que componen la obra. De este modo, se podrán crear edificios inteligentes cada vez más integrados con el entorno, sostenibles y eficientes.

4.4. Otras innovaciones de largo alcance

Tradicionalmente, los software y otras herramientas tecnológicas con mayor uso en el sector de la construcción se concentraban en despachos de arquitectura e ingeniería. Los dos principales ejemplos se escenifican mediante los **programas de diseño y cálculo matricial de estructuras** y los **programas de diseño asistido por ordenador (CAD)**. Ambos modelos han ido evolucionando en múltiples versiones y entornos. Complementariamente, el sector ha ido internalizando los avances tecnológicos para otros usos productivos, entre los que destacan los siguientes:

- Uso de la **realidad virtual**. Esta tecnología como estrategia de venta en el sector inmobiliario goza de gran éxito entre los clientes, ya que les permite visualizar el inmueble con todos los detalles, sin necesidad de desplazarse hasta él. Esta técnica permite ahorrar tiempo y dinero en desplazamientos; genera un importante valor añadido, superior al que aportan las fotos o los *render*; permite visualizar también viviendas que aún están en construcción, y facilita la valoración de espacios con todas sus posibilidades.
- Técnicas de **medición y control geométrico** mediante la transferencia de tecnologías de realidad aumentada al campo de la topografía y auscultación geométrica. Consiste en la realización de medidas instantáneas de alta precisión y el análisis de desviaciones entre las medidas desarrolladas en el proyecto y la realidad construida. Los resultados son susceptibles de alimentar los datos de entorno BIM generados en cada obra. Conllevan la capacidad de minimizar desviaciones de costes y de plazos por replanteos y correcciones de errores a pie de obra.
- **Detección automática del personal** alrededor de **equipos en movimiento**. Consiste en tecnologías que incorporan de manera integrada sensores híbridos radar-ultrasonidos en la maquinaria, sistemas de aviso a los operarios de maquinaria y comunicaciones inalámbricas entre máquinas. Estas tecnologías permiten una amplia mejora de las condiciones de seguridad en las obras, en entornos con elevada impredecibilidad de los flujos.
- **Geodrones para levantamientos topográficos**. El uso de drones ha supuesto una revolución en los trabajos topográficos, ya que permiten obtener modelos digitales del terreno mucho más precisos y de mejor calidad que las técnicas topográficas tradicionales. Se consigue una cantidad de

información muy superior, ya que cubren hasta 5.000 hectáreas en un día, incluidos lugares de difícil acceso.

5. Perspectivas futuras

5.1. Tendencias que afectan la promoción de proyectos de obra civil

El sector de la construcción tiene una fuerte dependencia de la inversión pública en su desarrollo y varias de las tendencias que afectan al sector se relacionan con la evolución de los sistemas de contratación pública, la evaluación de la viabilidad de nuevas inversiones, las colaboraciones público-privadas y los nuevos tipos de contratos integrales para garantizar calidad y plazo:

- Mejoras de **eficiencia en la contratación pública**, a través de la utilización de las nuevas tecnologías y sistemas electrónicos de comunicación, con el fin de potenciar la contratación electrónica. Mejorar la integridad y la transparencia en la contratación pública, mediante la adopción de una serie de medidas destinadas a garantizar esta última y evitar los posibles actos de corrupción. Simplificar y abaratar la gestión de los procedimientos de contratación pública, y lograr que sean más ágiles y eficientes. Incluir en los contratos públicos consideraciones de tipo social, medioambiental y de innovación y desarrollo.
- Actualizar los instrumentos vigentes para el desarrollo de infraestructuras y viviendas, de manera que prevean las **inversiones necesarias** para el desarrollo **adaptado a las demandas previsibles**. Implantar de manera recurrente para inversiones estratégicas análisis de evaluación de rentabilidad social y económica, así como el retorno financiero u otros análisis afines, como el coste-beneficio o la determinación del gap financiero que debe asumir la Administración pública.
- La **colaboración público-privada**. Dado el contexto de ajuste presupuestario anteriormente descrito, se deben barajar otras fórmulas para poder financiar la construcción y modernización de las infraestructuras básicas y/o estratégicas que involucren al sector privado. Los esquemas de colaboración público-privada son una fórmula que permite distribuir de un modo más eficiente el coste de la financiación de grandes infraestructuras.
- Impulso del desarrollo de infraestructuras estratégicas a escala regional o nacional mediante **contratos del tipo EPC** (*Engineering, Procurement and Construction*) o contratos **llave en mano**. Este tipo de contratos incluyen los servicios integrales de ingeniería, compras, fabricación, construcción y puesta en marcha en un único contrato, y aúnan a los principales acto-

res del sector: la ingeniería proyectista, la dirección de obra, el contratista principal y el cliente o propiedad.

