

INFORME PROYECTOS— 2025

**Robotización para la fabricación industrializada de módulos prefabricados en construcción
“ROBOPREFAB”**

Informe: Final de Resultados

Número de proyecto: 22500005

Expediente: IMAMCA/2025/2

Duración: Del 01/01/2025 al 31/12/2025

Coordinado en AIDIMME por: David Cuesta Mingorance



GENERALITAT
VALENCIANA

IVACE+i

INSTITUTO VALENCIANO
DE COMPETITIVIDAD
E INNOVACIÓN

AIDIMME
Instituto Tecnológico

ÍNDICE

<u>1. INTRODUCCIÓN</u>	<u>1</u>
<u>2. OBJETIVOS DEL PROYECTO</u>	<u>2</u>
<u>3. ACTIVIDADES REALIZADAS, DESARROLLO DEL PROYECTO.....</u>	<u>3</u>
<u>4. ALCANCE, COLABORADORES Y PÚBLICO OBJETIVO.....</u>	<u>45</u>
<u>5. RESUMEN Y CONCLUSIONES.....</u>	<u>47</u>

1. Introducción

El proyecto se ha basado en la búsqueda de la automatización del proceso de fabricación de módulos prefabricados para la construcción mediante la integración de tecnologías robóticas y sistemas de automatización avanzados (accionamientos, sensores de VA u otros...), optimizando tiempos y costos en proyectos de gran escala.

2. Objetivos del proyecto

OBJETIVOS ROBOPREFAB

- Análisis de la implementación de robots de alta capacidad para automatizar tareas críticas en la fabricación de módulos prefabricados para el sector de construcción.
- Realizar el estudio de elementos constructivos modulares más adecuados para automatizar dentro de una construcción estándar. Diseñar un producto estandarizado en fábrica para producir módulos completos y transportables, estudiar un concepto tipo plug and play en obra.
- Realizar un análisis de sistemas de manipulación adecuados a la manipulación de elementos específicos del sector de la construcción, ensamblaje e instalación de componentes.

3. Actividades realizadas, desarrollo del proyecto

3.1 Análisis de la implementación de robots de alta capacidad para automatizar tareas críticas en la fabricación de módulos prefabricados para el sector de construcción.

Introducción

La convergencia entre la robótica avanzada y la construcción modular prefabricada está redefiniendo los cimientos del sector de la construcción. La incorporación de robots de alta capacidad en entornos industriales especializados no solo está acelerando los procesos productivos, sino que está revolucionando la calidad, seguridad y sostenibilidad de los sistemas constructivos. Esta transformación, sin embargo, no está exenta de desafíos técnicos, organizativos y regulatorios que requieren un enfoque estratégico para su implementación efectiva.

3.1.1 Contexto: La Construcción Modular y Prefabricada en la Era de la Automatización

La construcción modular implica la fabricación de elementos estructurales y funcionales de edificios en un entorno industrializado, fuera del sitio de obra. Posteriormente, estos módulos son transportados e instalados en el emplazamiento final. Esta metodología, que se distancia de la construcción tradicional in situ, ya incorpora ventajas sustanciales que se ven amplificadas mediante la automatización robótica:

- **Eficiencia Operativa Mejorada:** La estandarización y la automatización reducen significativamente los plazos de ejecución, permitiendo una planificación más precisa.
- **Optimización de Costes:** El entorno controlado permite minimizar desperdicios, reducir errores y aprovechar al máximo los materiales.
- **Condiciones Laborales Más Seguras:** Al eliminarse o reducirse tareas peligrosas en obra, se mitigan los riesgos asociados al trabajo en altura, manipulación de cargas y exposición ambiental.
- **Mayor Sostenibilidad:** Se consigue un uso racional de recursos y una significativa reducción de residuos de obra, contribuyendo a prácticas más ecológicas.
- **Control de Calidad Rigurosamente Uniforme:** La fabricación industrial automatizada garantiza una calidad constante, replicable y certificable.

Con la incorporación de robots de alta capacidad, estas ventajas se multiplican al dotar al proceso de una precisión, repetitividad y autonomía sin precedentes.

3.1.2 Automatización de Tareas Críticas en la Fabricación Modular

Los robots de alta capacidad, caracterizados por su potencia, precisión y adaptabilidad,

son idóneos para automatizar tareas críticas que tradicionalmente implicaban altos niveles de riesgo, esfuerzo físico o requerimientos técnicos elevados:

- **Manipulación de Cargas Pesadas**

Robots móviles autónomos (AMRs) y brazos robóticos industriales pueden manipular y trasladar grandes paneles, vigas o elementos prefabricados, reduciendo significativamente el esfuerzo humano y el riesgo de lesiones musculoesqueléticas.

- **Corte y Ensamblaje de Componentes**

Equipos robóticos con herramientas de corte por láser, chorro de agua o CNC permiten realizar cortes precisos y complejos en materiales como madera, acero o compuestos. La automatización del ensamblaje estructural garantiza la uniformidad y robustez de los módulos.

- **Soldadura Automatizada**

La soldadura robotizada asegura una calidad constante en uniones estructurales críticas, cumpliendo con exigentes normativas técnicas. Además, elimina la exposición directa de operarios a humos tóxicos, radiación y altas temperaturas.

- **Vertido Automatizado de Hormigón**

Mediante robots dosificadores e impresoras 3D de hormigón, se consigue una aplicación controlada del material, adaptándose al diseño digital (CAD/BIM), optimizando recursos y evitando deformaciones.

- **Aplicación de Recubrimientos y Acabados**

Sistemas robóticos con visión artificial y sensores permiten aplicar pinturas, selladores y revestimientos de forma uniforme, garantizando acabados estéticos y funcionales de alta calidad.

- **Control de Calidad Automatizado**

Los sistemas de inspección robótica, basados en cámaras multiespectrales, escáneres láser o inteligencia artificial, identifican defectos estructurales, dimensionales o estéticos en tiempo real, permitiendo su corrección inmediata y reduciendo el retrabajo.

- **Fabricación Aditiva a Gran Escala (Impresión 3D)**

La robótica aplicada a la impresión 3D de hormigón y polímeros abre la puerta a la creación de geometrías complejas, estructuras no convencionales y personalización masiva de elementos constructivos.

3.1.3 Beneficios Estratégicos de la Robotización

La automatización de procesos constructivos mediante robótica aporta múltiples beneficios estratégicos a nivel técnico, económico y social:

- **Incremento Sustancial de Productividad:** Las líneas automatizadas pueden operar 24/7, con mínima intervención humana, acelerando los plazos de producción y respuesta al mercado.
- **Calidad y Consistencia Mejoradas:** La precisión micrométrica de los robots reduce al mínimo los errores y las variaciones, favoreciendo la certificación de calidad y el cumplimiento normativo.
- **Seguridad en el Trabajo:** El desplazamiento de tareas peligrosas hacia robots reduce drásticamente los accidentes laborales, contribuyendo a entornos más seguros y ergonómicos.
- **Reducción de Costes a Medio y Largo Plazo:** La inversión inicial se amortiza con la reducción de horas hombre, la disminución de mermas, el incremento de la calidad y la eficiencia energética.
- **Adaptabilidad y Personalización:** Gracias a la programación flexible y el uso de gemelos digitales (Digital Twins), los robots pueden adaptarse a nuevos diseños arquitectónicos y requisitos específicos.
- **Solución ante la Escasez de Mano de Obra:** En un contexto de envejecimiento poblacional y escasez de operarios cualificados, la robótica ofrece una alternativa viable y sostenible.
- **Impacto Ambiental Positivo:** La automatización permite diseñar con precisión el uso de materiales, reduciendo la huella de carbono y contribuyendo a certificaciones sostenibles como LEED o BREEAM.

3.1.4 Desafíos Técnicos, Humanos y Regulatorios

A pesar de sus numerosas ventajas, la implementación de robótica avanzada en construcción enfrenta una serie de desafíos multidimensionales:

- **Coste de Inversión Inicial:** La adquisición de robots industriales, sistemas de visión, celdas de trabajo y software asociado puede requerir una inversión significativa, especialmente para pymes.
- **Requerimiento de Capacitación Técnica:** La transición hacia la robótica demanda perfiles cualificados en mecatrónica, programación y mantenimiento, lo cual obliga a desarrollar programas de formación y reconversión laboral.
- **Mantenimiento y Fiabilidad Operativa:** Los sistemas robóticos necesitan mantenimiento preventivo y correctivo especializado para evitar paradas imprevistas que afecten la producción.
- **Vulnerabilidades de Ciberseguridad:** La conectividad de los sistemas (IoT, plataformas en la nube, control remoto) implica riesgos de ciberataques que deben ser gestionados con arquitecturas seguras.

- **Marco Legal y Normativo:** La legislación actual aún no está plenamente adaptada a la automatización de procesos constructivos, lo que puede limitar su implementación o generar incertidumbre legal.
- **Complejidad de Integración Digital:** La sinergia entre los robots, los sistemas BIM, la planificación logística y la gestión de recursos requiere soluciones interoperables y un alto grado de estandarización.

3.2 Estudio de elementos constructivos modulares más adecuados para automatizar dentro de una construcción estándar.

La automatización en la construcción modular ofrece una oportunidad significativa para optimizar procesos, reducir tiempos y mejorar la calidad en proyectos de edificación estándar. De hecho está transformando radicalmente el sector, permitiendo edificaciones más rápidas, eficientes y sostenibles. A continuación, se presenta un análisis detallado de los elementos constructivos modulares más adecuados para ser automatizados, basado en documentación reciente y contrastada.

3.2.1 Elementos constructivos modulares óptimos para la automatización

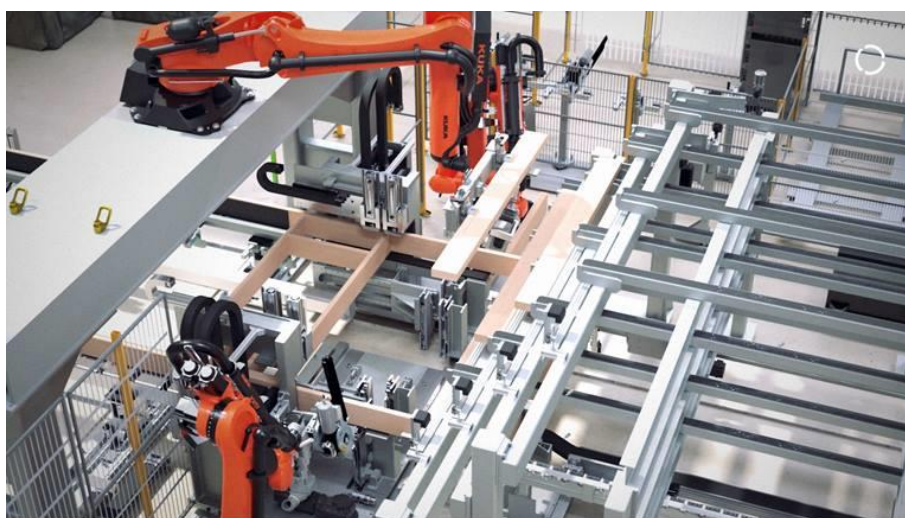
1. Estructuras portantes: bastidores de paredes, suelos, forjados y cubiertas

Este tipo de elementos los describiríamos como estructuras formadas por montantes y vigas (madera, acero ligero o híbridas) que absorben las cargas principales y sirven de soporte al cerramiento. La fabricación de estos bastidores estructurales podemos decir que debido a su diseño constructivo, son altamente viables de modularizar y automatizar en su construcción.

