

ECOSISTEMA DE LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA EN GALICIA

Pablo Vázquez Múñiz¹; Agustina Essain², Jesús Bargados García³

¹ Galicia Constrúe. Santiago de Compostela, España, gerencia@galiciaconstrue.org

² Galicia Constrúe. Santiago de Compostela, España, e.essain@galiciaconstrue.org

³ Galicia Constrúe. Santiago de Compostela, España, j.bargados@galiciaconstrue.org

Resumen

El presente artículo técnico ofrece un análisis del ecosistema de la construcción industrializada en la Comunidad Autónoma de Galicia. En un contexto macroeconómico condicionado por el déficit crítico de trabajadores, la volatilidad en los costes de las materias primas y la urgente necesidad de descarbonización del sector de la edificación, el tránsito hacia los modelos de fabricación *off-site* se erige como una solución ineludible. El estudio sistematiza la madurez de la cadena de valor gallega a partir de los datos recabados en la configuración del Mapa de Capacidades y el Repositorio de Soluciones Constructivas, instrumentos vertebradores del portal *edifica40.gal* promovido por el Plan de Impulso de la Construcción Industrializada que se está desarrollando a partir de una colaboración público-privada entre el Instituto Galego da Vivenda e Solo (IGVS) da Xunta de Galicia, y la Fundación Galicia Constrúe, Clúster da Construcción. La investigación evalúa las capacidades productivas en madera estructural, estructuras metálicas, los prefabricados de hormigón de gran formato, modular 2D/3D) y componentes y materiales. También se analizan la experiencia en el ejecución y desarrollo de proyecto de las constructoras en la ejecución y coordinación necesaria para llevar a buen fin proyecto industrializados. Asimismo, se examina la brecha de digitalización en el tejido técnico proyectista frente a la exigencia del Diseño para Fabricación y Ensamblaje (DfMA) y la metodología BIM. Finalmente, el artículo destaca el rol indispensable de la logística de gran tonelaje y su interacción crítica con la red de vías de alta capacidad, infraestructuras que actúan como verdaderas arterias para el modelo industrializado. Todas las referencias a los agentes productivos han sido anonimizadas, enfocando el análisis en las magnitudes agregadas y las tendencias tecnológicas del territorio.

Palabras Clave: Construcción Industrializada; DfMA; Metodología BIM; Construcción Modular; Mapa de Capacidades.

1 Introducción y Contexto Macroeconómico de la Edificación

El sector de la edificación se encuentra en una situación que demanda una transformación estructural en sus metodologías de producción. Históricamente, la industria de la construcción ha operado bajo un paradigma artesanal, caracterizado por la ejecución *in situ* pero este modelo muestra signos evidentes de agotamiento, incapaz de dar respuesta a las tensiones macroeconómicas y demográficas.

El primer y más severo condicionante es la brecha demográfica y la consiguiente escasez crónica de talento. Las proyecciones sociolaborales del sector en Galicia revelan un panorama de extrema vulnerabilidad: se estima que uno de cada cuatro trabajadores que actualmente operan a pie de obra alcanzará la edad de jubilación antes del año 2030. Esto se ve agravado por la dificultad del sector para atraer talento. Como resultado, el volumen de ofertas de trabajo sin cubrir se ha triplicado en el último lustro, generando un cuello de botella productivo que paraliza el crecimiento.

Paralelamente, la industria se enfrenta a una alta volatilidad inflacionaria. Los registros autonómicos indican que los costes de los materiales de construcción han experimentado un

incremento agregado del 29% desde el año 2021, con picos de encarecimiento de hasta el 70%. Esta inflación de costes afecta de forma directa a los márgenes de rentabilidad de las empresas promotoras y tensiona las licitaciones de la administración pública. Al mismo tiempo, la demanda habitacional sigue creciendo. Impulsada por la creación neta de hogares, los visados de viviendas de nueva planta en Galicia experimentaron recientemente un repunte interanual del 39%.

Las ineficiencias del modelo tradicional quedan patentes en los plazos de ejecución. Según datos del COAG el tiempo medio transcurrido entre la expedición de un visado colegial y la emisión del certificado final de obra se dilata en Galicia hasta los 43 meses, lo que significa que los proyectos aprobados en la actualidad no inyectarán oferta real en el mercado hasta casi el final de la década. En este ecosistema de alta presión, la construcción industrializada abandona su consideración de innovación opcional para erigirse en un imperativo macroeconómico.

2 El Plan de Impulso y el ecosistema digital (Edifica 4.0)

Para avanzar en esta transición el Instituto Galego da Vivenda e Solo de la Xunta de Galicia y la Fundación Galicia Contrúe-Clúster da Construción, pusieron en marcha mediante un convenio de colaboración público-privado el Plan de Impulso de la Construcción Industrializada. El objetivo de esta iniciativa es establecer una hoja de ruta práctica que acelere la modernización de la industria, proporcionando las herramientas necesarias para que el tejido empresarial pueda absorber los exigentes retos habitacionales, como el desarrollo de 10.000 viviendas públicas contempladas en los pactos autonómicos (2026-2030).