5.2. Tendencias tecnológicas, sociales y geoestratégicas

En el contexto empresarial, los proveedores del sector se enfrentan a tendencias de diversificación, búsqueda de alianzas estratégicas, reducción de la deuda, ampliación de la presencia internacional e introducción de los desarrollos innovadores en su actividad constructiva:

- **Diversificación y alianzas estratégicas.** Reducir el peso de la actividad constructora. Conseguir un mayor equilibrio de los negocios de los grandes grupos. Los grandes grupos españoles hace una década que están virando principalmente hacia las energías renovables, empresas de Real Estate, tratamiento de residuos sólidos y urbanos, prestación de servicios industriales y conservación, etc., y ampliando su presencia internacional.

Acciona, por ejemplo, mantiene control de Endesa y de la Italiana Enel; ACS tiene una participación importante en Iberdrola y Unión Fenosa, y Sacyr hace años que pertenece al accionariado de Repsol.

- **Reducción de deuda y crecimiento de los grupos.** Los grandes grupos constructores quedaron en una situación delicada tras la crisis y todavía arrastran problemas de solvencia. Actualmente se encuentran en un proceso de saneamiento. Tratan de reducir el desapalancamiento a fin de fortalecer el desarrollo de las áreas de actividad mediante el refinanciamiento de la deuda, la venta de participaciones en activos adquiridos y grandes planes de desinversión.
- Aplicación de las **tendencias tecnológicas innovadoras** en el sector: muchas de las empresas constructoras ya incorporan *Lean Construction* para el seguimiento de todo el ciclo de vida, y Big Data para analizar datos, reducir costes y mejorar la toma de decisiones. Otro de los factores es la entrada en juego de materiales que se impondrán por cuestiones de resistencia, sostenibilidad y coste, como el grafeno o el hormigón translúcido.
- **Impresión 3D** en hormigón de piezas prefabricadas en el sector de la construcción (construcción aditiva). Este concepto se define fundamentalmente como el proceso de unir materiales para crear construcciones desde un modelo de datos 3D. Esto quiere decir que la producción y/o el proceso de ensamblado debe ser controlado de alguna forma por métodos digitales (Labonnote et al., 2016).

Resumen

El **sector de la construcción** en obra civil en España es muy potente, con fuerte presencia internacional. Históricamente, el valor agregado bruto del sector sobre el PIB nacional ha sido de los más relevantes, hasta el punto de llegar a situarse por encima del 10 % durante los años 2005 a 2009. Desde entonces, el valor se ha situado en un rango de entre el 5,5 y el 6 % anual constante.

En este contexto, la **logística asociada a la obra civil es muy particular y debe ser estudiada, planificada y ejecutada como un proyecto único específico**. Las obras complejas generan su propia cadena logística y deben ser proyectadas de forma integrada con otros aspectos importantes que puedan ser camino crítico en el desarrollo del proyecto. En el sector se diferencian dos tipos de planificación logística: la logística de obra y la logística de abastecimiento.

Esta última puede llegar a tener una gran complejidad, especialmente en proyectos importantes, que requieren cargas muy específicas, sobredimensionadas, de gran valor o de mucho peso. Se habla entonces del concepto de *logística de proyecto*, para la cual se deben escoger los medios de transporte terrestre más adecuados, así como los tipos de buques adecuados cuando se requiera transporte internacional, junto con los permisos y autorizaciones que se apliquen según la legislación regional en vigor. La planificación debe incluir, asimismo, los itinerarios, con sus condiciones geométricas, la disponibilidad de grandes superficies en los puertos y en destino, así como la disponibilidad de maquinaria específica para su manipulación.