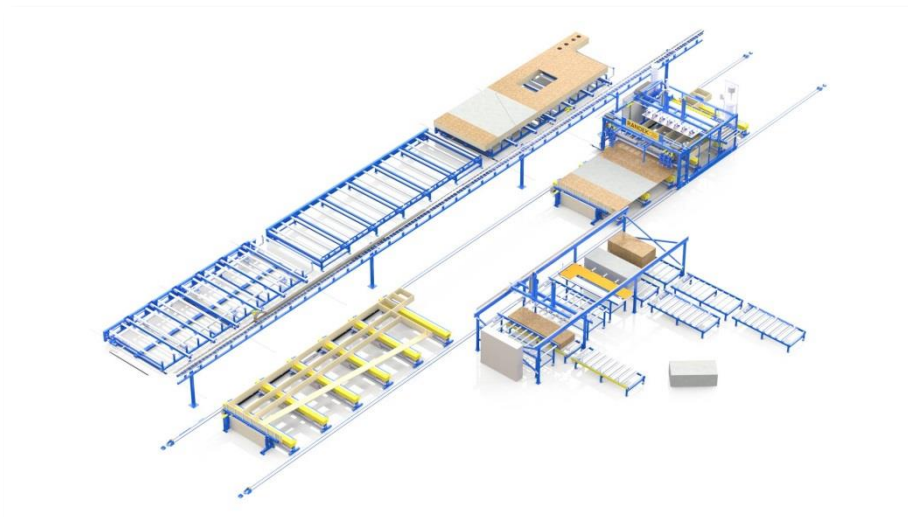
Tradicionalmente este tipo de estructuras se han realizado mediante corte manual de piezas en obra, y ensamblado a través de uniones mecánicas, para su posterior izado mediante plumas y/o grúas. Llevando un importante tiempo de replanteo y gran dependencia de mano de obra cualificada.

Algunos ejemplos de empresas que están implantando soluciones de este tipo serían:

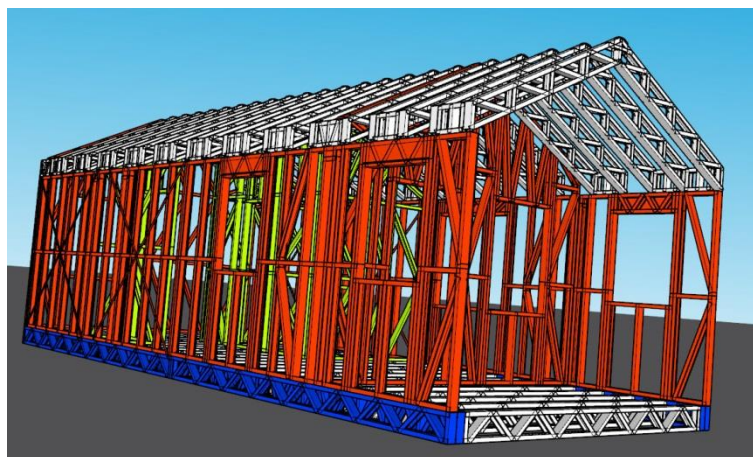
- **KUKA** ha implementado líneas robotizadas que ensamblan estos elementos con precisión, integrando sistemas eléctricos y de fontanería desde la fábrica. Este enfoque permite una reducción de hasta el 70% en los tiempos de construcción y una disminución del 25% en los costes totales, al trasladar la mayor parte del trabajo a entornos controlados y eficientes.



- Líneas “AutoWall” de Randek-SCM: una línea automatizada de robots fijan montantes, colocan los tableros y las membranas en continuo —hasta 450 m² de pared por turno, alcanzado una precisión de ± 1 mm.



- **Perfilado LGS Framecad:** bobinas de acero que se conforman mediante perfilado en frío para formar perfiles estructurales. Durante el proceso se realizan los cortes y los punzonados necesarios para su posterior ensamblaje. Todo está controlado y parametrizado mediante herramientas CAD/CAM, que permiten alcanzar velocidades de producción de 25–30 m/min. Los marcos llegan a obra listos para simplemente atornillar.



- **Hundegger – Líneas CNC para fabricación automatizada de estructuras de madera:** Líneas de mecanizado de madera mediante CNC de paneles, perfiles, tubos de una gran variedad de formatos y tamaños sin recolocación. Ensambladoras que permiten la integración de una gran variedad de elementos, para construir techos, entramados, cerchas, paneles, etc., así como colocación de ventanas y pasatubos mediante BIM.



2. Paneles de cerramiento prefabricados

Este tipo de elementos los describiríamos como paneles portantes o autoportantes que aíslan y confieren estanqueidad, y permiten delimitar espacios. Los paneles de cerramiento prefabricados pueden obtenerse mediante diferentes tecnologías y materiales, como por ejemplo mediante hormigón prefabricado, madera laminada cruzada (CLT) o sándwich metálico acero. Estos tipos de paneles son productos ideales para la automatización debido a su estandarización y facilidad de ensamblaje.

Tradicionalmente este tipo de cerramientos se fabrican a base de bloques de hormigón, o ladrillo cerámico que se colocan por hileras y se van levantando los cerramientos. Donde existe una necesidad de situar andamiajes, tener en cuenta las juntas húmedas de dilatación, y un número importante de operarios para fabricarla.

Algunos ejemplos de empresas que están implantando soluciones de este tipo serían:

- **ULMA:** sistemas de fachadas ventiladas, así como otro tipo de prefabricados para fachadas mediante hormigón polímero, que combinan aislamiento térmico y acústico, permitiendo una instalación rápida y eficiente.



Cerramiento industrializado en seco Isola

- **Elematic - Plantas “EDGE Wall”:** sistema de automatización en línea para la fabricación de prefabricados de paneles sándwich, paneles de revestimiento, paneles macizos, losas macizas y otros productos prefabricados como escaleras y vigas, etc.



EDGE Wall machinery



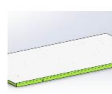
Batching and
Mixing Plant E9



Shuttle E9



Table E9



Vacuum table



Plotter E9



Shuttering Robot
E9



Profiles



Magnets



Comcaster E9



Compaction sta-
tion E9



Floating machine
E9



Lift E9



Curing chamber



Tilting station E9



Lifting beam E9



Lifting beam E9,
automatic



Transport wagon
E9



Cleaning machine
E9

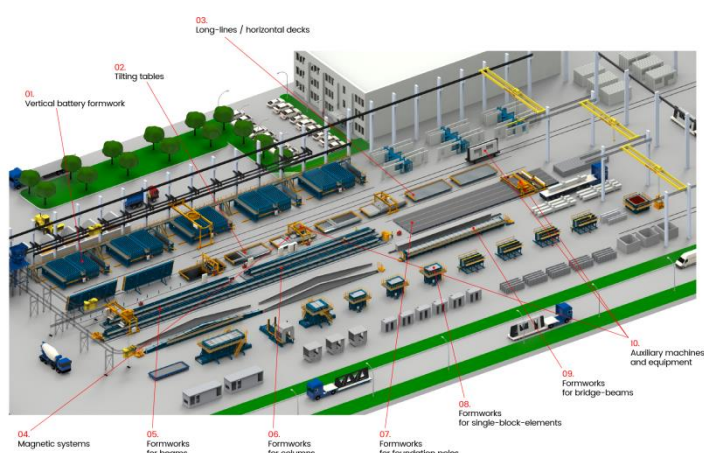


Battery mold



Caster P7

- **Olmec - Sistema automatización:** sistema de automatización tipo carrusel para la circulación de elementos, es un sistema altamente automatizado que permite la producción en serie de elementos prefabricados de hormigón armado con una superficie recta y un acabado de alto nivel, como muros sándwich, muros macizos, muros dobles y losas.





CAROUSEL PLANT

Pallet circulation system or carousel plant is a highly automated system allowing for the mass production of reinforced concrete p...

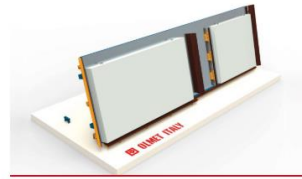
DISCOVER →



VERTICAL BATTERY FORMWORK

The vertical battery formworks are designed for the production of big flat elements as solid walls of variable thickness (from 80 ...

DISCOVER →



TILTING TABLES

Tilting tables are the ideal solution for manufacturing flat elements as slabs, solid walls and multi-layer panels with passive re...

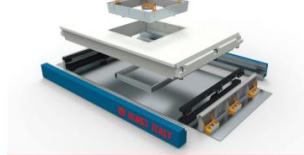
DISCOVER →



LONG-LINES / HORIZONTAL DECKS

Long-lines or horizontal decks are the ideal formworks for manufacturing flat elements as slabs, solid walls and multi-layer panel...

DISCOVER →



MAGNETIC SYSTEMS

Various series of shutters and casting separators with integrated magnets. Besides a wide range of typical magnetic systems, OL...

DISCOVER →



FORMWORKS FOR BEAMS

Formworks for beams are advanced systems to manufacture high quality concrete elements in an efficient and affordable way, with ma...

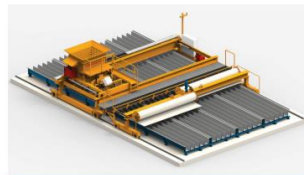
DISCOVER →



FORMWORKS FOR COLUMNS

The formworks for columns or pillars are extremely versatile and easy-to-use machines. The fast assembling system for formwor...

DISCOVER →



FORMWORKS FOR FOUNDATION POLES

The formworks for manufacturing foundation poles (with passive reinforcement or pre-stressed) are battery-type systems offering no...

DISCOVER →



FORMWORKS FOR SINGLE-BLOCK-ELEMENTS

The formworks, optimized to manufacture single-block multi-section concrete elements within short transformation times, enable the...

DISCOVER →

- Hundegger/Ledinek - Líneas de CLT + CNC: sistemas de automatización para la producción de elementos mediante CLT.



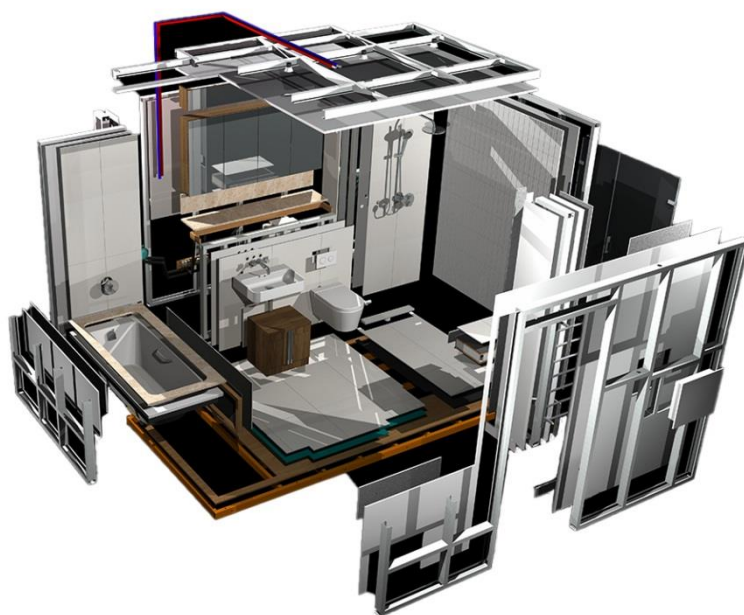
3. Módulos de baño y cocina completamente equipados

Estos elementos los definimos como la prefabricación de módulos de baño y cocina en fábrica, que incluyen las instalaciones eléctricas y de fontanería. Este tipo de elementos ya se considera una práctica consolidada que mejora la calidad y reduce los tiempos de obra.