El Plan de Impulso se estructura metodológicamente en tres fases consecutivas de alta criticidad estratégica. La primera fase se centra en el diagnóstico exhaustivo de la realidad industrial mediante el desarrollo de un Mapa de Capacidades, destinado a identificar los recursos, la penetración tecnológica y las carencias del tejido empresarial. La segunda fase articula el plan de acción propiamente dicho, estableciendo la gobernanza, las vías de financiación y los roles de las entidades tractoras. Finalmente, la tercera fase aborda la redacción de Guías de la Construcción Industrializada

El epicentro tecnológico y divulgativo de este despliegue estratégico cristaliza en la plataforma web *edifica40.gal*. Este entorno digital ha sido concebido no como un mero repositorio documental, sino como un ecosistema interactivo. Su misión fundamental es tender puentes entre diseñadores, directores de obra, constructores y fabricantes para que exista una alineación que permita la optimización del desarrollo y fabricación de los edificios bajo parámetros de construcción industrializada. Para lograrlo, la plataforma se articula sobre dos pilares simbióticos: el Mapa de Capacidades y el Repositorio de Soluciones Constructivas.

2.1 El Mapa de Capacidades de la Construcción Industrializada

El Mapa de Capacidades representa una herramienta de inteligencia geoespacial diseñada para localizar, segmentar y evaluar el potencial productivo de la cadena de valor *off-site* en el territorio gallego. Lejos de funcionar como un simple directorio comercial, este mapa cuantifica variables críticas para el desarrollo de proyectos, tales como la distribución territorial de las fábricas, la proximidad a los nodos logísticos y a las vías de alta capacidad, el grado de madurez digital de las oficinas técnicas y el volumen teórico de producción instalada.

La configuración de esta cartografía industrial ha requerido un inmenso esfuerzo de prospección. A través de auditorías estructuradas, consultas a expertos y encuestas directas remitidas a más de 270 empresas (con una tasa de respuesta y colaboración directa de un 25%), se ha logrado registrar a más de 250 centros de trabajo con competencia demostrada en métodos industrializados.

El mapa segmenta el ecosistema en estratos interdependientes: los productores primarios de

componentes, los diseñadores y directores de obra especializados, las entidades de logística de transporte pesado, y las constructoras integradoras. Esta clasificación resulta de un inestimable valor para la macroeconomía regional, ya que muestra de manera objetiva que la Comunidad Autónoma de Galicia posee la capacidad endógena y la soberanía industrial requerida para autoabastecer sus propios planes de expansión habitacional, mitigando la exposición a las roturas de las cadenas de suministro internacionales.

Se ha creado una base de datos sobre una plataforma GIS en la que se georreferencian las diferentes empresas en mapas temáticos que permite profundizar en los productos y/o servicios ofrecidos por las diferentes empresas identificadas, así como sus datos de contacto: teléfono, correo electrónico y página web. El mapa es un documento vivo por dos razones principalmente. En primer lugar, porque se plantea como un elemento interactivo de consultas y por otra parte porque el mapa se irá actualizando con empresas que vaya ofreciendo nuevos productos o servicios para edificación industrializada.

2.2 El Repositorio de Soluciones Constructivas

Funcionando como el complemento técnico indisoluble del Mapa de Capacidades, la plataforma *edifica40.gal* alberga el Repositorio de Soluciones Constructivas. Este repositorio constituye un catálogo avanzado de ingeniería que exhibe los sistemas y subsistemas que la industria regional está en disposición de fabricar, abarcando desde envolventes arquitectónicas de aluminio hasta núcleos tridimensionales de hormigón y losas macizas de madera contralaminada.

Esta biblioteca se ha empezado a desarrollar con el departamento de construcción de la Escuela de Arquitectura de A Coruña con la intención de que vaya creciendo con el tiempo. El catálogo permite un filtrado previo en función de prestaciones que nos ayuda a encontrar la propuesta más se acerca a nuestras necesidades. Cada solución constructiva catalogada no se presenta únicamente mediante descripciones cualitativas, sino que integra parámetros básicos de ejecución, cuadros resumen de limitaciones geométricas para el transporte de gran formato y, de manera determinante, modelos digitales manipulables bajo la metodología BIM. Este nivel de detalle técnico dota a los proyectistas de una biblioteca información clave para la toma de decisiones durante el proyecto.

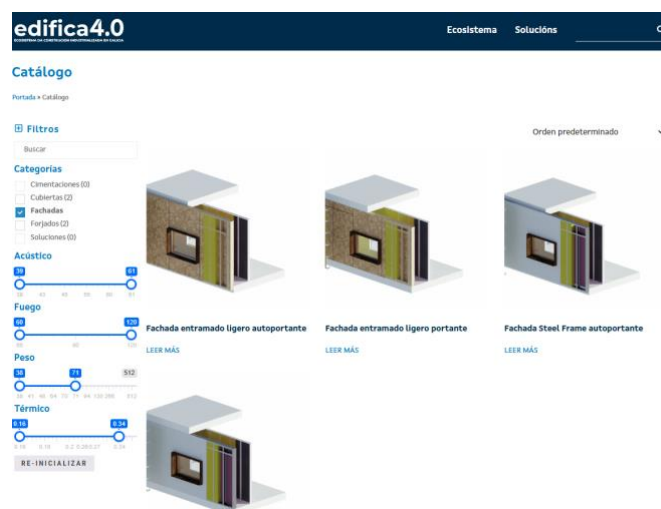


Figura 1. Catálogo de soluciones constructivas Edifica40.gal

2.3 Relación Funcional: Integración Temprana y Metodología DfMA

La interacción operativa entre el Mapa de Capacidades y el Repositorio de Soluciones Constructivas es el mecanismo que viabiliza el salto cualitativo hacia la verdadera industrialización. En los modelos convencionales de edificación, el diseño arquitectónico se ejecuta con total independencia de las limitaciones fabriles, delegando la resolución de las interferencias y los ajustes espaciales a la fase de obra húmeda. En la industrializada, donde un panel mecanizado o un módulo volumétrico presenta una tolerancia de error cercana a cero, este enfoque resulta financieramente ruinoso y operativamente inviable.