La **subcontratación** es muy importante en el sector de la construcción, con ratios en España superiores al 90 %. Ello se debe a causas de duración limitada de la obra, dispersión geográfica, variedad en el porfolio de proyectos en ejecución y requerimiento intensivo de mano de obra. El *core business* del sector se centra en la coordinación integral y en la gestión. El valor agregado de las grandes empresas se justifica mediante su personal técnico: ingenieros, arquitectos o economistas.

La **digitalización** no ha sido tradicionalmente un punto fuerte en el sector. No obstante, sí se detecta en los últimos tiempos la entrada en una era de transformación digital impulsada principalmente por Europa con el objetivo de optimizar la productividad y mantener mayor control sobre los plazos y los costes. Requiere especial énfasis la revolución en el desarrollo de proyectos y obras que representa la tecnología participativa BIM, del mismo modo que lo hizo el CAD en los años noventa en España.

Por último, se han identificado las principales tendencias que marcarán la evolución del sector en los próximos años y que incluyen aspectos como una planificación más racional de la obra pública, nuevas fuentes de financiación por restricción de disponibilidad presupuestaria, nuevas modalidades de adjudicación de grandes construcciones o la evolución del sector de la construcción aditiva (impresión 3D), tanto en edificación como en obra civil.

Bibliografía

Las principales **fuentes de información** que han servido de base para la elaboración del presente módulo se citan a continuación.

Ahmadian, A.; Akbarnezhad, A.; Rashidi, T.; Waller, S. (2014). *Importance of Planning for the Transport Stage in Procurement of Construction Materials*. The 31st International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining (ISARC 2014).

Arroyo, R. (2016). *Problemas en la gestión de la cadena de suministro en las pymes de la construcción. Una revisión de la literatura*. Máster Universitario en Edificación. Valencia, España.

Asociación de Empresas Constructoras y Concesionarias de Infraestructuras, SEOPAN (2018). *Informe estadístico de la Construcción e Infraestructuras 2018-2019*. [en línea]. <https://seopan.es/wp-content/uploads/2019/05/Informe-Estad%C3%ADstico-SEOPAN-2018_2019.pdf>

Bohoyo Acosta, L. (2017). *Los riesgos en el transporte de carga de proyecto*. Máster en Negocio y Derecho Marítimo (Promoción 2016-2017). Madrid: IME y Universidad Pontificia Comillas.

Campillo, M. (2017). *Prefabricación en la arquitectura: Impresión 3D en hormigón*. Trabajo de fin de grado presentado en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid (UPM).

Consejo Económico y Social (2018). *El papel de la construcción en el crecimiento económico*.

Fernández, A. I.; Gómez, V.; Prida, B. (2008). *La cadena de suministro en proyectos de construcción*. II International Conference on Industrial Engineering and Industrial.

IDOM (septiembre de 2016). *Estudio de alternativas de transporte especial al puerto de Bilbao*. Propuesta para el Ministerio de Transporte.

Institut Cerdà (1995). *Manual para la subcontratación de servicios logísticos*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente («Monografías»).

Khyomesh V. P., Chetna, M. V. (2011). *Construction materials management on project sites*. National conference on recent trends in engineering and technology (13 y 14 de mayo de 2011). Gujarat (India).

Labonnote, N.; Ronnquist, A.; Manum, B.; Rütther, P. (2016). *Additive construction: State-of-the-art, challenges and opportunities*. *Automation in Construction* (núm. 72, págs. 347-366).

Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción. *Boletín Oficial del Estado*, 10 de octubre de 2016, n.º 250.

Management. XII Congreso de Ingeniería de Organización (del 3 al 5 de septiembre de 2008). Burgos.

Mendiola Lázaro, A. (2016). *Gestión logística en las empresas constructoras. Sinergia e Innovación* [en línea]. Blogs UPC, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). <<https://blogs.upc.edu.pe/sinergia-e-innovacion/conceptos/gestion-logistica-en-las-empresas-constructoras>>

Observatorio Fundación Laboral de la Construcción (2018). *Informe sobre el sector de la construcción 2018*. <<http://www.observatoriodelaconstruccion.com/publicaciones/detalle/informe-sobre-el-sector-de-la-construccion-2018>>

Real decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. *Boletín Oficial del Estado*, 25 de octubre de 1997, n.º 256, págs. 30875-30886.