Tradicionalmente la realización de estos espacios implica la interacción de diferentes tipos de especialistas (fontanero, electricista, alicatador, carpintero) en un espacio relativamente reducido de apenas 4–5 m², donde se genera un importante número de interferencias y defectos, y donde se pueden dar retrabajos que eleven el presupuesto inicial de manera significativa.

Algunos ejemplos de empresas que están implantando soluciones de este tipo serían:

- **Offsite Solutions (Reino Unido):** líneas de automatización con estaciones robotizadas de corte de paneles y manipulación de sanitarios. Producen alrededor de 10.000 baños modulares/año, con unas tolerancias de ± 2 mm.





- **Polcom Group:** ensambla “habitaciones-cápsula” hoteleras con cocina y baño integrados; los módulos salen con test FAT y se montan en torre en 15 min/unidad.



- **Porcelanosa Offsite:** líneas de automatización robotizada para ofrecer baños modulares totalmente completos. La línea contempla soldadura de bastidor metálico, corte CNC de paneles, inserción de tuberías con pick-&-place, test FAT), y es capaz de realizar hasta 40 baños modulares/turno. Tolerancias de ± 2 mm verificadas con

escáner 3D, Control de calidad 100 % fuera de la obra. Instalación plug-&-play en menos de 2 horas, reducción de generación de residuos de un 70 %, certificación energética y acústica previa.



- **Bath on Board:** Baños modulares totalmente acabados (estructura metálica ligera + paneles de revestimiento PORCELÁNICO o HPL, instalaciones, luminarias y equipamiento sanitario) que se suministran listos para montar directamente en la obra. Integración Ingeniería BIM → gemelo digital del baño. Corte CNC de perfilería y paneles. Robótica pick-and-place para tuberías y cableado. Automatización de encolado y rejuntado cerámico. Escáner 3D + test FAT (estanqueidad y eléctrica) del 100 % de los baños modulares.



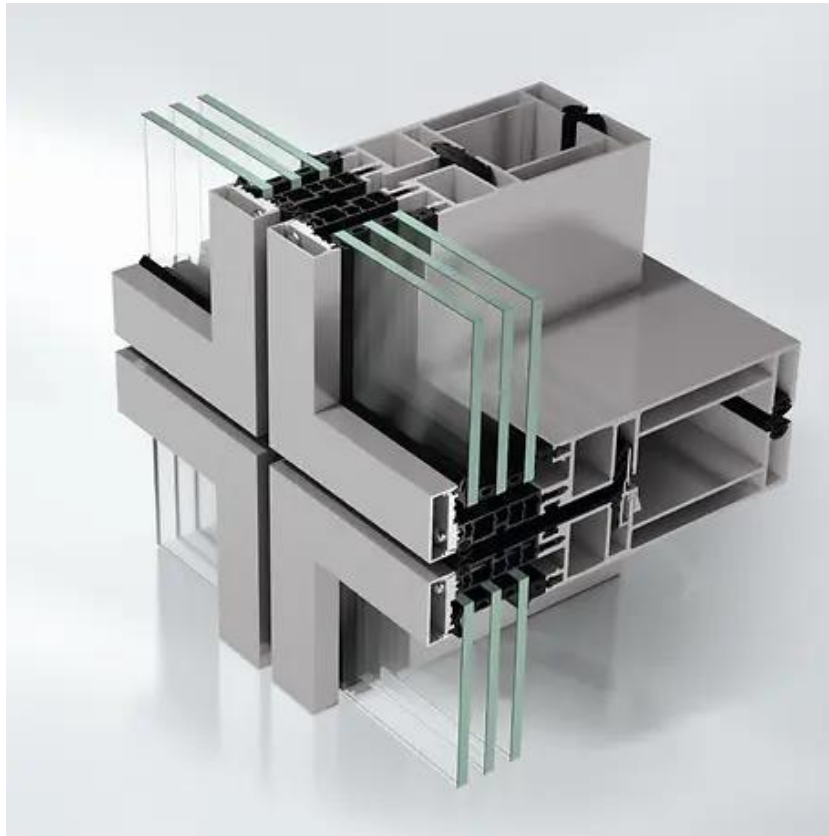
4. Sistemas de fachada y envolventes

Estos elementos los definimos como unidades de muro-cortina o panel sándwich con vidrio, aislamiento y acabado exterior integrados.

La automatización en la producción de sistemas de fachada, como paneles autoportantes multicapa, permite una construcción más rápida y con mejores prestaciones térmicas. Estos sistemas, al ser fabricados en entornos controlados, aseguran una calidad constante y facilitan el cumplimiento de normativas energéticas exigentes.

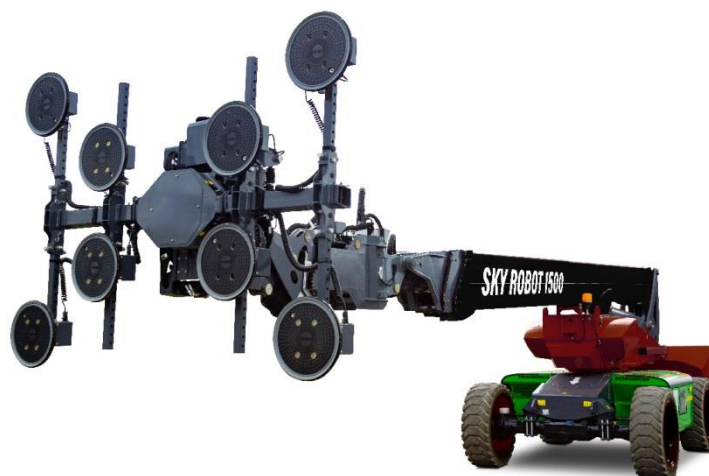
Algunos ejemplos de empresas que están implantando soluciones de este tipo serían:

- **Schüco AF UDC 80**: sistema de fachada con perfilaría en aluminio; los bastidores se ensamblan y acristalan en línea robotizada, luego se testea su hermeticidad al 100 %.



- **Jangho Group:** opera varios centros de “fabricación inteligente” repartidos por China con robots de corte, sellado y empaquetado automático, donde ofrecen diferentes soluciones para sistema de fachadas modulares unificados.

- **GGR Sky Robot 1500:** robots de acristalamiento que permiten colocar hojas de 1,5 t desde interiores sin grúa torre, reduciendo accidentes y tiempos.





- **AZA INT y AZA US:** Diversos sistemas modulares prefabricados para su instalación directa en obra, provistos de elementos de revestimiento. Reducen considerablemente los tiempos de instalación.



- **Porcelanosa Offsite:** paneles modulares prefabricados con subestructura, aislamiento, carpintería y acabado cerámico XTONE o XLIGHT, para montaje directo en obra. Fabricación en línea automatizada: corte láser de las estructuras metálicas, pegado robotizado de aislamiento y cerámica; ensayo de hermeticidad antes de expedición. Tolerancia ± 1 mm; control BIM-MES y trazabilidad QR en cada módulo.



5. Escaleras y elementos estructurales repetitivos

Estos elementos los definimos como escaleras, forjados de núcleo, vigas secundarias y otros componentes con geometría reiterativa.

La producción automatizada de escaleras y otros elementos estructurales repetitivos, mediante software BIM y programación paramétrica, optimiza los tiempos de diseño y fabricación. Herramientas como Planbar permiten la generación automática de estos componentes, adaptándose a las especificaciones del proyecto y reduciendo errores.

Algunos ejemplos de empresas que están implantando soluciones de este tipo serían:

- **Moldes ajustables** (Elematic, Moldtech, Vollert) mediante moldes rígidos y ajustables construyen escaleras según las necesidades del cliente.





Grupo de productos > Soluciones para la fabricación de prefabricados de hormigón > Máquinas y componentes

✓ MÁQUINAS Y ROBOTS



Plotter/robot de encofrado

[Mas Información](#)



Distribuidor de hormigón/
compactación

[Mas Información](#)



Transelevador/cámara de
curado

[Mas Información](#)



Equipo de volteo de bandejas

[Mas Información](#)



Tratamiento de superficies

[Mas Información](#)



Engrasado y limpieza

[Mas Información](#)

3.2.2 Tecnologías habilitadoras de la automatización

- **Robótica industrial:** Implementación de robots para el ensamblaje preciso de componentes estructurales y de cerramiento. Por ejemplo, el robot CONCERT, desarrollado por el Instituto Italiano di Tecnologia, es un robot colaborativo modular capaz de adaptarse a diversas tareas en el sitio de construcción, como perforación, lijado y transporte colaborativo.
- **Software BIM y programación paramétrica:** Utilización de herramientas digitales para el diseño y planificación eficiente de elementos modulares. El Modelado de Información de Construcción (BIM) se ha convertido en una herramienta esencial en la planificación y ejecución de proyectos de construcción modular.

- **Inteligencia Artificial (IA):** Aplicación de IA para optimizar procesos de producción y adaptarse a cambios en tiempo real, mejorando la eficiencia y reduciendo desperdicios. La IA se convierte en protagonista, con herramientas de análisis predictivo, optimización de diseños arquitectónicos y automatización de tareas constructivas.

3.2.3 Beneficios de la automatización en la construcción modular

- **Reducción de tiempos:** Disminución significativa en los plazos de construcción, con ejemplos de edificaciones completadas en días gracias a la prefabricación y ensamblaje eficiente.
- **Mejora en la calidad:** Producción en entornos controlados que garantiza estándares de calidad superiores y consistentes.
- **Sostenibilidad:** Menor generación de residuos y optimización en el uso de materiales, contribuyendo a edificaciones más sostenibles.
- **Flexibilidad y personalización:** Capacidad de adaptar los módulos a diferentes diseños y necesidades, ofreciendo soluciones personalizadas sin sacrificar eficiencia.

3.2.4 Conclusión

La automatización de elementos constructivos modulares en la construcción estándar no solo es viable, sino que representa una evolución necesaria hacia edificaciones más eficientes, sostenibles y adaptadas a las demandas actuales. La integración de tecnologías avanzadas y la estandarización de componentes permiten optimizar recursos, reducir tiempos y mejorar la calidad de las construcciones.

Además atiende a la necesidad de compensar la falta de perfiles especializados en el sector, permitiendo desarrollar productos y kits fabricados industrialmente donde se tiene un mayor control de los procesos y de las condiciones laborales.

3.3 Estudio teórico de viabilidad del modelo en proyectos de construcción

Para la realización del estudio de viabilidad de un elemento característico en proyectos de construcción se ha optado por el diseño y definición de un baño prefabricado modular.

Un **baño prefabricado modular** es una **unidad de baño completa** (o “módulo”) **fabricada industrialmente** en una planta, **transportada** a obra y **colocada e integrada** en el edificio, normalmente con un **alto grado de acabado** (sanitarios, grifería, revestimientos, instalaciones y/o mobiliario ya montados).

Aspectos clave de su definición:

- **Prefabricado:** se produce fuera de la obra, en condiciones controladas de fábrica.
- **Modular:** se concibe como un **módulo estandarizado o parametrizable**, repetible y combinable dentro de un sistema (por ejemplo, para hoteles, residencias, hospitales o viviendas).
- **“Plug & play”:** llega **casi listo**, y en obra se conecta a **agua fría/caliente, desagüe, electricidad, ventilación**.
- **Autónomo/autoportante o integrado:** puede ser una “caja” estructural independiente (acero, hormigón, composite) o un conjunto panelizado que se integra en la estructura del edificio.

