



Universidad Zaragoza

Universidad de Zaragoza

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

Análisis de la innovación en la industria de la construcción, evolución y perspectivas de futuro

Trabajo Fin de Grado

Grado de Ingeniería de Tecnologías Industriales

Autor: **Sergio de Gregorio Cuevas**

Director: **Pedro Sánchez Sellero**

Enero 2025

Resumen

La industria de la construcción experimenta un momento vital donde la digitalización y la innovación van a jugar un papel clave en su futuro.

Este trabajo trata en primer lugar de dar una visión global a los esfuerzos innovadores que está realizando el sector. A diferencia de otros estudios, donde se analizan de forma aislada aspectos como el BIM o el uso de prefabricados, este trabajo proporciona una visión global con el objetivo de entender que aporta cada una de estas tendencias y vislumbrar en que dirección camina la innovación.

Además, la realización de este TFG me ha permitido aprender competencias clave en la formación de un ingeniero industrial, como son la gestión de proyectos y recursos, la aplicación de tecnologías emergentes o la promoción de la sostenibilidad en procesos industriales, alineadas todas ellas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Este TFG nos brinda una visión novedosa de la innovación, ya que en el último apartado analizaremos la percepción, mediante encuestas, de empleados con diferentes funciones y tareas dentro de la construcción. Esto nos dará una visión de primera mano del estado actual de los temas abordados en este trabajo.

Índice general

Resumen.....	3
Índice general.....	4
Índice de figuras	6
Índice de tablas	7
Introducción.....	8
Motivación	8
1.Evolución del sector de la construcción en los últimos 40 años.....	9
Contexto socioeconómico	9
Desarrollo tecnológico y de materiales en la construcción desde los años 80 hasta la actualidad.....	13
2. Análisis del uso de prefabricados	16
Ejemplo real muro perimetral de parcela.....	17
Comparativa de costes:	18
Comparativa medioambiental:	19
Análisis y conclusiones:	22
3. BIM.....	24
Dimensiones	24
Estandarización.....	25
Adopción del BIM en España	28
Ventajas, oportunidades y perspectivas	29
4. TICs en la construcción	31
Optimización de la comunicación mediante TICs.....	31
Grado de implementación de las TICs en empresas	31
Caso práctico: Implementación exitosa de TICs	33
5. Sostenibilidad	34
Contexto y marco normativo.....	34
Mercado de las certificaciones de sostenibilidad.....	34
Principales retos.....	35
Beneficios clave de los edificios sostenibles	35
Adopción de las certificaciones de sostenibilidad en España.....	35

¿Qué es BREEAM y cómo funciona?	35
6. Encuestas y análisis de resultados:	37
Encuestas	37
Análisis de resultados	37
Conclusiones	42
Bibliografía	44
Anexos	48

Índice de figuras

Figura 1.1: Consumo aparente de cemento en toneladas, 1985-1991	9
Figura 1.2: Licitación Pública de Obra Civil (Millones de pesetas)	9
Figura 1.3: Consumo aparente de cemento en toneladas, 1991-1994	10
Figura 1.4: Consumo aparente de cemento en toneladas, 1994-2007	10
Figura 1.5: Número de ocupados del sector de la construcción 1994-2007 (en miles) ..	11
Figura 1.6: Consumo aparente de cemento en toneladas, 2007-2014	11
Figura 1.7: Tasa de paro general vs Número de ocupados construcción 2007-2015 ...	11
Figura 1.8: Consumo aparente de cemento en toneladas, 2014-2024.	12
Figura 1.9: Número de ocupados en el sector de la construcción periodo 2014-2024. ..	12
Figura 1.10: Evolución índice de incidencia 2007-2016	15
Figura 2.1: Plano marcado con el muro perimetral de la parcela.	17
Figura 2.2 y 2.3: Grafico comparativa ambiental.	22
Figura 2.4: Grafico comparativo de costes y parámetros muro perimetral vs in situ....	23
Figura 3.1: Dimensiones BIM	25
Figura 3.2: Mapa software BIM.....	26
Figura 3.3: Comparación comunicación de información tradicional vs CDE	26
Figura 3.4: Nomenclatura archivos BIM.....	28
Figura 3.5: Niveles de implantación gradual por años y valores de contrato	28
Figura 3.6: Distribución del número de licitaciones anual por niveles de la Administración	29
Figura II.1: Pestaña codificación generador de nomenclatura estandarizada.....	66
Figura II.2: Pestaña registro generador de nomenclatura estandarizada.....	67
Figura III.1: Licitaciones administración pública.....	68
Figura V.1: Muro doble prefabricado	72
Figura V.2: Muro macizo prefabricado.....	73
Figura V.3: Gráfico evolución resistencia del hormigón	74
Figura V.4: Camión Langendorf	74

Índice de tablas

Tabla 2.1: Calculo precio por m2 de muro in situ de 20 cm.....	18
Tabla 2.2: Calculo precio por m2 de muro prefabricado de 16 cm.	19
Tabla 2.3: Datos medioambientales acero in situ por kg	19
Tabla 2.4: Datos medioambientales encofrado in situ por m2	20
Tabla 2.5: Datos medioambientales hormigón in situ por m3	20
Tabla 2.6: Datos medioambientales muro prefabricado por m2	20
Tabla 2.8: Uso de recursos prefabricado vs in situ	21
Tabla 2.9: Impacto ambiental prefabricado vs in situ	21

Introducción

La innovación es un factor clave en el desarrollo de todos los sectores económicos. En España en 2023 el gasto en I+D alcanzó los 22.379 millones de euros, es decir el 1,49 % del PIB. En el sector de la construcción más en concreto, el gasto de las empresas en I+D interno tan solo supuso el 1% del gasto de las empresas, siendo muy dispar con por ejemplo el 45,2 % que supuso el gasto de la Industria. [14]

El sector de la construcción comienza a levantar cabeza tras la dura crisis de 2008 y con ello las empresas comienzan a tomarse en serio la necesidad de adaptar el sector a la innovación, habiendo aumentado el gasto en I+D en un 9,4 % entre 2020 y 2021. [15]

Además, en total el sector produjo 38% de las emisiones globales de CO₂ relacionadas con la energía si se consideran las emisiones de la industria de la construcción y las emisiones vinculadas a la operación de los edificios. [16] Lo que hace pensar que hay un enorme camino que recorrer para conseguir una industria de la construcción mucho más sostenible con el fin de cumplir los objetivos de neutralidad de emisiones para 2050.