Para mitigar este riesgo de incompatibilidad, la industria demanda la Integración Temprana del Fabricante. La plataforma web actúa como el facilitador digital de esta integración. Un equipo redactor puede acceder al Repositorio de Soluciones para seleccionar un panel de cerramiento con aislamiento incorporado y visualizar su gemelo digital BIM. Simultáneamente, el Mapa de Capacidades permite visibilizar empresas que elaboran ese tipo de soluciones. Cada una de las empresas geoposicionadas incluyen teléfono, correo electrónico, página web y tipo de soluciones que elabora.

Esta trazabilidad bidireccional consolida la aplicación empírica de la metodología DfMA. Resulta clave que el proyecto nazca ya desde su origen industrializado. Para facilitar al arquitecto la parametrización de su diseño es importante tener en cuenta las restricciones y prestaciones de cada uno de los productos antes de su fabricación y los gálibos máximos del transporte documentados en las fichas del repositorio.

3 Análisis sectorial de capacidades productivas en Galicia

La minuciosa auditoría de las capacidades productivas, sustentada en la agregación de datos anónimos de más de un centenar de empresas colaboradoras, demuestra que el tejido industrial de Galicia no opera como un mero eslabón secundario dependiente de importaciones, sino que constituye una potencia manufacturera diversificada, con un profundo grado de madurez en la transformación de materias primas estructurales.

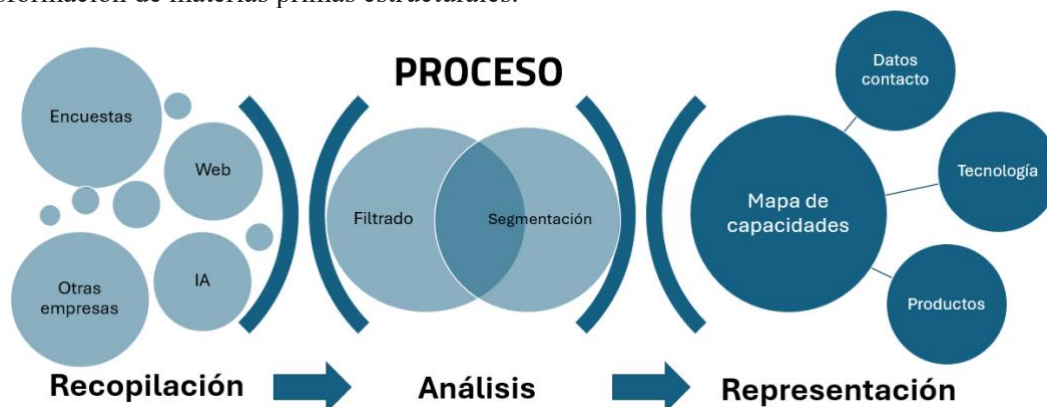


Figura 2. Proceso de recopilación, análisis y representación para el mapa de capacidades

Para elaborar el mapa de capacidades, se realizaron una serie de encuestas con el objetivo de evaluar el desarrollo del sector, su capacidad productiva y sus necesidades de adaptación.

Las preguntas se adaptan a cada sector. Para las empresas que fabrican sistemas o productos, nos centramos en cuestiones que buscan obtener una visión general del tamaño de la empresa, el porcentaje de facturación que representan los productos de construcción industrializada y los

mercados a los que se dirigen, la plantilla, el desarrollo de las oficinas técnicas, las tecnologías implementadas, el uso de BIM, la evaluación del grado de aprovisionamiento de materiales y productos gallegos, y el sistema o sistemas que desarrollan según la clasificación elaborada por el clúster de la construcción

Se realizó una segmentación y filtrado de la información que permite agrupar las empresas en 8 subsectores: madera estructural, estructuras metálicas, prefabricados de hormigón de gran formato, modular 2D/3D, componentes y materiales, constructoras, oficinas técnicas (arquitectura, arquitectura técnica y consultoría) y logística y transporte.

La identificación de las empresas que forman parte de la cadena de valor de la construcción industrializada se realizó a partir de buscadores web, IA, entrevistas con expertos del sector y una realimentación a partir de las propias encuestas enviadas a las empresas en las que se les preguntaban por sus suministradores de componentes y materiales.

Tras ese proceso se enviaron encuestas a 278 empresas a los que hay que sumar, gracias a la colaboración del Colegio de Arquitectos de Galicia y al Consello Galego da Arquitectura Técnica, a 112 oficinas técnicas que contestaron a las encuestas enviadas mediante circular a todos los colegiados inscritos en ambos colegios profesionales

Mientras que a los fabricantes se hacían consultas sobre el tipo de productos que elaboraban y la tecnología utilizada para su fabricación, a las constructoras y oficinas técnicas las preguntas se centraban en el conocimiento y la experiencia en la ejecución y desarrollo de proyectos con soluciones industrializadas.