Qué suele incluir

- **Acabados interiores:** suelos, paredes, techo, impermeabilización.
- **Sanitarios y grifería:** lavabo, inodoro, ducha/bañera.
- **Instalaciones:** fontanería, saneamiento, electricidad, ventilación/extracción, iluminación.
- Opcional: **mobiliario**, espejo, accesorios, mampara, etc.

3.3.1 Definición de baño modular prefabricado.

Para poder realizar un análisis comparativo, de lo que supone fabricar un baño como el que se pretende definir mediante procesos tradicionales, frente a la fabricación de un baño prefabricado modular, hay que hacer una definición de los sistemas, componentes e instalaciones que lo componen. Algunos serán comunes en ambos casos, y en otros tendremos ciertas diferencias. Esto permitirá realizar una comparativa a nivel de costes de lo que supone fabricar un baño de unas características determinadas.

3.3.1.1 Elementos constructivos del baño (obra y acabados)

3.3.1.1.1 Envoltente, soporte y particiones

Comunes para el baño tradicional y el baño modular

- **Forjado/solera** (soporte del pavimento).
- **Cerramientos verticales** (muros o tabiques):
 - Tabique de fábrica cerámica / bloque / pladur hidrófugo
 - En zona ducha, soporte apto para impermeabilización y alicatado.
- **Techo:**
 - Techo continuo en acabado blanco (posible falso techo de placa de yeso pintada; no se aprecia registro).

Exclusivo del baño modular

- **Estructura autoportante** (perfilería/herrajes izado transporte).

3.3.1.1.2 Impermeabilización

- **Impermeabilización bajo pavimento** (membrana o lámina).
- **Impermeabilización reforzada en zona de ducha:**
 - Lámina/membrana en suelo de ducha y encuentros con paramentos.
 - Refuerzo en esquinas, pasos de instalaciones y perímetros.
- **Sellados elásticos:**
 - Silicona fungicida en encuentros: plato–pared, pared–pared, pavimento–pared, vidrio–pared (mampara).

3.3.1.1.3 Revestimientos y pavimentos

- **Pavimento cerámico** imitación piedra/beige (baldosa gran formato).
 - Capa de adhesivo cementoso.
 - Juntas de colocación rejuntadas.
- **Revestimiento cerámico en paredes** (mismo tono/patrón que el suelo).
 - Adhesivo + rejuntado.
 - Remates en esquinas (junta o perfil).
- **Rodapié cerámico o remate perimetral.**

3.3.1.1.4 Carpinterías y elementos de paso

- **Puerta abatible** lacada blanca:
 - Hoja, cerco/marco, tapajuntas.
 - Herrajes: bisagras, manilla, cerradura.
 - Burletes/ajustes (recomendable en baño).
- **Umbral/encuentro de puerta con pavimento.**

3.3.1.1.5 Zona de ducha (elementos constructivos específicos)

- **Plato de ducha rectangular blanco** (extraplano).
 - Desagüe integrado.
 - Apoyo/nivelación y sellado perimetral.
- **Mampara:**
 - Tipo **panel fijo de vidrio**.
 - Perfilería mínima o canal en suelo/pared.
- **Remates en encuentro mampara-plato-pared** (silicona y/o perfiles).

3.3.1.2 Instalaciones necesarias para dar servicio

3.3.1.2.1 Fontanería (AF/ACS) – suministro de agua

- **Alimentación de agua fría (AF) a:**
 - Lavabo 1 (grifo monomando).
 - Lavabo 2 (grifo monomando).
 - Ducha (mezclador/termostático).
 - Inodoro (llenado de cisterna).
- **Alimentación de agua caliente sanitaria (ACS) a:**
 - Lavabo 1.
 - Lavabo 2.
 - Ducha.
- **Llaves de corte:**
 - Llave general del baño.
 - Llaves de corte por aparato (lavabos, cisterna, ducha) registrables.
- **Distribución interior:**
 - Tuberías empotradas en pared/trasdoso.
 - Pasamuros y excéntricas a griferías.

3.3.1.2.2 Saneamiento – evacuación y ventilación de desagües

- **Evacuación de lavabos:**
 - Válvula de desagüe por lavabo.
 - Sifón (individual o doble según solución bajo mueble).
 - Tubería de desagüe empotrada hacia bajante.
- **Evacuación de ducha:**
 - Válvula + sifón de plato de ducha.
 - Conducción a bajante.
- **Evacuación de inodoro:**
 - Salida a manguetón y colector de saneamiento a bajante.
- **Ventilación de red de saneamiento:**
 - Conexión a ventilación primaria/secundaria o aireación adecuada para evitar sifonamientos.

3.3.1.2.3 Electricidad y mecanismos

- **Cuadro/Protecciones** (fuera del baño, pero imprescindible):
 - Diferencial(es) y magnetotérmicos para circuito de iluminación y tomas.
- **Canalizaciones:**
 - Rozas/tubos empotrados, cajas de mecanismo.
- **Tomas de corriente** (junto al mueble lavabo en la pared):
 - Conjunto de enchufes dobles/ múltiples a ambos lados del espejo/mueble.
 - Requisitos de grado de protección y ubicación según volúmenes del baño.
- **Interruptor de luz** (junto a la puerta).
- **Toma para espejo/iluminación auxiliar** (alimentación a luminaria sobre espejo).

3.3.1.2.4 Iluminación

- **Iluminación general de techo:**
 - 3 downlights empotrados.
- **Iluminación de espejo:**
 - Luminaria lineal sobre el espejo (tipo barra LED).
- **Conexiones/puntos de luz** asociados (cajas, transformadores/driver si aplica, etc.).

3.3.1.2.5 Ventilación del baño

- **Extracción:**
 - Conducto a shunt/extractor (si no hay ventana).
 - Boca de extracción y rejilla
- **Aporte de aire:**
 - Aireación por holgura inferior de puerta o rejilla de transferencia

3.3.1.2.6 (Opcional según proyecto) Calefacción / confort

- No se ve radiador ni toallero calefactado confirmado, pero para un baño suele contemplarse:
 - **Suelo radiante** (eléctrico o hidráulico) o
 - **Radiador/toallero.**

En tus imágenes sí aparecen **toalleros**, pero no se puede asegurar que sean calefactados.

3.3.1.3 Aparatos sanitarios, griferías y equipamiento visible

3.3.1.3.1 Conjunto lavabo/mueble

- **Mueble de baño** acabado madera oscura:
 - Formato **doble** (dos puestos) en vista frontal del mueble.
 - Cajoneras (4 frentes visibles en la composición doble).
 - **Patas metálicas** (estructura vista) y zócalo libre.

- **Tiradores metálicos** horizontales.
- **Encimera** blanca (tipo solid surface/cerámica/piedra; no identificable con certeza).
- **2 lavabos integrados o encastrados** (rectangulares).
- **2 grifos monomando** cromados (uno por lavabo).
- **Espejo** mural rectangular de gran formato (sobre el mueble).
- **Iluminación de espejo** (barra lineal / aplique).
- **Toalleros integrados o laterales junto al mueble:**
 - Se ven toallas colgadas a ambos lados en la vista frontal.

3.3.1.3.2 Zona de ducha (equipamiento)

- **Plato de ducha** blanco.
- **Mampara fija de vidrio** (panel sin puerta).
- **Rociador superior tipo “ducha lluvia”** (cabezal cuadrado) con brazo mural.
- **Ducha de mano:**
 - Mango, soporte mural y flexo.
- **Grifería de ducha:**
 - Conjunto de mandos (mezclador/termostático + posibles llaves/diverter; no se distingue exactamente el número de funciones).
- **Accesorios en ducha:**
 - **Dosificador/dispenser mural** (se ve claramente en la pared).
 - **Repisa/soporte** mural dentro de la zona de ducha (se ve en la pared junto al vidrio en la vista de la puerta).
 - **Pequeña repisa/soporte** en pared (vista lateral, lado derecho).

3.3.1.3.3 Inodoro

- **Inodoro de tanque bajo** (cisterna vista) de líneas modernas:
 - Taza y cisterna.
 - Asiento y tapa.
 - Pulsador superior.
- **Conexión de agua a cisterna** y evacuación a saneamiento.

3.3.1.3.4 Accesorios adicionales visibles

- **Toallero** horizontal independiente/mural.
- **Mecanismos eléctricos:**
 - Interruptor junto a la puerta.
 - Bases de enchufe junto al espejo/mueble (varios conjuntos).

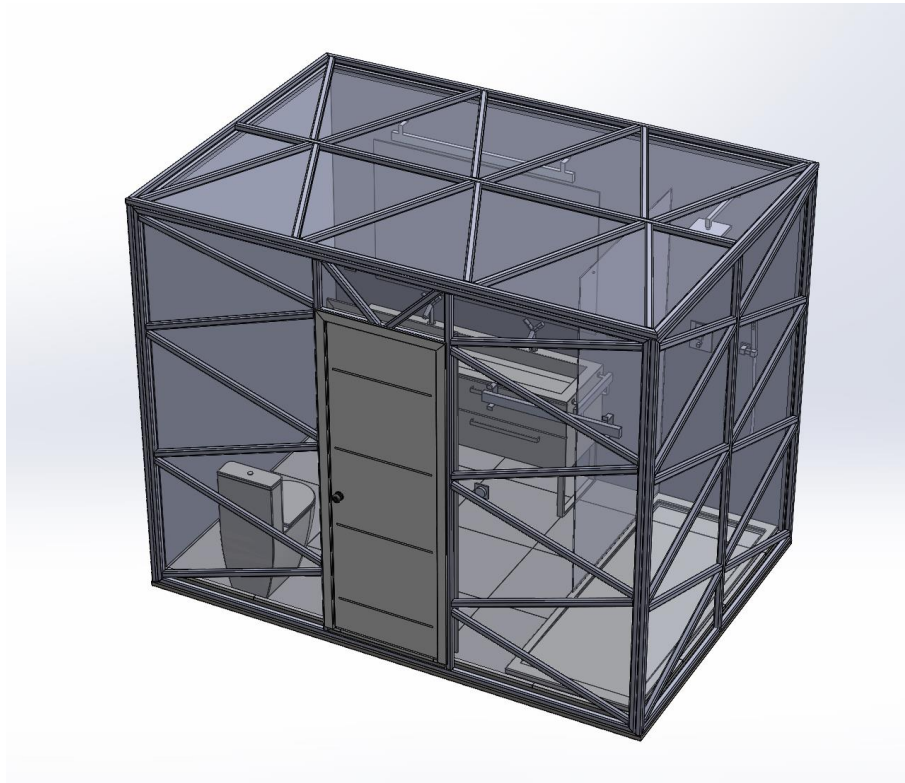
3.3.1.4 Mediciones base rápidas

- **Superficie de suelo:** $3,00 \times 2,00 = 6,00 \text{ m}^2$
- **Superficie de techo:** $6,00 \text{ m}^2$
- **Perímetro:** $2 \times (3,00 + 2,00) = 10,00 \text{ m}$