En este trabajo desarrollaremos en primer lugar a nivel introductorio la evolución del sector de la construcción en los últimos 40 años tanto a nivel socioeconómico como tecnológico. A continuación, dedicaremos varios capítulos a hablar sobre las diferentes tecnologías y metodologías innovadoras (BIM, TICs y sostenibilidad) que se están aplicando en las empresas de la construcción, abordando el grado de implantación de cada una de ellas, así como sus principales beneficios y desafíos. Para concluir se ha realizado un estudio entre trabajadores de una empresa constructora con el fin de analizar y estudiar de primera mano su visión acerca de lo tratado en este TFG.

Motivación

Este trabajo se ha realizado tras mi experiencia de prácticas en una empresa del sector de la construcción, donde he podido observar ciertas luces y sombras en el desarrollo innovador de este sector. Por tanto, este TFG tiene como objetivo analizar los esfuerzos innovadores que se están realizando y sacar conclusiones de la manera en la que están adaptándose las empresas.

1. Evolución del sector de la construcción en los últimos 40 años

Contexto socioeconómico

Década de los 80 y 90

A finales de los años 70 la crisis del petróleo generó un escenario de inflación y recesión que impulsó a muchas industrias a la electrificación para reducir costes y su dependencia del petróleo.

En este contexto el comportamiento del sector fue discreto hasta que, en 1986, con la entrada de España en la Comunidad Económica Europea (CEE), comenzó una etapa de apertura e inversiones sin precedentes, beneficiándonos de la inyección masiva de fondos estructurales los cuales dieron a España la oportunidad modernizar el país.

Entre 1985 y 1991, el PIB español creció un 4,8% anual, mientras que el empleo en el sector de la construcción pasó del 6,96% al 10,09%. Esta alza en el sector vino de la mano de la construcción de infraestructuras clave, como el AVE Madrid-Sevilla y las obras para los Juegos Olímpicos de Barcelona 1992. Este auge lo podemos observar en la *Figura 1.1* a través del consumo anual del cemento que alcanzo cifras récord de 28 millones de toneladas en 1991. [1]

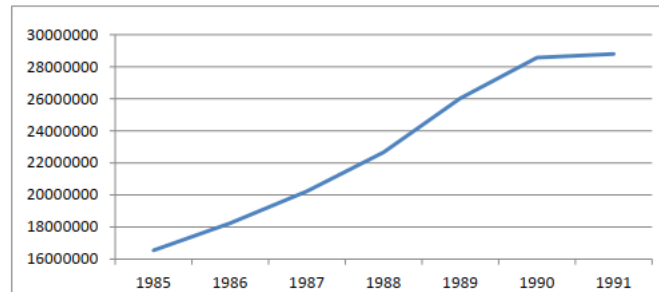


Figura 1.1: Consumo aparente de cemento en toneladas, 1985-1991

Fuente: (Sánchez Fouce, 2016) [1]

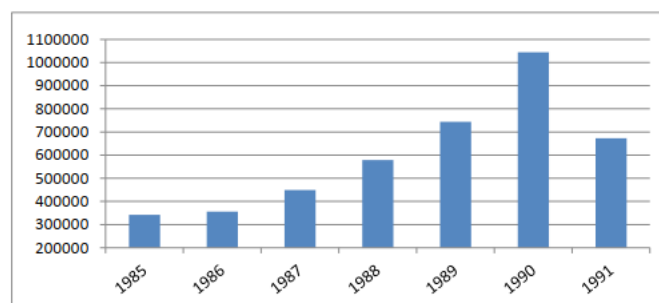


Figura 1.2: Licitación Pública de Obra Civil (Millones de pesetas)

Fuente: (Sánchez Fouce, 2016) [1]

Estos grandes proyectos retrasaron ligeramente la llegada de la crisis global derivada de la guerra del golfo y el estallido de la burbuja inmobiliaria el Japón. Entre 1991 y 1994 el consumo de cemento se redujo hasta los 23 millones de toneladas el empleo cayó al 9,16%, pudiendo observar como el empleo en construcción está directamente ligado a los ciclos económicos y de inversión. [1]

Hacia 1995 ya comenzó a recuperarse la economía española, sentando las bases del auge de finales de los 90.

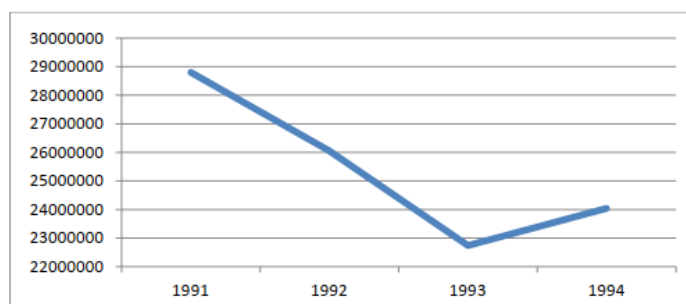


Figura 1.3: Consumo aparente de cemento en toneladas, 1991-1994

Fuente: (Sánchez Fouce, 2016) [1]

Década de los 2000: Boom inmobiliario (2000-2014)

Con el cambio de siglo, vino un auge sin precedentes en la economía española y esta vez ligado principalmente al sector de la construcción. La Ley del Suelo de 1998, los bajos tipos de interés y facilidad de acceso al crédito formaron la combinación perfecta para un auge desproporcionado en la construcción. El consumo de cemento alcanzó los 56 millones de toneladas y el empleo en construcción los 2,7 millones de empleados, representando el 23% de los nuevos empleos generados. [1]

Además, la inversión en infraestructuras públicas aumentó significativamente, con licitaciones que pasaron de 10,000 millones de euros en 1995 a 45,000 millones en 2006.

Este crecimiento desmedido, basado en una burbuja inmobiliaria y endeudamiento excesivo, colapsó en 2008, provocando una profunda crisis económica. [1]

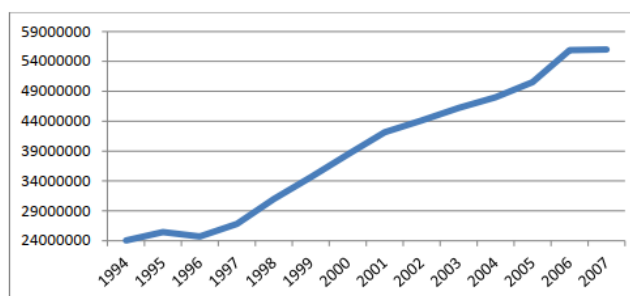


Figura 1.4: Consumo aparente de cemento en toneladas, 1994-2007

Fuente: (Sánchez Fouce, 2016) [1]