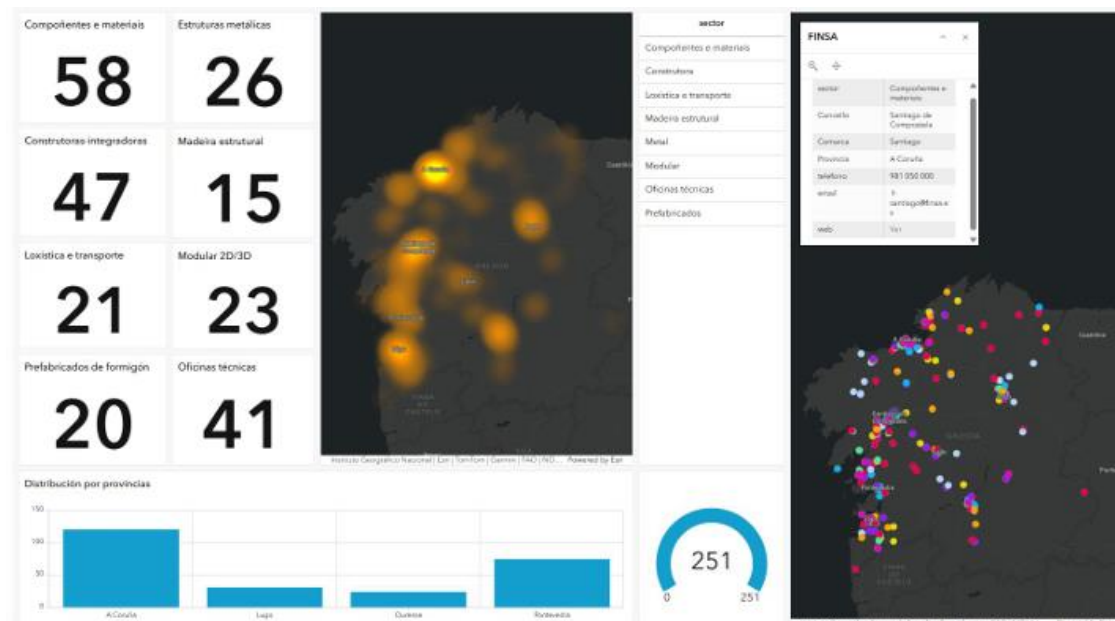


Figura 3. Hoja resumen mapa de capacidades. Edifica40.gal

3.1 Madera Estructural, Bioconstrucción y Química Avanzada

Dentro de la evolución hacia una edificación descarbonizada, la madera estructural se ha consolidado como el material tractor indiscutible. La madera es el único material de construcción que actúa como un sumidero biológico activo, secuestrando el dióxido de carbono durante el crecimiento del recurso y reteniéndolo en la estructura del inmueble durante todo su ciclo de vida.

En este vector tecnológico, Galicia ostenta una hegemonía natural y productiva inigualable en el sur de Europa. La región se posiciona como la novena potencia forestal del continente, aportando de forma sostenida en el entorno del 50% de todo el volumen de madera que se corta en el territorio nacional español. La cadena de valor forestal-madera, que genera una facturación superior a los 2.400 millones de euros anuales, ha experimentado una profunda reconversión tecnológica en su estrato de primera transformación. Algunos aserraderos locales han evolucionado desde la producción de tabla de envase hacia la certificación de Madera Aserrada Estructural (MAE) a las clases resistentes europeas.

El verdadero salto cualitativo reside en la segunda transformación: la Madera Maciza Industrializada (*Mass Timber*). En el tejido productivo gallego ya existen empresas que fabrican Madera Laminada Encolada (MLE) para solventar grandes luces tanto en madera de pino como de eucalipto. En 2021 se puso en marcha en Galicia una de las pocas fábricas que hay en España de CLT. En ella se transforma el pino local (*Radiata* y *Pinaster*) en paneles mecanizados en CNC que ya salen para la obra con todos los cajeados y huecos resueltos.

Un eslabón crítico, habitualmente subestimado en la industrialización *off-site*, es la industria química forestal. La madera técnica es, en esencia, un material compuesto que depende indisolublemente del adhesivo estructural. Galicia alberga complejos químicos para la fabricación de tableros técnicos y madera maciza industrializada.

El análisis de la información recabada detecta una tensión inminente en la escalabilidad: el parque de maquinaria de CNC orientado al mecanizado de estructuras de madera está operando en las empresas gallegas por encima del 75% de su capacidad máxima. Esta altísima saturación advierte de la urgencia de acometer inversiones en capital para ampliar los turnos operativos y adquirir nuevas líneas gemelas si el sector pretende absorber el previsible incremento de la demanda nacional de bioconstrucción.

3.2 Estructura Metálica y Envolventes de Alta Precisión

El sector siderometalúrgico y de extrusión de Galicia constituye es un referente industrial de la región Con una facturación agregada que supera los 18.500 millones de euros y más de 60.000 empleos directos.

La información recopilada de las firmas dedicadas a la estructura metálica revela un nivel de certificación y aseguramiento de la calidad superlativo. Una gran mayoría de las corporaciones analizadas opera bajo el estricto amparo de la Norma UNE EN 1090 en su Clase de Ejecución 3 (EXC3) lo que les permiten ejecutar edificios en altura. Es significativo que un porcentaje no menor cuentan con la certificación en categoría EXC4, lo que les permite ejecutar proyectos de infraestructuras críticas, puentes e incluso rascacielos a nivel internacional.

El espectro tecnológico abarca desde la conformación de perfiles pesados al entramado ligero de acero conformado en frío. Este último sistema, que genera armazones a partir de chapa de acero galvanizado en frío, permite aligerar el peso de los paramentos frente a la albañilería tradicional. No obstante, en este momento la adopción de entramado ligero estructural en Galicia es meramente residual y relacionada con la vivienda unifamiliar.

En el vector de las envolventes arquitectónicas, Galicia ostenta un posicionamiento hegemónico a escala global. La presencia de macro-extrusoras multinacionales radicadas en el territorio dota a la región de una infraestructura pesada inigualable, operando prensas que alcanzan los 85 Meganewtons de fuerza de compresión, capaces de extruir perfiles continuos de aluminio de hasta 28 metros de longitud, junto con plantas de anodizado que procesan piezas ininterrumpidas de 14 metros, garantizando una resistencia a la corrosión extrema.