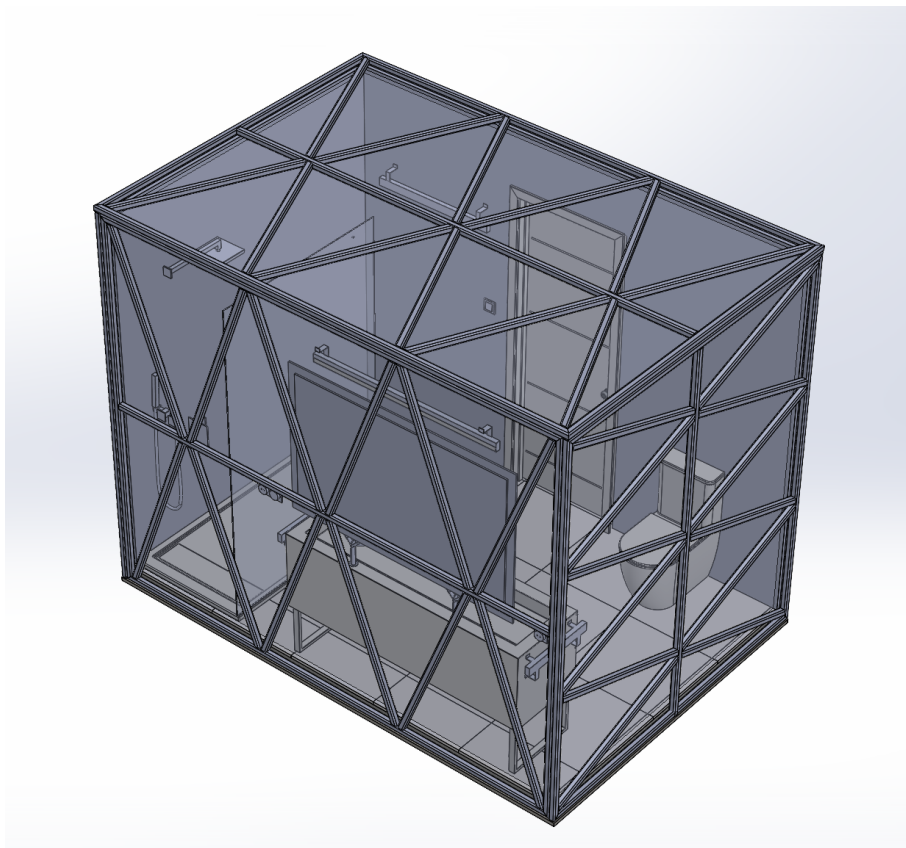
- **Paramentos verticales (bruto):** $10,00 \times 2,35 = 23,50 \text{ m}^2$
→ **Neto** = 23,50 – huecos (puerta) – zonas no revestidas (si aplica)

3.3.1.5 Estudio del baño modular prefabricado modelado en CAD 3D

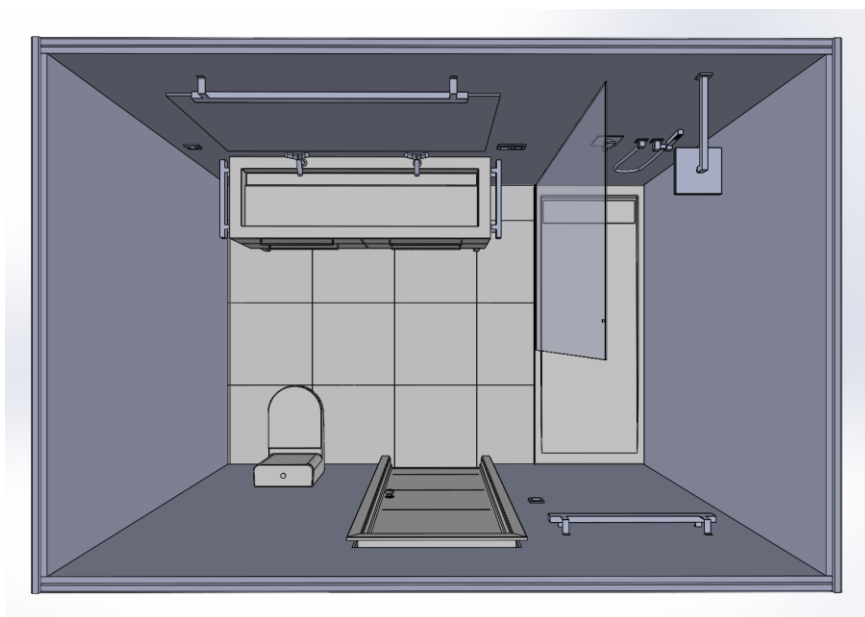
Se ha realizado la definición de un baño modular prefabricado, siguiendo las indicaciones definidas previamente mediante la herramienta de CAD 3D Solidworks, y a continuación se muestran unas imágenes del resultado.



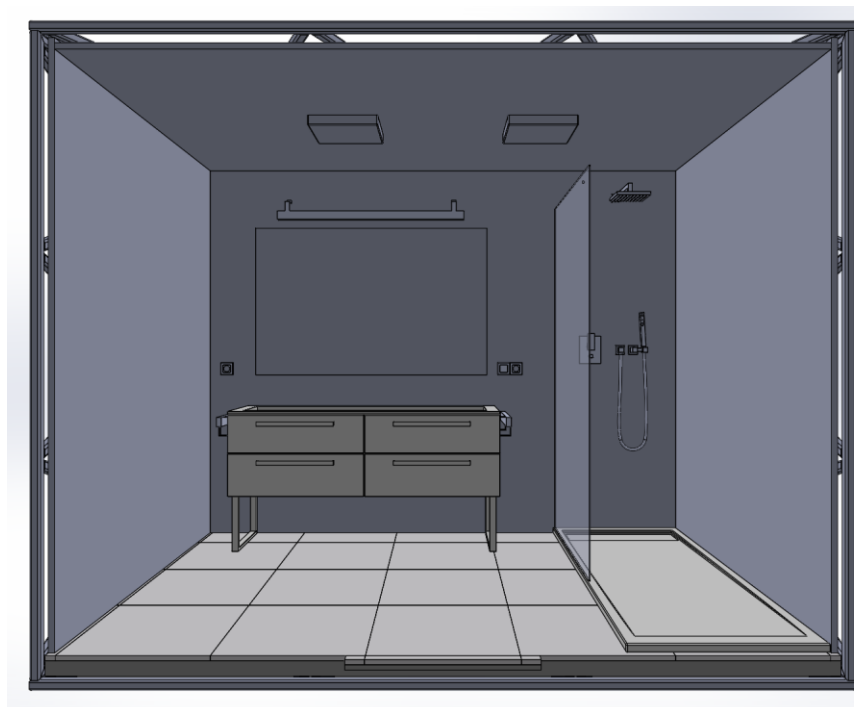
Vista en perspectiva del baño modular prefabricado



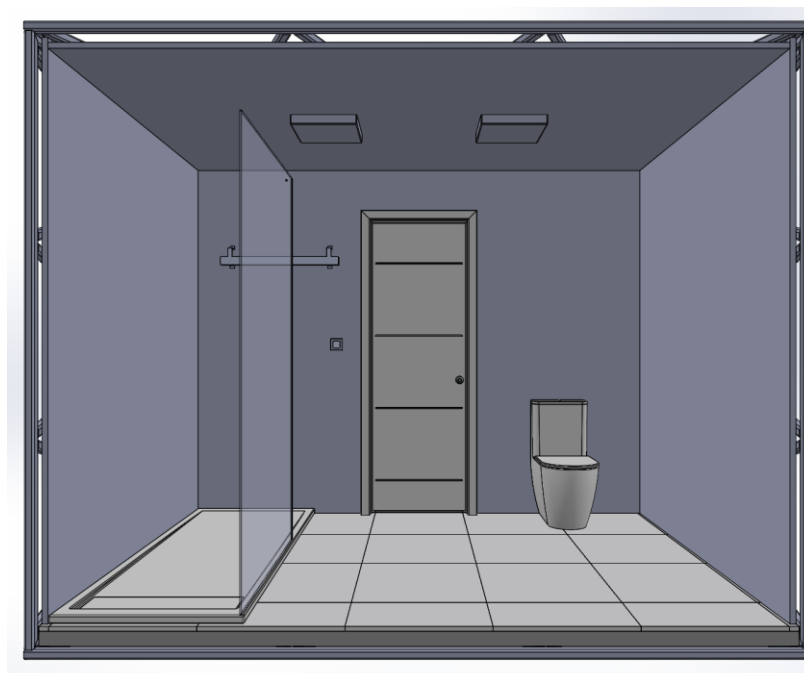
Vista en perspectiva del baño modular prefabricado



Vista cenital del baño modular prefabricado, donde se puede ver la planta de distribución



Vista del baño modular prefabricado desde el panel frontal



Vista del baño modular prefabricado desde el panel posterior



Vista del baño modular prefabricado desde un panel lateral

A continuación se muestran las imágenes fotorealistas del baño modular prefabricado



Vista cenital fotorealista del baño modular prefabricado, donde se puede ver la planta de distribución



Vista fotorealista del baño modular prefabricado desde el panel frontal



Vista fotorealista del baño modular prefabricado desde el panel posterior

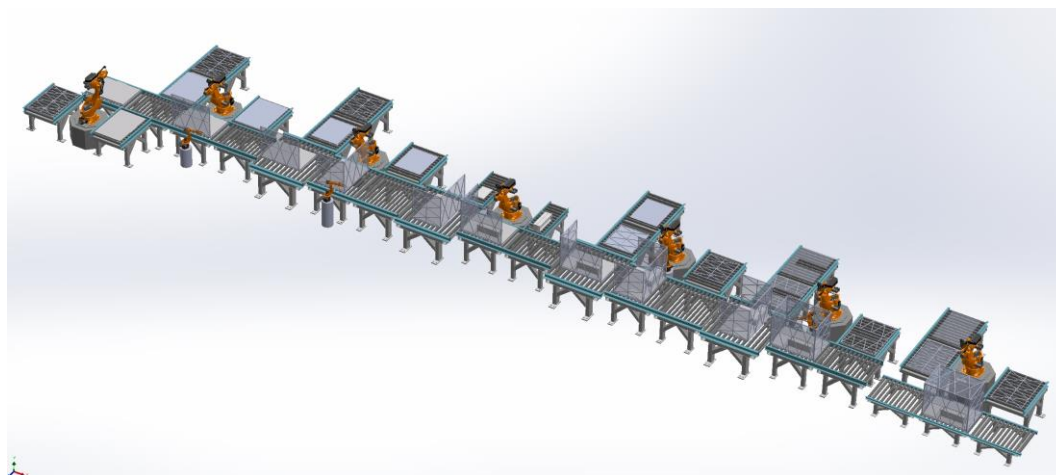


Vista fotorealista del baño modular prefabricado desde el panel lateral

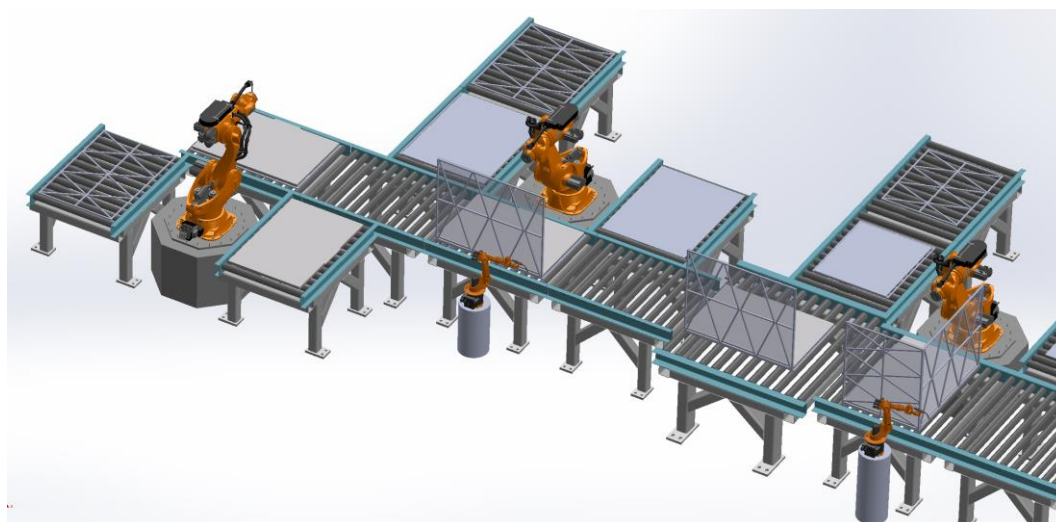
3.4 Estudio de línea de automatización necesaria para el ensamblaje del baño modular.