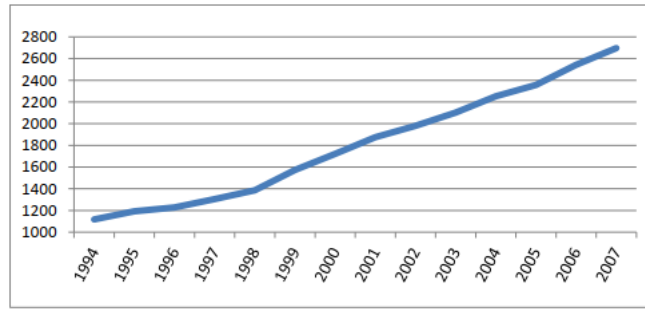


Figura 1.5: Número de ocupados del sector de la construcción 1994-2007 (en miles)

Fuente: (Sánchez Fouce, 2016) [1]

En 2008, la crisis financiera global, derivada de la caída de Lehman Brothers, golpeó duramente a España, provocando el estallido de la burbuja inmobiliaria. El sector de la construcción, que antes representaba el 10% del PIB en 2007, vio su peso reducido al 4,9% en 2014. Asimismo, el empleo en la construcción pasó de 2,7 millones de trabajadores en 2007 a apenas 1 millón en 2013 [1], *Figura 1.7*, observándose como la caída de este sector agravó enormemente el desempleo en España. [1]

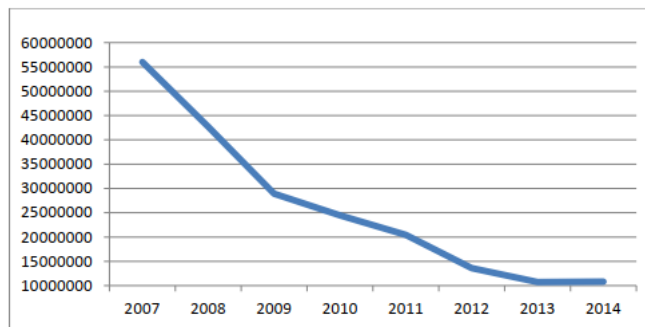


Figura 1.6: Consumo aparente de cemento en toneladas, 2007-2014

Fuente: (Sánchez Fouce, 2016) [1]

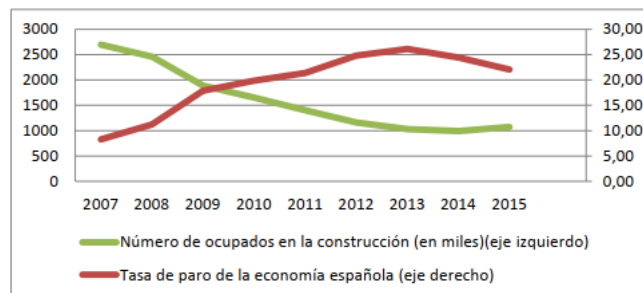


Figura 1.7: Tasa de paro general vs Número de ocupados construcción 2007-2015

Fuente: (Sánchez Fouce, 2016) [1]

No obstante, a partir de 2012 comenzaron a percibirse leves signos de recuperación, impulsados la entrada de inversión extranjera de nuevo y la reactivación de proyectos clave, que habían sido paralizados por la crisis.

Década de 2014 a 2024: Recuperación y transformación digital

Entre 2014 y 2024, el sector de la construcción en España vivió una recuperación económica con altibajos. Creció moderadamente hasta 2019, momento en el que la construcción logro volver a representar el 5,6% del PIB y empleaba a 1,2 millones de personas, pero en 2020, frutó de la pandemia de COVID-19, sucedió un descenso en la actividad, con una caída al 5% del PIB y la pérdida de 200,000 empleos. [3]

A partir de 2021 de la mano de los fondos UE Next Generation, el sector muestra signos de recuperación y en 2024 proyecta un escenario de estabilidad con un 5,5% del PIB y 1,3 millones de trabajadores, habiendo recuperado los datos prepandemia. [3]

Los niveles de consumo jamás llegaron a recuperarse tras la crisis de 2008 y se ha estabilizado en torno a los 15 millones de toneladas como se observa en la *Figura 1.8*. [2]

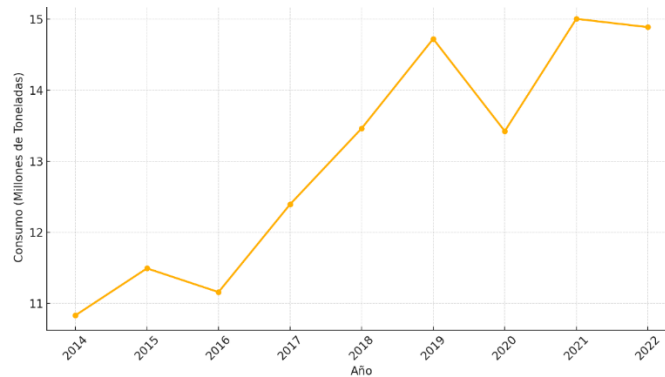


Figura 1.8: Consumo aparente de cemento en toneladas, 2014-2024.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ministerio de Industria. [2]

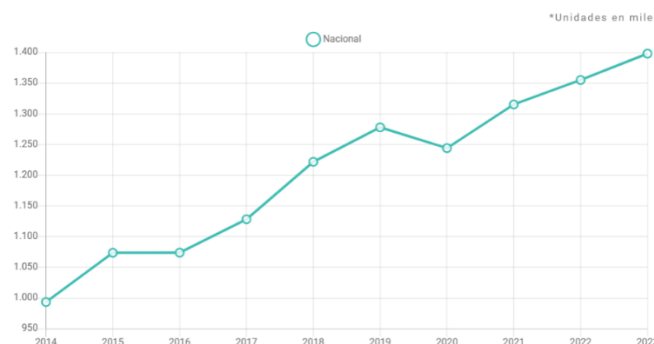


Figura 1.9: Número de ocupados en el sector de la construcción periodo 2014-2024

Fuente: (Observatorio Industrial de la Construcción, s.f.) [3]

La rehabilitación urbana ha sido un motor importante durante esta década, en la que ha quedado un tanto estancada la nueva construcción. Estos últimos años, desde la pandemia, ha aumentado drásticamente el precio de la vivienda en ciertos lugares de España, esto en parte puede haber sido causado por el estancamiento de la construcción de viviendas, siendo que la población de España no ha parado de crecer. Este estancamiento tiene mucho que ver con la gran pérdida de empresas del sector de la construcción durante la crisis y al debilitamiento de las que aguantaron, que no han conseguido volver a mostrar el mismo músculo económico que antes de 2008. Esto ha podido generar desequilibrio en la oferta y demanda que se ha visto traducido en un incremento de precios. Vista esta situación las administraciones públicas han comenzado un leve esfuerzo por impulsar la construcción de nuevas viviendas que se prevé que aumente en los próximos años, habiendo propuesto la creación de una empresa constructora pública.