Esta capacidad de extrusión alimenta dos modelos operativos de industrialización de fachadas:

- Industrialización Cerrada (Integradores Globales): Grandes corporaciones regionales que operan bajo un modelo *Bespoke* (diseño a medida), creando muros cortina y fachadas

modulares *Unitized* completamente herméticas. En este modelo, el módulo de vidrio, aislamiento y perfilaría se sella en la fábrica y se instalan directamente en destino prescindiendo de andamios.

- Industrialización Abierta (Manufactura Lean): Una tupida red de centros de producción inteligente que abastecen al mercado residencial mediante sistemas *Stick* y carpinterías de alto rendimiento. Aplicando la filosofía *Lean Manufacturing*, la automatización CNC y robótica avanzada permite la fabricación de número elevado de unidades días con altísimos estándares de calidad. La soberanía de este estrato se consolida con el respaldo de industrias auxiliares locales especializadas en la ingeniería de uniones, subministrando paneles composite de núcleo mineral incombustible, sistemas de fijación mecánica oculta y transformadores de vidrio arquitectónico de gran escala.

Como exponente de la vanguardia en I+D+i dentro de las envolventes de aluminio, aparece el desarrollo de sistemas constructivos fundamentados en el concepto de Kit of Parts. En este ecosistema destaca el sistema Walluminium, una tecnología constructiva industrializada en aluminio extruido que integra tres funciones simultáneas: matriz estructural portante, envolvente ventilada y captador solar activo. El hito tecnológico más relevante de esta innovación es haber logrado la certificación oficial del Instituto Passivhaus, convirtiéndose en el primer sistema de estructura metálica modular ligero para muros y cubiertas producido en España con dicha acreditación.

3.3 Construcción Modular Volumétrica Tridimensional (3D)

La máxima expresión metodológica de la edificación *off-site* se materializa en los sistemas de construcción volumétrica. En este nivel, módulos espaciales enteros se conciben, construyen y finalizan íntegramente dentro de una nave industrial, aislándolos de la incertidumbre meteorológica.

La radiografía del sector modular en Galicia revela la consolidación de un grupo de empresas altamente especializado y dinámico, compuesto por más de una veintena de operadores que integran bastidores de acero, entramados de madera o la reutilización de contenedores marítimos. El dato estratégico más revelador extraído de las encuestas recibidas es la inmensa elasticidad de este subsector: durante el último ejercicio consolidado, las fábricas de módulos 3D gallegas operaron a un 54,3% de su capacidad teórica instalada

El 60% de los fabricantes modulares gallegos declara alcanzar un alto grado de finalización, ejecutando hasta el 80% del PEM en la línea de montaje. El mercado se bifurca en dos estrategias de negocio: empresas que sistematizan su oferta mediante catálogos preconfigurados, logrando economías de escala y velocidad de entrega, y fabricantes que ofrecen módulos *ad-hoc* de diseño libre e incluso prestaciones de casa pasiva. Ambas corrientes concentran su cartera en la vivienda unifamiliar de autopromoción, si bien se vislumbra un incipiente salto hacia la edificación colectiva mediante la fabricación de módulos en altura o componentes como los *pods* de cuartos de baño.

A pesar de la solvencia fabril, la viabilidad de la construcción volumétrica se enfrenta a dos barreras importantes:

- La Fricción de la Financiación Hipotecaria: La legislación hipotecaria tradicional libera los tramos de crédito al promotor amparándose en certificaciones de obra que exigen avances físicos sobre la parcela hipotecada. En el modelo modular, la constructora incurre en la inmensa mayoría de sus gastos (acopio de materiales, soldadura, ensamblaje) dentro de la fábrica, meses antes de que el módulo llegue al solar.
- La Restricción Urbanística: La normativa urbanística rural gallega impone de forma recurrente que las edificaciones cuenten con cubiertas inclinadas para integrarse más fácilmente con la arquitectura tradicional. Un módulo 3D paralelepípedo optimizado para

el transporte ya roza los límites de los gálipos máximos en carretera (aprox. 4 metros de altura apoyado sobre una góndola rebajada). La adición de una cubierta inclinada en fábrica hace complicado el transporte en un módulo completamente acabado a la obra. Esta situación obliga a la industria a panelizar los tejados en 2D y ensamblarlos in situ, restando eficacia al modelo.

3.4 Prefabricados de Hormigón de Gran Formato

El hormigón prefabricado de gran formato constituye la tecnología industrializada de mayor implantación histórica en el tejido constructor autonómico, con un 78,7% de empresas del sector reportando experiencia demostrada en su manipulación y ensamblaje. Impulsada tradicionalmente por las exigencias de la obra civil, la edificación logística de grandes luces y las infraestructuras del sector agroganadero, la industria del hormigón exhibe una madurez técnica absoluta en la manufactura de componentes unidimensionales y sistemas bidimensionales. En estos momentos las plantas de prefabricados de gran formato están funcionando en umbrales de ocupación por encima del 80% de su capacidad actual.

A diferencia del sector de la madera o el metal, la fabricación íntegra de módulos habitacionales tridimensionales (3D) de hormigón en Galicia es, en el momento actual, prácticamente inexistente.