A continuación se muestra un estudio realizado sobre una propuesta de línea de automatización del proceso de ensamblaje.

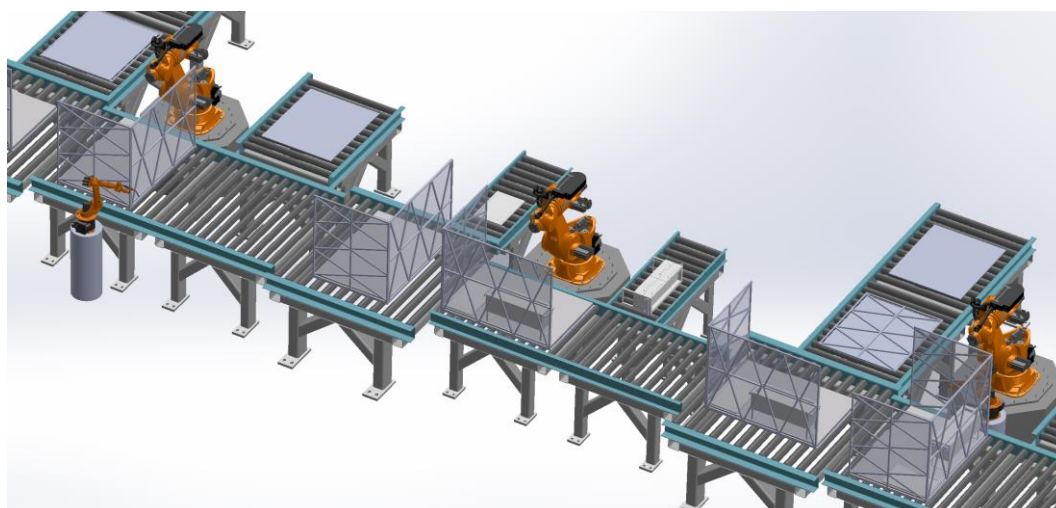
En ella se han valorado las entradas de elementos a través de transportadores lineales, y una línea principal central, donde van avanzando los módulos, y se van confeccionando con estas entradas secundarias de componentes. La manipulación de los componentes se realiza a través de robots industriales de gran tamaño que permiten la manipulación de piezas del tamaño y dimensiones de las que conforman el baño modular. Además se utilizan robots secundarios para realizar tareas de unión mediante soldadura, y o de sujeción de elementos para su sujeción mecánica.



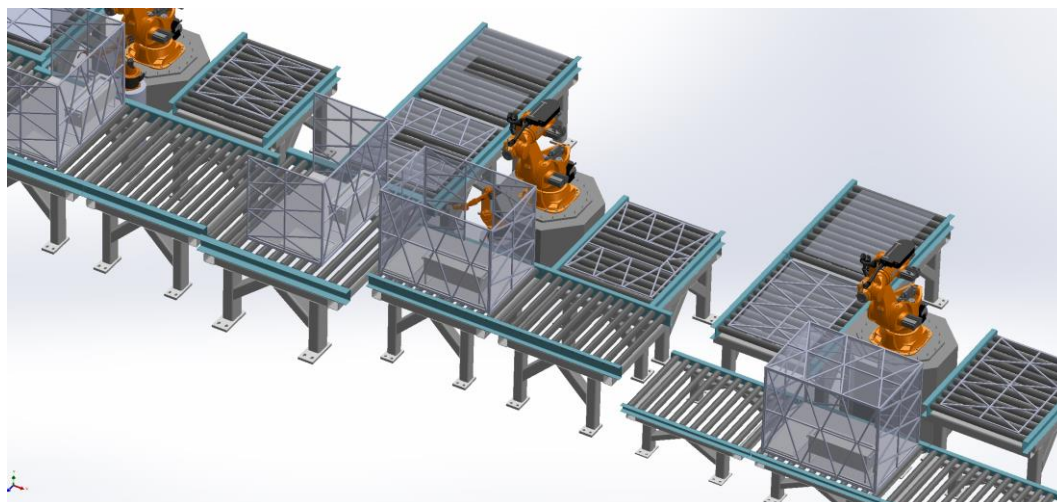
Estudio de la línea completa de ensamblaje del baño modular prefabricado



Detalle de la línea de ensamblaje del baño modular prefabricado



Detalle de la línea de ensamblaje del baño modular prefabricado



Detalle de la línea de ensamblaje del baño modular prefabricado

3.5 Análisis comparativo de costes de los sistemas, instalaciones y elementos constructivos necesarios para la construcción de un baño tradicional frente a un baño prefabricado modular

3.5.1 Listado de partidas tipo para el presupuesto.

01. Preliminares, replanteo y medios auxiliares

01.01 Protecciones y acondicionamiento de zona de trabajo — ud

Criterio: unidad por baño (protección de pavimentos existentes, pasos, acopios).

01.02 Replanteo y marcado de instalaciones (puntos agua, desagües, electricidad) — ud

Criterio: unidad por baño.

01.03 Medios auxiliares (pequeños andamios, herramientas, elevación) — ud

Criterio: unidad por baño o % de PEM, según método.

01.04 Gestión de residuos (carga, transporte, canon) — ud / t

Criterio: por unidad de baño o toneladas estimadas.

02. Albañilería, soporte y preparaciones

02.01 Rozas, regatas y pasamuros para instalaciones — ml / ud

Criterio: ml de roza o ud de paso.

02.02 Tapado de rozas y regularización de paramentos — m²

02.03 Recrecido/regularización de pavimento (si necesario) — m²

02.04 Formación de pendientes en zona de ducha (si procede) — m²

02.05 Enlucido/emplastecido en zonas no alicatadas (si aplica) — m²

02.06 Sellados y remates de obra (huecos, encuentros) — ud

03. Impermeabilización

03.01 Impermeabilización bajo pavimento del baño (si se define) — m²

Criterio: m² de suelo impermeabilizado.

03.02 Impermeabilización completa de zona de ducha (suelo + perímetros) — m²

Criterio: m² de suelo ducha + bandas perimetrales; incluir esquinas y refuerzos.

03.03 Sellado elástico sanitario (perímetros plato, encuentros y mampara) — ml

Criterio: metros lineales de juntas selladas.

04. Revestimientos, pavimentos y acabados

04.01 Solado cerámico (baldosa gran formato) — m²

Criterio: m² netos de suelo.

04.02 Rodapié cerámico / remate perimetral — ml

Criterio: perímetro neto (descontando puerta y zonas sin rodapié).

04.03 Alicatado cerámico en paramentos — m²

Criterio: m² netos de paredes (descontando huecos).

04.04 Rejuntado y limpieza final de revestimientos — m²

Criterio: m² de paramentos/solados colocados.

04.05 Falso techo de placa de yeso hidrófuga (si aplica) — m²

04.06 Pintura plástica antihumedad en techo (y paramentos no alicatados) — m²

05. Carpintería interior

05.01 Puerta interior abatible lacada blanca (hoja + cerco + tapajuntas) — ud

05.02 Herrajes (bisagras, manilla, cerradura, topes) — ud

05.03 Sellado y remates perimetrales de marco — ud

06. Vidrios y mampara

06.01 Mampara fija de vidrio templado (panel fijo) — m² / ud

Criterio: m² de vidrio o ud por conjunto, según tarifa.

06.02 Perfilera/canal y anclajes (si existen) — ml / ud

06.03 Sellado sanitario de mampara — ml

07. Instalación de fontanería (AF/ACS)

07.01 Red interior AF/ACS (tubería empotrada) — ml

Criterio: ml por diámetros (AF/ACS).

07.02 Llaves de corte por aparato (lavabos, cisterna, ducha) — ud

07.03 Conexiones a griferías y latiguillos — ud

07.04 Prueba de presión / estanqueidad — ud

07.05 Aislamiento de tuberías (si aplica) — ml

08. Saneamiento y evacuación

- 08.01** Desagüe lavabos (tuberías + piezas) — **ml / ud**
- 08.02** Sifón(es) lavabo (individual/doble) — **ud**
- 08.03** Desagüe ducha (válvula + sifón + conexión) — **ud**
- 08.04** Evacuación inodoro (manguetón + conexión) — **ud**
- 08.05** Colector interior / conexión a bajante — **ml**
- 08.06** Ventilación de red (si procede) — **ud / ml**
- 08.07** Prueba de funcionamiento y estanquidad — **ud**

09. Instalación eléctrica, mecanismos e iluminación

- 09.01** Canalizaciones empotradas y cajas (tubo, cajas, rozas) — **ml / ud**
- 09.02** Cableado interior — **ml**
- 09.03** Mecanismos: interruptor junto a puerta — **ud**
- 09.04** Bases de enchufe (conjuntos dobles/múltiples junto al lavabo) — **ud**
- 09.05** Puntos de luz en techo — **ud**
- 09.06** Luminarias techo empotradas (downlights) — **ud**
- 09.07** Iluminación de espejo (barra/aplique) — **ud**
- 09.08** Conexión/driver y pruebas de funcionamiento — **ud**

10. Ventilación (si baño sin ventana)

- 10.01** Extractor (si aplica) — **ud**
- 10.02** Conducto a shunt/salida — **ml**
- 10.03** Rejillas/bocas (extracción y/o transferencia) — **ud**
- 10.04** Conexiónado eléctrico y prueba — **ud**

11. Aparatos sanitarios y griferías

- 11.01** Inodoro completo con cisterna vista — **ud**
- 11.02** Juego de fijación y sellado de inodoro — **ud**
- 11.03** Conjunto doble lavabo (2 uds) — **ud** *(si los lavabos se presupuestan aparte del mueble)*
- 11.04** Grifería lavabo monomando (2 uds) — **ud**
- 11.05** Válvulas de desagüe lavabo (2 uds) — **ud**
- 11.06** Plato de ducha extraplano — **ud**
- 11.07** Válvula/sifón de ducha — **ud**
- 11.08** Conjunto ducha empotrado/superficie (mezclador/termostático + accesorios) — **ud**
- 11.09** Rociador superior (ducha lluvia) — **ud** *(si no va incluido en 12.08)*
- 11.10** Ducha de mano + flexo + soporte — **ud** *(si no va incluido en 12.08)*

12. Mobiliario, accesorios y complementos

12.01 Mueble bajo doble lavabo (cajoneras, patas, tiradores) — **ud**

12.02 Encimera (si va separada del mueble) — **ud / m²**

12.03 Espejo mural rectangular grande — **ud**

12.04 Toalleros (barra / laterales junto al mueble) — **ud**

12.05 Repisa/estante en zona ducha — **ud**

12.06 Dispensador mural (jabón/champú) — **ud**

12.07 Pequeños remates y accesorios (tacos, sellos, herrajes menores) — **ud**

13. Puesta en servicio, limpieza y entrega

13.01 Pruebas completas (agua, desagües, electricidad, iluminación) — **ud**

13.02 Limpieza final de obra — **ud**

13.03 Documentación final / manuales de equipos instalados — **ud**

3.5.2 Costes estimados entre construcción de baño tradicional frente a baño modular prefabricado

A continuación se muestran los costes estimados de los diferentes sistemas, componentes e instalaciones que implican ambos sistemas constructivos, para poder realizar una comparativa directa de cada uno de las partidas definidas de manera directa.