Desarrollo tecnológico y de materiales en la construcción desde los años 80 hasta la actualidad

En los últimos 40 años el sector de la construcción no ha parado de transformarse impulsado tanto por los nuevos materiales, como por avances tecnológicos. A continuación, vamos a recoger los cambios más significativos que se han dado en esta evolución:

Aislamientos y revestimientos

Hace unas décadas los sistemas aislamiento más comunes y utilizados eran espuma de poliuretano. Estos fueron sustituidos por materiales como la lana de roca, con unas mayores prestaciones respecto a aislamiento y resistencia al fuego.

Por otro lado, las fachadas de las edificaciones también han dado un giro importante. En los años 80, las fachadas eran normalmente de ladrillo cara vista o enfoscados de mortero. Hoy en día, se han popularizado las fachadas ventiladas y las de gres porcelánico, que proporcionan un mayor aislamiento y a su vez dan una visión más limpia y moderna.

Maquinaria y tecnología en movimiento de tierras

En los años 80, las labores de movimiento de tierras y replanteo debían ser ejecutadas con cálculos y técnicas manuales. La maquinaria como traíllas, motoniveladoras y pilotadoras han logrado una mayor capacidad técnica pero el verdadero avance ha sido la introducción de sistemas laser y GPS 3D que han reducido considerablemente la complejidad y plazos de estas tareas. [17] En Topografía el uso de drones 3D se ha convertido en una herramienta vital para su trabajo. Además, en los últimos años se ha incrementado el uso de maquinaria eléctrica, aunque sigue habiendo una gran dependencia del diésel como fuente de energía.

Hormigones: Nuevas especificaciones y usos

El hormigón, uno de los materiales más empleados en la construcción, ha visto un notable avance en su formulación y aplicaciones. En los años 70, el hormigón más común tenía una resistencia de 175 kg/cm², mientras que el de 100 kg/cm² se usaba exclusivamente para capas de limpieza. En la actualidad, el mínimo utilizado es de 250 kg/cm². En los años 90 cambiaron las nomenclaturas con el fin de reflejar resistencias y características más precisas. Hoy en día, el hormigón más utilizado es el de clase H30 (300 kg/cm²), reflejo de los avances en durabilidad y resistencia estructural. [18]

Prefabricados y reducción de plazos

El uso de elementos prefabricados ha aumentado considerablemente, logrando una mejora en los tiempos de ejecución y mejorando los estándares de calidad. Sin embargo, pesa a la industrialización de la construcción, los plazos de construcción son cada vez más exigentes, lo que choca frontalmente con el carácter manual de la mayoría de ellos trabajos todavía.

Logística del hormigón

Los equipos de transporte de materiales también han evolucionado. En los años 90, comenzaron a utilizarse camiones con capacidad de 10-12 m³, conocidos como "pepinos", que agilizaron considerablemente el transporte de hormigón. Por otra parte, las bombas de hormigón que comenzaron a utilizarse con normalidad a lo largo de los años 80 han mejorado enormemente sus capacidades haciendo posible realizar proyectos mucho más ambiciosos.

Seguridad y salud

La maquinaria actual no solo ofrece mayores capacidades operativas, sino también estándares de seguridad mucho más altos. Las innovaciones en tecnología y diseño han reducido significativamente los riesgos asociados al manejo de equipos pesados, contribuyendo a entornos de trabajo más seguros., reduciendo en un 41,8% el índice de incidencia entre 2007 y 2016. [19]

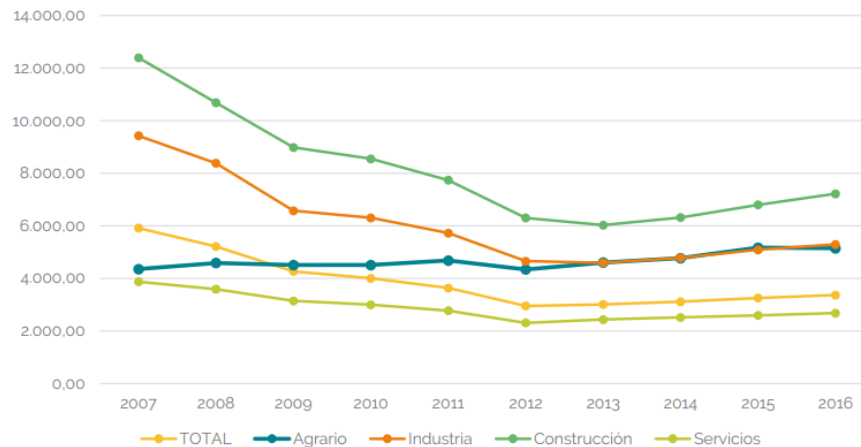


Figura 1.10: Evolución índice de incidencia 2007-2016

Fuente: (Observatorio de la Construcción, 2016) [19]

Tecnologías y materiales en desarrollo

En la última década, los materiales de construcción han experimentado una notable evolución, con un claro enfoque en la sostenibilidad y adaptabilidad a nuevas exigencias. Algunos ejemplos de materiales que comienzan a implementarse son:

- **LC3 (Limestone Calcined Clay Cement):** Este cemento sostenible consigue reducir hasta un 50% las emisiones de CO₂ al sustituir parte del clínker por piedra caliza y arcilla calcinada. [20]
- **Áridos reciclados de hormigón (RCA):** Son una alternativa sostenible a los áridos naturales ya que mejora su resistencia a la compresión y su durabilidad, y se reduce la absorción de agua, la profundidad de carbonatación y la penetración de iones de cloruro. [21]
- **Tecnología de auto reparación de pavimentos con microondas:** Este sistema genera calor para sellar grietas en mezclas asfálticas, extendiendo la vida útil de las carreteras y reduciendo su impacto ambiental. Además, incorporando escoria siderúrgica, mejora la eficiencia térmica de la técnica, pudiendo disminuir hasta un 42% las emisiones de carbono respecto a métodos tradicionales. [22]

Estos materiales reflejan una clara tendencia del sector hacia soluciones alineadas con las exigentes normativas europeas y los objetivos de descarbonización del sector de la construcción.