Para que la prefabricación pesada resulte económicamente viable, requiere solventar grandes vanos sin apoyos intermedios, lo que fuerza el empleo de vigas de canto prefabricadas de enorme inercia que descuelgan por debajo de la cota inferior de las losas alveolares. Para asegurar que los espacios habitables cumplen estrictamente con los 2,50 metros de altura libre mínima exigidos por el Decreto 29/2010 de Habitabilidad de Galicia por debajo del falso techo que oculta dichas vigas e instalaciones MEP, los proyectistas se ven abocados a elevar sustancialmente la cota superior del forjado en cada piso. La sumatoria aritmética de este exceso estructural a lo largo de las distintas plantas del edificio conlleva, de manera sistemática, el incumplimiento de la altura máxima de cornisa estipulada rígidamente por los Planeamientos Urbanísticos Municipales. Esta inflexibilidad normativa expulsa a las soluciones de prefabricado pesado de los desarrollos residenciales urbanos densos, mientras no se realice una adecuación de las tolerancias de altura en las ordenanzas locales.

3.5 Componentes, elementos y materiales

La industria de la construcción se encuentra inmersa en una profunda transición estructural que exige evolucionar desde el trabajo manual hacia la manufactura off-site. Aunque no hay demasiadas empresas que fabriquen componentes como tal, sí que existen un grupo de empresas que elabora elementos que forma parte de estos componentes.

En el ámbito de la prefabricación, el sector autonómico existe empresas que producen componentes tridimensionales fundamentales para las instalaciones subterráneas, tales como las arquetas prefabricadas de hormigón armado. Estos módulos tipo cajón fraguan íntegramente en taller y cumplen estricta y funcionalmente con la definición de la metodología off-site. El reto inminente a escala macroeconómica para este subsector es pivotar su contrastada capacidad desde la obra civil hacia la edificación residencial en altura. Para lograrlo, la industria deberá acometer inversiones en mesas basculantes de curado rápido e integrar ineludiblemente a sus departamentos técnicos en entornos BIM, asegurando así que las grandes losas encajen con precisión nanométrica con los bastidores metálicos o de madera que llegarán desde otras fábricas.

Por su parte, el ecosistema de los componentes estructurales ligeros y las envolventes bidimensionales (2D) presenta un posicionamiento tecnológico de auténtica vanguardia. El territorio gallego ofrece panelización mediante sistemas sándwich autoportantes. El mercado

ofrece una versatilidad que abarca desde paneles con matriz puramente metálica e inyección continua de poliuretano de alto poder aislante, hasta sistemas basados en derivados de la madera que han logrado certificar sus procesos constructivos bajo el estándar Passivhaus.

El mayor grado de soberanía industrial de Galicia reside, no obstante, en su capacidad resiliente para autoabastecerse de las materias primas procesadas. La consolidación de la madera técnica de gran formato está estratégicamente respaldada por grandes complejos químicos orientados al sector forestal, que formulan de forma local las resinas y los adhesivos de altísimo rendimiento indispensables para resistir las fuerzas de las prensas hidráulicas. En el vector de los polímeros y la innovación sostenible, destacan los avances hacia la economía circular con aislantes rígidos bio-basados a partir de taninos naturales. Esta base de suministro primaria abarca incluso la metalurgia de tensión, proporcionando los cables de acero pretensado para armar los grandes elementos de hormigón.

La fabricación de carpinterías ha adoptado una robotización profunda, integrando almacenes inteligentes, maquinaria CNC y sistemas visuales Lean Manufacturing que habilitan ritmos de expedición masivos y sin fallos. El procesado del vidrio arquitectónico alcanza capacidades excepcionales, permitiendo el templado y ensamblaje de doble acristalamiento en formatos gigantescos (de hasta 600 x 321 cm) mediante el uso de robótica pesada. Para cerrar la estructura, una sofisticada industria auxiliar de ingeniería de fijaciones provee los anclajes de alta tensión, herrajes mecánicos ocultos y sistemas avanzados de elevación. El desafío transversal e inmediato para todos estos proveedores es superar la actual atomización operativa para converger en consorcios integradores, capaces de agrupar estos componentes avanzados y ofertar módulos (pods) completamente finalizados desde el origen.

4 El sector técnico y la brecha de la digitalización

El éxito de una obra *off-site* reposa en su totalidad sobre la precisión de los modelos virtuales generados en las etapas preliminares; cualquier indefinición geométrica o interferencia de instalaciones que en la obra húmeda convencional se enmendaría mediante la una modificación en obra. Cuando ese error se produce en un proceso industrializado en la que se ejecuta el ensamblaje de componentes mecanizados por control numérico se traduce en un colapso logístico y financiero.

Las oficinas técnicas gallegas (integradas por estudios de arquitectura, arquitectura técnica y consultorías relacionadas) presenta una base formada por profesionales que mayoritariamente tiene más de 20 años de experiencia. No obstante, la demografía del sector revela una abrumadora atomización: más del 80% de las entidades ejercen bajo la figura del profesional autónomo o la microempresa (de 2 a 5 empleados). Esta escala organizativa limita dramáticamente su resiliencia financiera para absorber las cuantiosas inversiones requeridas para la adquisición de licencias de suscripción de software especializado y hardware avanzado.

La práctica totalidad de los encuestados declara conocer o poseer herramientas de modelado tridimensional, pero las encuestas nos muestran que apenas un 40% de las oficinas técnicas gallegas ha integrado el BIM de forma efectiva y estandarizada en sus flujos de trabajo.

La inmensa mayoría del tejido proyectista autonómico continúa anclado en un Nivel 1 de madurez colaborativa, empleando software de vanguardia pero operando en compartimentos estancos donde se generan planos aislados que no dialogan en tiempo real con las consultorías específicas que participan en el desarrollo del proyecto ni se vinculan con los parámetros de la maquinaria de fábrica. Esta desarticulación impide la coordinación efectiva de disciplinas o la detección automática de colisiones espaciales virtuales antes del inicio de la producción material que permita identificar posibles incongruencias antes de la fabricación.