3.5.2.1 Estructura metálica en acero inoxidable

Código	Partida	Ud	Cantidad	Observaciones / criterio de medición	Rango de costes (€)	Coste unitario equivalente
PROT-01	Protecciones, acopios y gestión de residuos	lote	1	Trad: incluye TABIQUERÍA+TRASDOSADOS del recinto ($\approx 23,50 \text{ m}^2$). BMP: bastidor inox 350–500 kg + PYL hidrófuga + embalaje + 60 km + descarga/izaje.	Trad: 1380–2480 €	Trad: 1.380,00–2.480,00 €/lote
					BMP: 3200–6200 €	BMP: 3.200,00–6.200,00 €/lote
DEM-01	Limpieza final de obra del baño	lote	1	BMP: limpieza final menor (llega terminado; solo repasos).	Trad: 90–140 €	Trad: 90,00–140,00 €/lote
					BMP: 70–120 €	BMP: 70,00–120,00 €/lote
ALB-01	Recrecido/solera de regularización en suelo	m ²	6	BMP: normalmente solo nivelación/ajuste de apoyo y morteros puntuales.	Trad: 180–240 €	Trad: 30,00–40,00 €/m ²
					BMP: 120–210 €	BMP: 20,00–35,00 €/m ²

TEC-01	Falso techo PYL hidrófugo (placa verde) + perfilera	m ²	6	BMP: ejecutado en fábrica; en obra solo remates perimetrales si aplica.	Trad: 210–300 €	Trad: 35,00–50,00 €/m ²
					BMP: 170–260 €	BMP: 28,33–43,33 €/m ²
PIN-01	Pintura plástica lavable antihumedad en techo	m ²	6	BMP: puede ir pintado en fábrica con menor merma.	Trad: 60–84 €	Trad: 10,00–14,00 €/m ²
					BMP: 50–75 €	BMP: 8,33–12,50 €/m ²
IMP-01	Impermeabilización bajo pavimento en suelo del baño	m ²	6	BMP: proceso repetitivo controlado (menos retrabajo).	Trad: 192–270 €	Trad: 32,00–45,00 €/m ²
					BMP: 170–240 €	BMP: 28,33–40,00 €/m ²
IMP-02	Impermeabilización zócalo 20 cm en perímetro de ducha	m ²	0,56	Zócalo impermeable a 20 cm (2,80 ml).	Trad: 18–25 €	Trad: 32,14–44,64 €/m ²
					BMP: 16–23 €	BMP: 28,57–41,07 €/m ²
SOL-01	Pavimento porcelánico rectificado (suministro + colocación)	m ²	6	BMP: colocado en bancada, mayor productividad.	Trad: 330–510 €	Trad: 55,00–85,00 €/m ²
					BMP: 280–430 €	BMP: 46,67–71,67 €/m ²
REV-01	Alicatado porcelánico pared hasta techo (suministro + colocación)	m ²	21,78	BMP: sobre PYL hidrófuga con sistema repetitivo y controlado.	Trad: 1307–2069 €	Trad: 60,01–95,00 €/m ²
					BMP: 1100–1750 €	BMP: 50,51–80,35 €/m ²
jun-01	Juntas especiales + siliconas sanitarias	lote	1	BMP: menor dispersión/merma; en obra solo repasos.	Trad: 150–220 €	Trad: 150,00–220,00 €/lote
					BMP: 120–190 €	BMP: 120,00–190,00 €/lote
ROD-01	Rodapié cerámico (suministro + colocación)	ml	9,18	BMP: en banco; menos tiempo de remate.	Trad: 92–147 €	Trad: 10,02–16,01 €/ml
					BMP: 80–125 €	BMP: 8,71–13,62 €/ml
CAR-01	Puerta interior lacada 0,82 m (block) + herrajes + instalación	ud	1	BMP: suele ir montada/ajustada en fábrica; en obra solo comprobación.	Trad: 320–450 €	Trad: 320,00–450,00 €/ud
					BMP: 280–400 €	BMP: 280,00–400,00 €/ud
FONT-01	Red interior de fontanería baño (AF/ACS)	ud	1	BMP: montada y probada en fábrica; en obra conexión a montantes.	Trad: 500–700 €	Trad: 500,00–700,00 €/ud
					BMP: 430–620 €	BMP: 430,00–620,00 €/ud
SAN-01	Red interior de evacuación PVC + bote sifónico	ud	1	BMP: montada y probada en fábrica; en obra conexión a bajante.	Trad: 400–600 €	Trad: 400,00–600,00 €/ud
					BMP: 340–520 €	BMP: 340,00–520,00 €/ud

FONT-02	Sifones, válvulas y conexiones lavabos (x2)	lote	1	BMP: instalado en fábrica; en obra solo comprobación.	Trad: 80–120 €	Trad: 80,00–120,00 €/lote
					BMP: 70–110 €	BMP: 70,00–110,00 €/lote
FONT-03	Válvula/sifón de plato de ducha + conexión	ud	1	BMP: instalado en fábrica; en obra solo verificación.	Trad: 100–160 €	Trad: 100,00–160,00 €/ud
					BMP: 90–140 €	BMP: 90,00–140,00 €/ud
ELE-01	Preinstalación eléctrica baño (tubos, cableado, cajas y mecanismos)	lote	1	BMP: montado y testeado en fábrica; en obra conexión y prueba.	Trad: 300–450 €	Trad: 300,00–450,00 €/lote
					BMP: 260–400 €	BMP: 260,00–400,00 €/lote
ELE-02	Downlights LED empotrables IP44 (x3) suministro + montaje	ud	3	Alternativa a ELE-03 (no se suman ambas soluciones).	Trad: 150–270 €	Trad: 50,00–90,00 €/ud
					BMP: 135–240 €	BMP: 45,00–80,00 €/ud
ELE-03	Plafón/panel LED de techo (x1) suministro + montaje	ud	1	Alternativa a ELE-02 (no se suman ambas soluciones).	Trad: 80–150 €	Trad: 80,00–150,00 €/ud
					BMP: 70–130 €	BMP: 70,00–130,00 €/ud
ELE-04	Aplique/lineal LED sobre espejo (x1) suministro + montaje	ud	1	Montaje repetitivo en BMP.	Trad: 120–220 €	Trad: 120,00–220,00 €/ud
					BMP: 100–190 €	BMP: 100,00–190,00 €/ud
ELE-05	Enchufes dobles IP44 (x2) suministro + montaje	ud	2	Compra por lote en BMP.	Trad: 120–220 €	Trad: 60,00–110,00 €/ud
					BMP: 110–200 €	BMP: 55,00–100,00 €/ud
VEN-01	Extractor de baño + conducto y rejilla exterior	ud	1	En BMP, extractor montado; conducto final depende del edificio.	Trad: 140–220 €	Trad: 140,00–220,00 €/ud
					BMP: 130–210 €	BMP: 130,00–210,00 €/ud
APA-01	Plato de ducha resina 200x80 cm + colocación	ud	1	BMP: suministro por lote + colocación en fábrica.	Trad: 650–850 €	Trad: 650,00–850,00 €/ud
					BMP: 580–780 €	BMP: 580,00–780,00 €/ud
APA-02	Mampara fija 1,20x2,00 m + instalación	ud	1	Mampara fija 1,20x2,00; BMP reduce imprevistos de montaje.	Trad: 550–900 €	Trad: 550,00–900,00 €/ud
					BMP: 500–820 €	BMP: 500,00–820,00 €/ud
APA-03	Conjunto de ducha termostático (rociador + teleducha + mandos)	ud	1	BMP: compra por lote (800/año) + montaje.	Trad: 550–950 €	Trad: 550,00–950,00 €/ud
					BMP: 500–880 €	BMP: 500,00–880,00 €/ud

MOB-01	Mueble lavabo doble con encimera/lavabo integrado + instalación	ud	1	BMP: compra por lote + montaje.	Trad: 1200–2000 €	Trad: 1.200,00–2.000,00 €/ud
					BMP: 1050–1750 €	BMP: 1.050,00–1.750,00 €/ud
APA-04	Grifería lavabo monomando (x2) suministro + instalación	ud	2	2 uds; unitario equivalente por grifo.	Trad: 300–500 €	Trad: 150,00–250,00 €/ud
					BMP: 270–450 €	BMP: 135,00–225,00 €/ud
APA-05	Inodoro compacto adosado a pared con tapa amortiguada + instalación	ud	1	BMP: compra por lote + montaje.	Trad: 500–950 €	Trad: 500,00–950,00 €/ud
					BMP: 450–850 €	BMP: 450,00–850,00 €/ud
ACC-01	Espejo mural grande sobre lavabo	ud	1	Compra por lote en BMP.	Trad: 220–450 €	Trad: 220,00–450,00 €/ud
					BMP: 200–400 €	BMP: 200,00–400,00 €/ud
ACC-02	Accesorios: toalleros, repisas y portarrollos (lote)	lote	1	Accesorios (lote) + montaje en cadena en BMP.	Trad: 120–220 €	Trad: 120,00–220,00 €/lote
					BMP: 100–190 €	BMP: 100,00–190,00 €/lote

Conclusiones **objetivas**, centradas en los costes, a partir de la comparativa que hemos construido:

1) Resultado global: el baño modular prefabricado sale ligeramente más caro, pero por un único “parámetro”

- **Total Tradicional:** ~10,3–16,7 k€ por baño
- **Total BMP:** ~11,0–18,8 k€ por baño
- **Diferencia (BMP – Trad):** aprox. +0,6 a +2,1 k€ por baño (según rangos).

Clave: esa diferencia no viene de acabados o instalaciones interiores, sino casi íntegramente del **PROT-01** (estructura inox + logística + manipulación).

2) Coste unitario: el baño modular es sistemáticamente mejor en partidas m²/ml

En las partidas por superficie/longitud (las que mejor reflejan productividad), el BMP baja el unitario en torno a:

- **Alicatado (REV-01):** ~–15–16% €/m²
- **Solado (SOL-01):** ~–15% €/m²
- **Falso techo (TEC-01):** ~–16% €/m²
- **Rodapié (ROD-01):** ~–14% €/ml
- **Impermeabilización (IMP-01 / IMP-02):** ~–9 a –11% €/m²
- **Regularización (ALB-01):** ~–21% €/m²

Esto indica que, **a igualdad de especificación**, la fabricación en fábrica (ritmo, repetición, menor retrabajo) mejora el coste unitario en acabados.

3) Exceptuando el parámetro estructura+logística, el baño modular gana en coste directo interior

Si comparamos **todo menos PROT-01** (o sea, acabados + MEP + sanitarios + equipamiento):

- El baño modular queda aprox. **un 12% más barato** que el tradicional en el conjunto de esas partidas (orden de magnitud).