2. Análisis del uso de prefabricados

El uso de elementos prefabricados en la construcción es una de las innovaciones más generalizadas y aplicadas en la industria de la construcción. Los prefabricados son elementos constructivos fabricados de manera industrial, es decir fuera del emplazamiento final, en un entorno controlado y bajo estrictos controles de calidad para posteriormente ser trasladados e instalados en obra. Esta industrialización ha transformado los métodos tradicionales de construcción, aportando soluciones más eficientes y sostenibles.

La normalización es clave para el uso generalizado de esta tecnología. Diferentes organismos internacionales y nacionales, como la ISO (International Organization for Standardization) y normativas concretas como pueden ser la UNE-EN 13369:2020, establecen los requisitos técnicos, controles de calidad y metodologías necesarias para que se cumplan todos los estándares estructurales, de seguridad y medioambientales exigidos. En el caso español, el Código Estructural es el que regula el uso de los elementos prefabricados. [23]

El mercado de los prefabricados no se limita a un único tipo de elemento. Entre las aplicaciones más utilizadas están:

- 1) **Paneles prefabricados de hormigón:** Utilizados tanto en cerramientos exteriores como en muros estructurales, garantizan una gran rapidez en el montaje.
- 2) **Vigas y pilares prefabricados:** Elementos clave en edificaciones industriales y puentes, los cuales permiten una gran variedad y adaptación respecto a las necesidades de diseño.
- 3) **Muros de contención:** Soluciones para estabilizar taludes y terrenos, facilitando su rápida instalación tanto en obras lineales como ejerciendo de muros perimetrales.
- 4) **Elementos modulares:** Baños, cocinas y habitaciones enteras fabricadas en planta y ensambladas directamente en obra, muy comunes en proyectos de vivienda social y hoteles.
- 5) **Infraestructuras hidráulicas:** Tubos de hormigón armado, arquetas y depósitos prefabricados, esenciales para redes de abastecimiento y saneamiento.

El auge del uso prefabricados no tiene que ver tan solo con sus mejoradas capacidades técnicas, se debe también a su gran contribución a la sostenibilidad. La reducción de los residuos en obra, optimizar el uso de materiales y disminuir los tiempos de construcción contribuyen a la disminución de la huella de carbono como veremos más adelante en el ejemplo concreto que vamos a estudiar. Además, su producción controlada facilita la incorporación de materiales reciclados y el riguroso cumplimiento de la legislación medioambiental.

En definitiva, el uso de prefabricados representa una solución cada vez más utilizada para afrontar los desafíos actuales de la industria de la construcción, donde la rapidez, la sostenibilidad y la calidad son factores cada vez más determinantes. En este apartado profundizaremos en su aplicación técnica, así como su impacto económico y ambiental, comparándolo con métodos de construcción tradicionales.

Ejemplo real muro perimetral de parcela

Para hacer una comparativa real entre el uso de elementos prefabricados y la construcción in situ, vamos a simular y analizar el caso de la construcción de un muro perimetral de hormigón armado.

El caso a estudiar es una parcela situada en el entorno de Zaragoza, en la cual se sitúa una nave crossdocking, esta parcela se extiende una superficie de 22.233 m² según catastro.



Figura 2.1: Plano marcado con el muro perimetral de la parcela.

Fuente: Elaboración propia a partir de planos del catastro.

El muro perimetral, marcado con una línea roja en la *figura 2.1*, tiene una longitud lineal de 397 ml. El muro tiene una altura variable dependiendo de la contención de tierras necesaria. Esto hace que la superficie total de muro sea 695,76 m², con una altura máxima de 2,65 m en el lado oeste de la parcela. Esta superficie es la que más nos importa ya que vamos a trabajar €/m² para costes y m²/h para rendimientos.

Los muros que vamos a plantear como solución, ambas opciones van a necesitar por supuesto una cimentación y en nuestro caso va a ser la misma para ambas soluciones, por lo que no vamos a analizar detalle los costes que supondrían dicha cimentación, ya que la usaremos igualmente en los dos tipos de muro, siendo de esta manera la única parte a comparar las pantallas de los muros.

Los dos tipos de muro a analizar y comparar se diferencian principalmente por el proceso de puesta en obra, en el Anexo V, se especifican los materiales y proceso constructivo de cada una de las opciones.

Material	Rto.	coste	total
Muro prefabricado 16cm	1	119,96	119,96
Mano de obra	Rto.	coste	total
Oficial 1ª construcción	0,106	26,48	2,81
Ayudante construcción	0,2	23,14	4,63
Peón ordinario construcción	0,12	22,05	2,65
	Rto.	coste	total
Camión plua	0,132	103,15	13,62
			143,67 €/m2

Tabla 2.2: Calculo precio por m2 de muro prefabricado de 16 cm.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos consultados en Banco de Datos de Construcción (BDC) del año 2024 perteneciente al Instituto Valenciano de la Edificación. [7]

Comparativa medioambiental:

Suministro y colocación de acero en muros in situ

TOXICIDAD	USO DE RECURSOS	IMPACTO AMBIENTAL
Ecotoxicidad del agua dulce [ETP _{fw}] 4.15e+0 CTUe	Huella hídrica [FW] 0 m ³	Potencial de cambio climático total [GWP-tot] 0,60 kg CO ₂ eq
Humana sin efectos cancerígenos [HTP _{nc}] 6.79e-8 CTUh	Materiales consumidos 1,05 kg	Gases de efecto invernadero [GWP-GHG] 0,60 kg CO ₂ eq
Humana con efectos cancerígenos [HTP _c] 2.21e-9 CTUh	Materia prima virgen [RM] 15 %	Captación biogénica [GWP-bio] 0,00 kg CO ₂ eq
	Contenido reciclado [RC] 85 %	
	Pre-consumo [RC _{pre}] 29 %	
	Post-consumo [RC _{post}] 56 %	
	Energía embebida 11 MJ	
	Energía renovable [PERT] 3 MJ	
	Energía no renovable [PENRT] 8 MJ	

Tabla 2.3: Datos medioambientales acero in situ por kg

Fuente: Banco de Datos de Construcción (BDC) del año 2024 perteneciente al Instituto Valenciano de la Edificación. [7]

Encofrado de muro in situ

TOXICIDAD		USO DE RECURSOS		IMPACTO AMBIENTAL	
Ecotoxicidad del agua dulce [ETP _{fw}]	5.86e+0 CTUe	Huella hídrica [FW]	0 m ³	Potencial de cambio climático total [GWP-tot]	
Humana sin efectos cancerígenos [HTP _{nc}]	1.04e-7 CTUh	Materiales consumidos	0,19 kg	Gases de efecto invernadero [GWP-GHG]	0,31 kg CO ₂ eq
Humana con efectos cancerígenos [HTP _c]	1.76e-8 CTUh	Materia prima virgen [RM]	100 %	Captación biogénica [GWP-bio]	0,31 kg CO ₂ eq
		Contenido reciclado [RC]	0 %		0,00 kg CO ₂ eq
		Pre-consumo [RC _{pre}]	0 %		
		Post-consumo [RC _{post}]	0 %		
		Energía embebida	7 MJ		
		Energía renovable [PERT]	1 MJ		
		Energía no renovable [PENRT]	6 MJ		