Para subsanar esta vulnerabilidad, el sector debe aplicar la metodología DfMA asociado al

concepto de "Gemelo Digital". El diseño debe partir del conocimiento de los materiales utilizados, de las restricciones físicas reales impuestas por la fábrica (gálidos máximos de las prensas de CLT, tolerancias de las soldaduras automatizadas) y las limitaciones o recomendaciones de la logística para conseguir un proyecto viable.

5 logística de elevación y relación estratégica con las vías de alta capacidad

El cambio de modelo productivo inherente a la construcción industrializada elimina la congregación ineficiente de centenares de operarios manuales y montañas de áridos a granel en el entorno de la parcela, pero, como contrapartida inexorable, transfiere un estrés operativo monumental hacia la logística del transporte especial y las maniobras de elevación de gran tonelaje. Un módulo volumétrico 3D completamente acabado, o una viga pretensada para el tablero de un viaducto, constituyen cargas indivisibles de dimensiones colosales cuyo peso y asimetría en el centro de gravedad exceden holgadamente las capacidades de la maquinaria de manipulación convencional.

5.1 Capacidad de elevación y las sinergias del territorio

Para hacer frente a estas demandas mecánicas, Galicia cuenta con equipamiento para resolverlo. La evaluación del parque de maquinaria revela que la comunidad autónoma atesora una capacidad instalada de elevación relevante. Las flotas de los operadores logísticos gallegos abarcan desde ágiles camiones grúa articulados para la distribución capilar de entramados ligeros en centros históricos, hasta autogrúas móviles telescópicas y grúas de configuración en celosía que superan 700 toneladas de capacidad nominal de izado.

Esta extraordinaria concentración de maquinaria superpesada no es fruto de la evolución orgánica de la construcción residencial, sino el resultado directo de una profunda polinización cruzada y sinergia intersectorial. Los operadores logísticos gallegos han dado respuesta a las exigencias históricas del sector naval y, los últimos años al de las energías renovables. Las grandes grúas que izan palas eólicas de más de 70 metros son las mismas máquinas que permiten hoy a las constructoras instalar paneles 2D de gran formato o módulos habitacionales *plug-and-play*

5.2 Distribución geográfica y la conectividad con la red de alta capacidad

La orografía gallega y la sinuosidad de sus carreteras no favorece en muchos casos el traslado de las grandes piezas que caracteriza la construcción industrializada. Los módulos tridimensionales exigen para su transporte el flete de plataformas articuladas o góndolas de cama extra baja para maximizar la altura libre y sortear los gálidos máximos establecidos. Estos convoyes excepcionales tienen grandes dificultades para de transitar por las comarcales sinuosas debido a la severidad de sus radios de giro y a las restricciones de carga en los viaductos convencionales. Por ende, el análisis cartográfico del Mapa de Capacidades evidencia que la distribución de la industria y las bases logísticas no es aleatoria, sino que se vertebra simbióticamente en torno al Eje Atlántico y sus arterias.

Estas infraestructuras rápidas permiten que los convoyes de grandes dimensiones salgan de los polígonos industriales y alcancen las autovías principales eludiendo de manera segura las travesías urbanas y las restricciones geométricas del viario secundario.

La georreferenciación en el mapa de los centros de trabajo nos permite visualizar que:

- el 84% de las empresas están a menos de 1km de una vía de alta capacidad.
- el 89% a menos de 5km
- el 95% a menos de 12km.

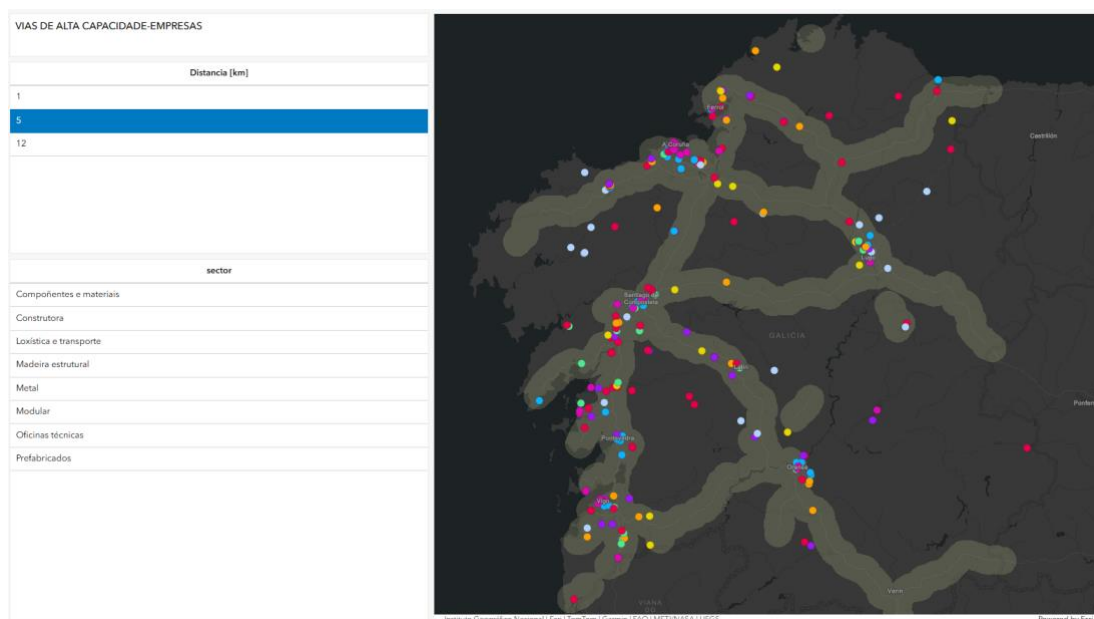


Figura 4. Hoja resumen mapa de capacidades. Relación vías-empresas. Edifica40.gal

6 Constructoras e Integradoras

El sector de la construcción en Galicia actúa como un motor de la economía autonómica, generando un valor añadido bruto de 4.181,6 millones de euros (lo que representa el 5,5% del PIB regional) y sosteniendo casi 78.000 puestos de trabajo equivalentes a tiempo completo (un 7,5% de la ocupación total).