4) PROT-01 es el punto de equilibrio económico

- En promedio, el baño modular ahorra $\approx 1,3$ k€ repartidos en el resto de partidas, **pero** PROT-01 añade $\approx +2,8$ k€ (midpoint) por la **estructura inox (350–500 kg) + logística/manipulación**.
- Para que el baño modular iguale al tradicional **en coste total** (en el “centro” de los rangos), PROT-01 tendría que bajar aprox. $\sim 1,35$ k€ por baño ($\approx -29\%$ del PROT-01 actual).

5) Los rangos se solapan: no hay un ganador absoluto en todos los casos

Aunque el baño modular tiende a ser más caro en esta configuración, **los rangos se solapan**: un tradicional “alto” puede costar más que un baño modular “bajo”, y viceversa. La decisión económica real dependerá de:

- cuánto se pueda **optimizar o abaratar la estructura** (material/ingeniería/peso),
- cuánto se **optimice la logística** (cargas por camión, izaje, tiempos),
- y del **nivel real de calidades** (porcelánico, griferías, mueble, etc.).

3.5.2.2 Estructura acero galvanizado

Para acotar el coste del bastidor en **acero galvanizado**, se ha usado como referencia un precio **por kg** de estructura de acero **con acabado galvanizado en caliente** del Generador de precios/CYPE (orden de magnitud): $\sim 3,75\text{--}3,84$ €/kg.

Se ha aplicado un margen de **holgura** por la complejidad de BPM (más uniones, platabandas, rigidizadores, plantillas, etc.) + **logística/manipulación/embalaje** (60 km + descarga/izaje).

Resultado:

- **PROT-01 (BPM) inoxidable: 3.200–6.200 €**
- **PROT-01 (BM) galvanizado: 2.400–4.200 €**

El galvanizado es más asequible que el inoxidable, mientras que el inoxidable aporta mayor durabilidad/corrosión y menor mantenimiento en entornos exigentes.

Código	Partida	Ud	Cantidad	Observaciones / criterio de medición	Rango de costes (€)	Coste unitario equivalente
PROT-01	Protecciones, acopios y gestión de residuos	lote	1	Trad: incluye TABIQUERÍA+TRASDOSADOS del recinto ($\approx 23,50 \text{ m}^2$). POD: bastidor de acero galvanizado (350–500 kg) + PYL hidrófuga + embalaje + 60 km + descarga/izaje.	Trad: 1380–2480 €	Trad: 1.380,00–2.480,00 €/lote
					POD: 2400–4200 €	POD: 2.400,00–4.200,00 €/lote

Conclusiones objetivas con estructura galvanizada

1. **El cambio a galvanizado lleva el BPM al “punto de equilibrio” económico.**
Antes, el BPM tendía a ser más caro por el sobre coste del inoxidable concentrado en PROT-01. Ahora, el total queda **prácticamente igual** (–168€ a +38 €).
2. **La ventaja de productividad del BPM en partidas m^2/ml se mantiene** (REV-01, SOL-01, TEC-01, IMP-01, ROD-01...), y **ya no queda “tapada”** por un PROT-01 tan alto. En términos de coste unitario, el BPM sigue mejorando sistemáticamente en acabados/instalación repetitiva.
3. **La partida crítica pasa a ser la logística/manipulación, no el material.**
Con galvanizado, el margen de mejora futura del BPM se obtiene más por: carga por camión, tiempos de izaje, coordinación de entrega, y estandarización de interfaces, que por seguir tocando acabados.
4. **Riesgo de reversión del ahorro si se exige durabilidad tipo inoxidable.**
El galvanizado es más económico, pero su protección depende del recubrimiento de zinc y puede requerir mantenimiento o tratamientos adicionales en entornos más agresivos, mientras que el inoxidable ofrece mayor resistencia y menor mantenimiento.

4. Alcance, colaboradores y público objetivo

Alcance cubierto en el proyecto

1. **Definición del reto y objetivos de automatización:** automatizar la fabricación de módulos prefabricados mediante robótica y automatización avanzada (sensores/visión, etc.) para optimizar plazos y costes
2. **Análisis tecnológico de robotización:** estudio de tareas críticas automatizables (manipulación, corte/ensamblaje, soldadura, vertido, recubrimientos, control de calidad, fabricación aditiva)
3. **Identificación de “familias” de elementos constructivos con más potencial de automatización** (a modo de cartera de oportunidades): bastidores/estructuras, paneles, módulos de baño/cocina, fachadas/envolventes, escaleras y elementos repetitivos
4. **Caso de estudio aterrizado:** definición y modelado de un **baño modular prefabricado** (enfoque “plug & play”) como elemento representativo para evaluar viabilidad
5. **Ingeniería conceptual de proceso:** propuesta de **línea de automatización** para el ensamblaje del baño (transporte, línea principal, entradas secundarias, robots principales y secundarios para unión/soldadura, etc.)
6. **Evaluación tecno-económica comparativa** (tradicional vs modular): concluye rangos de coste total por baño y localiza el principal “driver” del diferencial

Alcance “ampliable” (natural siguiente fase, coherente con lo anterior)

Sin inventar nada “nuevo”, el propio enfoque del informe deja preparado el salto a:

- **Prototipo/demostrador** (célula o mini-línea) para una o dos operaciones críticas (p. ej. manipulación + unión) y validación con métricas (takt time, OEE, calidad, seguridad).
- **Escalado a otras tipologías** de módulo (fachadas/paneles/estructura ligera), porque el informe ya las prioriza como candidatas
- **Industrialización:** estandarización de interfaces “plug & play”, trazabilidad y control de calidad automatizado (alineado con la parte de inspección/calidad automatizada descrita)

2) Posibles colaboradores

Una **propuesta de colaboradores potenciales** coherente con las necesidades técnicas del proyecto (robótica, visión/IA, BIM, industrialización, prefabricado), podría ser.

Comunidad Valenciana (prioritarios)

A) Capacidades tecnológicas (robótica/automatización/visión/IA)

- **Instituto ai2 (UPV)**, muy alineado con robótica y visión por computador (base para sensórica/VA y automatización).
- **ITI (Valencia)**, centro tecnológico TIC (IA/datos/Industria 4.0) útil para gemelo digital, analítica, integración de sistemas.

- **Inndromeda**, como “plataforma” regional para conectar empresas con tecnologías habilitadoras y proveedores tecnológicos.

B) Industria tractora / casos reales (industrialización de módulos)

- **Porcelanosa Offsite (Vila-real, Castellón)**: oferta explícita de **baños modulares** y construcción industrializada; buen candidato para piloto/validación en entorno productivo.

C) Materiales/sistemas vinculados a módulos (cerámica y envolventes)

- **ITC-AICE (Castellón / UJI)**: soporte tecnológico para soluciones ligadas a cerámica, envolventes y sistemas industrializados donde el acabado y prestaciones son críticos.

Además de los especificados anteriormente, por pura lógica de cadena de valor: fabricantes locales de prefabricados, integradores de automatización/robotización, ingenierías BIM, logística/izaje y empresas constructoras con apuesta por industrialización.

A nivel nacional (para escalar)

- **ANDECE** (asociación nacional del prefabricado de hormigón): acceso a red de fabricantes y casos industriales para pilotajes/transferencia.
- **AEICE** (clúster Hábitat Eficiente, referente en transformación/innovación del sector): útil para colaboración interregional y difusión sectorial.
- **Eurecat (Robótica y Automatización)**: capacidades claras en robótica industrial/automatización para co-desarrollos y validaciones.

3) Público objetivo / sectores a los que va dirigido

Público objetivo principal (usuario final de la solución)

1. **Fabricantes de construcción industrializada/modular** (plantas off-site) que quieran automatizar procesos de fabricación/ensamblaje de módulos.
2. **Empresas de prefabricación** (hormigón, estructura ligera, paneles, fachadas) interesadas en robotizar operaciones repetitivas y pesadas (manipulación, soldadura, inspección, acabados).

Sectores/mercados donde el “módulo baño” encaja mejor (por tipología de edificio)

Se considera que la solución de baño prefabricado modular como elemento repetible y combinable podría funcionar en sistemas como: **hoteles, residencias, hospitales y viviendas**.

Público objetivo secundario (habilitadores e ingenierías de proceso y empresas de maquinaria (para implementar la línea planteada).

- **Promotores/construtores** con estrategia de reducción de plazos y variabilidad (se benefician indirectamente al adoptar sistemas modulares.

5. Resumen y conclusiones

RESUMEN

1. **Objetivo y enfoque:** el informe plantea **automatizar la fabricación de módulos prefabricados** integrando robótica y automatización (sensores/visión, etc.) para **optimizar tiempos y costes** en proyectos de gran escala.
2. **Marco técnico:** describe **tareas críticas automatizables** (manipulación de cargas, corte/ensamblaje, soldadura, vertido, recubrimientos, control de calidad automatizado e incluso impresión 3D) y los beneficios asociados.
3. **Viabilidad y “dónde aplicar primero”:** identifica **familias de elementos modulares** especialmente adecuadas para automatización (estructuras/bastidores, paneles, módulos de baño/cocina, fachadas/envolventes, escaleras repetitivas).
4. **Tecnologías habilitadoras:** resalta robótica industrial, BIM/programación paramétrica e IA como palancas de implantación.
5. **Caso de estudio (aterrizaje):** para estudiar la viabilidad se elige un **baño prefabricado modular** (fabricado en planta, transportado e integrado en obra), concebido como módulo repetible para distintos edificios y con enfoque **plug & play**.
6. **Propuesta de industrialización:** se incluye el **modelado CAD 3D del baño** y una **propuesta de línea de ensamblaje** con transportadores, línea principal y robots (principales para manipulación y secundarios para unión/soldadura/sujeción).
7. **Resultado económico clave:** la comparativa sugiere que el baño modular sale **ligeramente más caro en total** (~+0,6 a +2,1 k€/baño), y que el diferencial se concentra sobre todo en un “parámetro” ligado a **estructura + logística/manipulación**.

CONCLUSIONES

1. **En el estudio realizado podríamos hablar de un “producto viable mínimo” claro:** el baño modular prefabricado es un caso representativo y suficientemente definido (concepto, definición técnica, modelado y propuesta de línea) para evolucionar a piloto.
2. **La oportunidad está justificada técnicamente:** ya que hay un abanico amplio de tareas donde la robótica aporta valor (precisión, calidad, seguridad, productividad), y se argumenta con tecnologías habilitadoras (robótica, BIM, IA).
3. **La competitividad del baño modular es cuestionable a nivel económico-logístico:** el sobrecoste total depende sobre todo de estructura + logística/manipulación; por tanto, la continuidad debe focalizarse en **optimizar diseño estructural, logística, manipulación e interfaces**. Hay capacidad de optimización en ese ámbito, por lo que no resultaría fácil justificar mejoras con un análisis más profundo dentro de esos puntos.

AIDIMME

Instituto Tecnológico

Domicilio fiscal —

C/ Benjamín Franklin 13 (Parque Tecnológico)
46980 Paterna. Valencia (España)
Tlf. 961 366 070 | Fax 961 366 185

Domicilio social —

Leonardo Da Vinci, 38 (Parque Tecnológico)
46980 Paterna. Valencia (España)
Tlf. 961 318 559 - Fax 960 915 446

aidimme@aidimme.es
www.aidimme.es