Tabla 2.4: Datos medioambientales encofrado in situ por m²

Fuente: Banco de Datos de Construcción (BDC) del año 2024 perteneciente al Instituto Valenciano de la Edificación. [7]

Suministro y vertido de hormigón en muros in situ

TOXICIDAD		USO DE RECURSOS		IMPACTO AMBIENTAL	
Ecotoxicidad del agua dulce [ETP _{fw}]	1.95e+2 CTUe	Huella hídrica [FW]	20 m ³	Potencial de cambio climático total [GWP-tot]	
Humana sin efectos cancerígenos [HTP _{nc}]	9.45e-7 CTUh	Materiales consumidos	2.473,93 kg	Gases de efecto invernadero [GWP-GHG]	227,60 kg CO ₂ eq
Humana con efectos cancerígenos [HTP _c]	1.19e-8 CTUh	Materia prima virgen [RM]	100 %	Captación biogénica [GWP-bio]	227,60 kg CO ₂ eq
		Contenido reciclado [RC]	0 %		0,00 kg CO ₂ eq
		Pre-consumo [RC _{pre}]	0 %		
		Post-consumo [RC _{post}]	0 %		
		Energía embebida	1.385 MJ		
		Energía renovable [PERT]	74 MJ		
		Energía no renovable [PENRT]	1.311 MJ		

Tabla 2.5: Datos medioambientales hormigón in situ por m³

Fuente: Banco de Datos de Construcción (BDC) del año 2024 perteneciente al Instituto Valenciano de la Edificación. [7]

Muro prefabricado de hormigón armado

TOXICIDAD		USO DE RECURSOS		IMPACTO AMBIENTAL	
Ecotoxicidad del agua dulce [ETP _{fw}]	9.77e+2 CTUe	Huella hídrica [FW]	5 m ³	Potencial de cambio climático total [GWP-tot]	
Humana sin efectos cancerígenos [HTP _{nc}]	1.22e-6 CTUh	Materiales consumidos	238,19 kg	Gases de efecto invernadero [GWP-GHG]	43,11 kg CO ₂ eq
Humana con efectos cancerígenos [HTP _c]	9.84e-8 CTUh	Materia prima virgen [RM]	100 %	Captación biogénica [GWP-bio]	43,11 kg CO ₂ eq
		Contenido reciclado [RC]	0 %		0,00 kg CO ₂ eq
		Pre-consumo [RC _{pre}]	0 %		
		Post-consumo [RC _{post}]	0 %		
		Energía embebida	355 MJ		
		Energía renovable [PERT]	38 MJ		
		Energía no renovable [PENRT]	317 MJ		

Tabla 2.6: Datos medioambientales muro prefabricado por m²

Fuente: Banco de Datos de Construcción (BDC) del año 2024 perteneciente al Instituto Valenciano de la Edificación. [7]

Vamos a centrar el análisis medioambiental en el uso de recursos y el impacto ambiental, para ello tenemos que convertir los datos que componen el muro in situ a m2 con el fin de comparar equitativamente a el muro prefabricado.

Uso de recursos

Indicador	Muro Prefabricado	Muro In Situ (Total)
Huella hídrica (FW)	5 m ³	4 m ³
Material consumido (kg)	238,19 kg	518,307 kg
Energía embebida total (MJ)	355 MJ	528,42 MJ

Tabla 2.8: Uso de recursos prefabricado vs in situ

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos consultados en Banco de Datos de Construcción (BDC) del año 2024 perteneciente al Instituto Valenciano de la Edificación. [7]

Ambos muros causan una huella hídrica muy similar siendo más determinante la reducción en algo más de 54% del material consumido (238,19 kg vs 518,307 kg), junto con una disminución de un 32,8% de la energía total consumida en la construcción del muro (355 MJ vs 528,42 MJ).

En conclusión, el muro prefabricado mejora significativamente el aprovechamiento de los recursos en el proceso de construcción.

Impacto ambiental

Indicador	Muro Prefabricado	Muro In Situ (Total)
Potencial de cambio climático (GWP-tot)	43,11 kg CO ₂ eq	59,162 kg CO ₂ eq
Gases de efecto invernadero (GWP-GHG)	43,11 kg CO ₂ eq	59,162 kg CO ₂ eq
Captación biogénica (GWP-bio)	0,00 kg CO ₂ eq	0,00 kg CO ₂ eq

Tabla 2.9: Impacto ambiental prefabricado vs in situ

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos consultados en Banco de Datos de Construcción (BDC) del año 2024 perteneciente al Instituto Valenciano de la Edificación. [7]

El muro prefabricado tiene un impacto un 27,13% menor en el potencial de cambio climático total y en la emisión de gases de efecto invernadero (43,11 kg CO₂ eq vs 59,162 kg CO₂ eq). Esto sucede debido a que en la construcción del muro in situ, sus procesos más extensos y distribuidos en diferentes fases, genera una mayor huella de carbono.

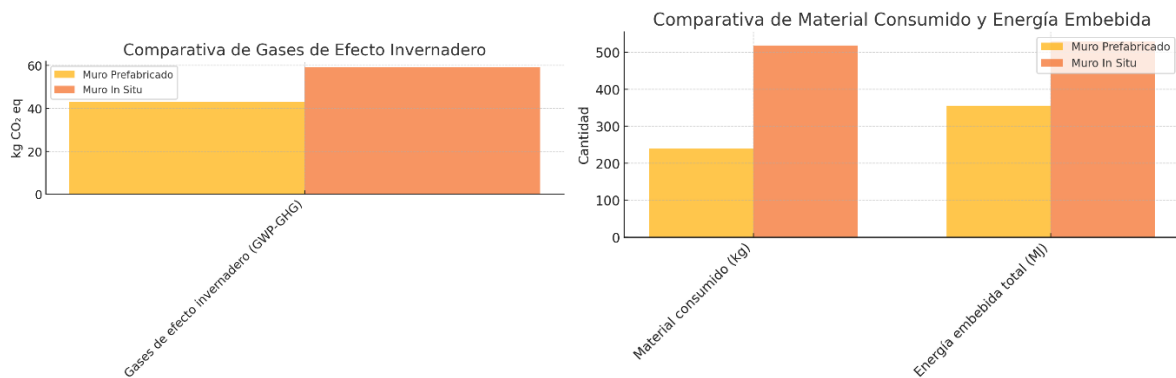


Figura 2.2 y 2.3: Grafico comparativa ambiental.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos consultados en Banco de Datos de Construcción (BDC) del año 2024 perteneciente al Instituto Valenciano de la Edificación. [7]

Análisis y conclusiones:

Tras este análisis de costes se pueden observar varias partidas que hacen más atractiva una opción u otra. El hecho de que el muro prefabricado tenga que ser colocado previamente a la cimentación, significa que la pantalla de muro sea más grande, por lo menos esa superficie que se mete en la zapata, que la pantalla in situ. Esto también provoca que, aunque sean tan solo unos 20 cm, multiplicado por toda la longitud del muro hace una cantidad considerable a considerar también.