La radiografía estadística constata que el tejido constructor gallego posee una solvencia técnica absoluta en sistemas vinculados históricamente a la expansión industrial, civil y logística, específicamente el hormigón prefabricado y el acero estructural. La logística de gran tonelaje, el izado con grúas de gran porte y las uniones de estos materiales pesados ya forman parte intrínseca de la cultura preventiva y operativa de estas corporaciones.

Por el contrario, la bioconstrucción muestra una dualidad extrema: mientras que la madera laminada (MLE) se emplea de forma exitosa y generalizada (57,4%) para resolver cubiertas de gran luz y edificios dotacionales, los sistemas estructurales masivos y tridimensionales de Madera Contralaminada (CLT) presentan una penetración ínfima del 14,9%.

La construcción modular 3D, es asumida por apenas un marginal 10,6% de la muestra. Sin embargo, las constructoras están adoptando una estrategia de transición el uso de módulos 3D parciales o elementos volumétricos críticos (como los pods de cuartos de baño completamente finalizados), lo que les permite ir adaptarse gradualmente a las exigentes tolerancias de fábrica.

6.1 Retos Operativos para el Salto Definitivo del Integrador

Para que las constructoras logren dar el salto definitivo hacia la edificación *off-site* a gran escala, deben dominar cuatro dimensiones críticas a pie de parcela y en gestión organizativa

- Del CAD 2D al control BIM 4D/5D: La ventaja competitiva real reside en superar la creación de planos 2D e integrar el gemelo digital a pie de obra. Esto permite una

planificación logística milimétrica en el tiempo (4D), ajustar desviaciones presupuestarias automáticamente (5D) y anticipar colisiones antes de iniciar la obra.

- Control topográfico exhaustivo y de precisión: Mientras el componente mecanizado en fábrica llega a la parcela con tolerancias milimétricas, la obra húmeda convencional y preparatoria se ejecuta con márgenes de error de varios centímetros. Las empresas constructoras deben invertir estratégicamente en control topográfico extremo de la obra de forma previa empleando, por ejemplo, escáneres láser 3D
- Sincronización logística (*Just-in-Time*): El éxito de una constructora en este ámbito dependerá de su capacidad para coordinar los trabajos de instalación.
- Evolución del perfil laboral: La industrialización exige la evolución del perfil clásico del albañil hacia el de un montador o ensamblador industrial. Es necesario nutrir el mercado de especialistas formados en el izado de grandes cargas, la resolución de uniones en seco y la ejecución de anclajes técnicos de alta complejidad.

7 Conclusiones

La disección analítica del ecosistema de la construcción industrializada en Galicia constata de manera irrefutable que la comunidad se halla en un estadio de transición avanzado. La región trasciende el mero ensamblaje periférico para constituirse como una potencia dotada de una cadena de valor madura, diversificada y soberana, capacitada para asumir un rol protagonista en el proceso de descarbonización e industrialización arquitectónica en el horizonte de la presente década. Del estudio se derivan las siguientes conclusiones estratégicas:

- Sinergia industrial y capacidad de suministro: Galicia destaca por una integración vertical única. La robustez del sector metalúrgico, con capacidad probada para edificación en altura, se complementa con una potencia en extrusión de aluminio y una tradición prefabricadora de hormigón que ha sabido pivotar con éxito hacia el sector residencial.
- Soberanía en la Cadena de Valor Forestal: Como referente europeo en producción forestal, el desarrollo local de la tecnología CLT permite cerrar el ciclo productivo en Galicia, garantizando sostenibilidad y eficiencia logística en la construcción en madera, un componente clave para los estándares de alta eficiencia energética.
- Madurez y escalabilidad en modular: El crecimiento exponencial de las empresas que realizan construcción modular 2D/3D en la última década y media —que ya aglutina a más de 20 empresas especializadas y plantas de producción de escala nacional— posiciona a la región como un hub industrial de primer nivel, capaz de responder a demandas de gran volumen con garantías técnicas.
- El Imperativo de la digitalización (DfMA y BIM): Plataformas como edifica40.gal han sentado las bases teóricas de la colaboración mediante el Mapa de Capacidades y el Repositorio de Soluciones Constructivas. La viabilidad del modelo off-site parte por una adopción por parte de los proyectistas de la metodología BIM, implementando el diseño paramétrico (DfMA) en las fases embrionarias para suprimir las incompatibilidades espaciales y logísticas antes de la fabricación.
- Simbiosis logística y la condición de las vías de alta capacidad: La capacidad de Galicia para manipular grandes piezas está cubierta gracias al parque de autogrúas heredado de las sinergias con el clúster eólico y naval. No obstante, se requiere de las vías de alta capacidad.
- Urgencia de convergencia normativa y financiera: Para que el músculo industrial despliegue todo su potencial, las administraciones deberían flexibilizar algunas normativas.. A la par, se hacen necesarios cambios en la financiación que permita la adopción generalizada de certificaciones en taller e hipotecas adaptadas que ayuden al crecimiento de la construcción industrializada.