En este caso la elección de muro prefabricado no tendría una motivación económica, ya que simplemente el precio de la pantalla del muro como material es más caro que la construcción in situ del muro. Dentro de esta partida del muro prefabricada, está incluido todo el proceso de producción en la fábrica, así como el transporte hasta el lugar de colocación. Es notorio que a diferencia del muro in situ el prefabricado tienen un considerable menor número de partidas y esta es una de sus grandes ventajas, es un proceso mucho más sencillo que no requiere de mano de obra especializada y que además es posible de ejecutar en un menor tiempo.

Se debe considerar una buena coordinación en el solape de las actividades de colocación de muro y cimentación de la zapata, pero una gran cantidad de fabricantes garantizan un rendimiento superior a los 40 m²/ día [24] haciendo que por ejemplo un muro perimetral como el que se ha propuesto a estudiar se podría hacer en menos de 18 días. Esto hace que en obras con plazos reducidos o incluso en aquellas donde el espacio de construcción de los muros genere interferencia con otras actividades, sea muy interesante el uso de este tipo de muros ya que simplifica mucho el proceso haciéndolo también más seguro.

El muro in situ por otro lado es claramente la opción a elegir desde el punto de vista económico, tiene la ligera desventaja de ser más sensible a las condiciones meteorológicas, las cuales pueden retrasar la ejecución, pero también permite ganar tiempo pudiendo dejar las cimentaciones terminadas previamente a la construcción del muro. Es necesario un mayor número de profesionales especializados como encofradores y ferrallistas, pero también permite una mayor flexibilidad en el diseño y en la solución de alguna peculiaridad geotécnica del terreno. Los tiempos de ejecución del muro in situ son más variables, dependiendo de factores como la experiencia de la mano de obra, pero de acuerdo diferentes profesionales consultados sería prudente decir que pueden llegar a ejecutarse unos 18 m²/día, haciendo que un muro como el planteado necesitara unos 39 días para el alzado del muro.

Desde el punto de vista medioambiental sacamos una conclusión clara, tanto a nivel de impacto ambiental como de ahorro de recursos, el muro prefabricado es una opción mucho más atractiva, dejando como único inconveniente el aspecto económico.

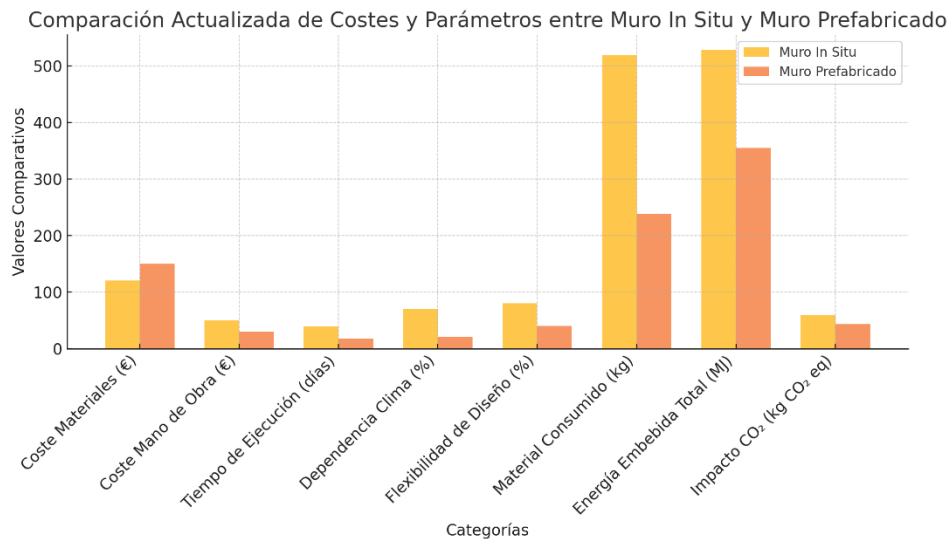


Figura 2.4: Gráfico comparativo de costes y parámetros muro perimetral vs in situ

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos consultados en Banco de Datos de Construcción (BDC) del año 2024 perteneciente al Instituto Valenciano de la Edificación. [7]

3. BIM

BIM (Building Information Modelling), es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes. [25]

El uso del BIM, tiene como objetivo abarcar todas las fases del proyecto, extendiéndose a lo largo de la vida útil del edificio, facilitando la gestión de este y reduciendo sus costes de operación.

Hay diversas opiniones acerca de él origen de este concepto, algunos lo atribuyen al profesor Charles M. Eastman, del Georgia Tech Institute of Technology, el cual fue el primero en difundir el concepto de modelo de información de edificación, como un sinónimo de BIM, a inicios de los años setenta en diversas publicaciones, aunque hay un cierto consenso en que Jerry Laiserin fue quien lo popularizó como un término común para la representación digital de procesos de construcción. [26]

Dimensiones

Esta metodología se basa en la integración de la información en un modelo tridimensional que evoluciona para incorporar datos que abarcan todas las etapas del proyecto. Estas ampliaciones del modelo BIM son lo que conocemos como dimensiones estas son las dimensiones cuya aplicación son una realidad a día de hoy en España: [27]

- **1D: Concepto**

Establece normas y directrices para la colaboración en proyectos. Ejemplo: Mandato BIM de Cataluña para proyectos públicos.

- **2D: Vectorización**

Estandariza flujos de trabajo y organiza procedimientos con plantillas específicas, unificando criterios entre disciplinas.

- **3D: Modelado**

Representa la geometría y características del proyecto en un gemelo digital, detectando interferencias y optimizando la ejecución.

- **4D: Planificación**

Incorpora la dimensión temporal, gestionando recursos y plazos. Ejemplo: Synchro, para comparar planificación y ejecución de manera visual.

- **5D: Costes**

Añade precisión económica al modelo con presupuestos y mediciones detalladas, vinculados a software como Presto.

- 6D: Sostenibilidad

Evalúa el rendimiento energético y facilita certificaciones como LEED o BREEAM, promoviendo prácticas responsables.

- 7D: Mantenimiento

Gestiona activos, planifica reparaciones y optimiza recursos, prolongando la vida útil del edificio.



Figura 3.1: Dimensiones BIM

Fuente: (Econova Institute of Architecture and Engineering, s.f.) [8]

Estandarización

Al ser una metodología y no una simple herramienta, no hay un software que aglutine todas estas funcionalidades descritas anteriormente, existe una gran variedad de software, que se complementa para lograr esta centralización de todas las fases.

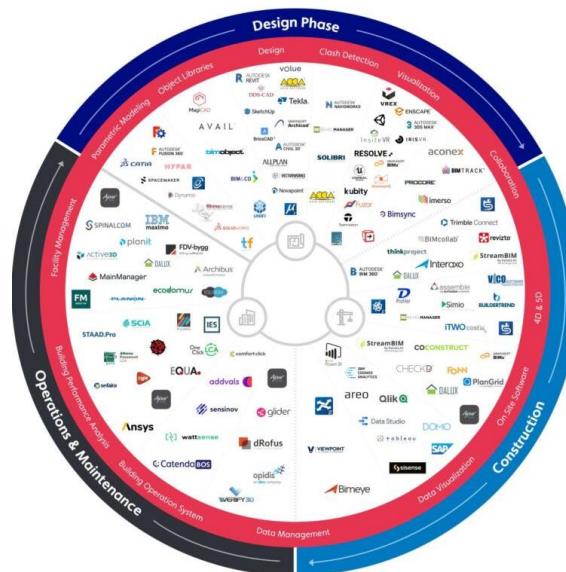


Figura 3.2: Mapa software BIM

Fuente: (Catenda, 2021) [9]

Por ello una de las bases para la correcta implantación del BIM, es la estandarización. Es necesario que todo este software comparta información compatible entre todas las herramientas, así como es necesario que todos los agentes usuarios de la metodología BIM usen unos mismos estándares.

Para esto, en 2019, se creó la ISO 19650, está se compone de varias normas clave que regulan los procesos y requisitos para mejorar la colaboración y el intercambio de datos en las fases de diseño, construcción, operación y mantenimiento.[28]

Esta norma abarca desde conceptos básicos hasta directrices específicas para su aplicación práctica, destacando la gestión de la información como clave para fomentar la colaboración y la coordinación entre los distintos agentes involucrados.

Un componente esencial de esta norma es el Common Data Environment (CDE), un entorno digital centralizado diseñado para recopilar, gestionar y compartir información de manera eficiente, garantizando que todos los agentes del proyecto tengan acceso a datos actualizados y relevantes en cada etapa. [10]

El uso del CDE permite establecer flujos de trabajo organizados, con estados y procesos de revisión que reflejan la madurez de los datos y su propósito en el momento de compartirse. Este enfoque garantiza el control y la trazabilidad durante la generación, revisión, aprobación y distribución de la información, facilitando la colaboración y el éxito del proyecto.

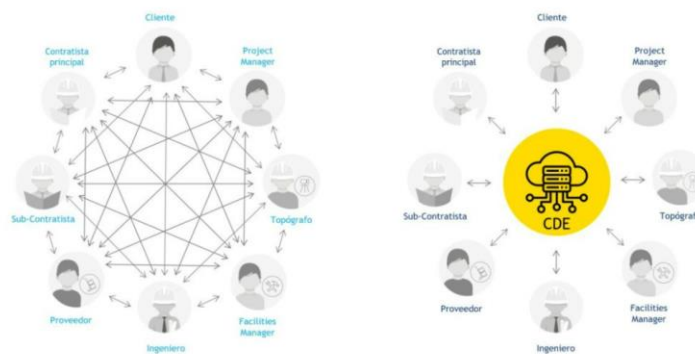


Figura 3.3: Comparación comunicación de información tradicional vs CDE

Fuente: (Guerra Barroso, 2024) [10]

Existen diversas soluciones de software CDE que hay en el mercado, las cuales añaden funcionalidades como el uso de metadatos, registro de modificaciones y notificaciones de cambios. [10]

La norma también define los procesos para dos fases principales: la fase de desarrollo, que incluye diseño y construcción, y la fase de operación, donde se gestiona el uso y mantenimiento del activo. En cada una de estas etapas, se establecen planes específicos, como el Building Execution Plan (BEP), que orientan a los equipos en la producción colaborativa de información y en el cumplimiento de los requisitos definidos por el adjudicador. [28]

Un aspecto destacado de la ISO 19650 es su enfoque en los conceptos LOD (Level of Development) y LOI (Level of Information). Estos son pilares fundamentales en la metodología BIM, ya que permiten estructurar y gestionar modelos en función de las necesidades del proyecto y sus agentes. Para conocer estas necesidades se propone una “MATRIZ DE RESPONSABILIDAD”, donde podremos definir, para cada agente o fase del proyecto, qué LOD y LOI lo detallarán. [29]

El LOD define el grado de detalle geométrico de los elementos del modelo según la etapa del proyecto. Desde un modelo conceptual inicial (LOD 100), con volúmenes básicos, hasta un modelo "As Built" (LOD 500), que detalla el estado final de la construcción para su mantenimiento, cada nivel aporta un grado de precisión adaptado a las necesidades específicas del proyecto. Entre estos extremos, los niveles intermedios permiten desarrollar el diseño, planificar la construcción, estimar costes y coordinar instalaciones con creciente detalle.[29]

Por otro lado, el LOI se centra en la cantidad y calidad de la información no gráfica asociada a los elementos del modelo, como materiales, dimensiones o propiedades técnicas. Es posible que un elemento tenga una representación gráfica simple, pero contenga información detallada sobre sus características, o viceversa. [29]

Debido a que los proyectos están vivos y en constante cambio tener un control de las versiones, introduciendo el número de revisión en la nomenclatura, es clave para que los equipos de obra siempre dispongan de los últimos datos y planos, dificultando la posibilidad de que se ejecuten planos que nos son la versión correcta y aprobada.

Una de las claves para lograr esta estandarización que propone la norma nace en la trazabilidad de los documentos y nomenclatura de todos los archivos que estamos generando. Así se sugiere una convención de nombres con unos campos específicos con el objetivo de que todos los agentes conozcan que contiene dicho archivo y que además también que facilite la búsqueda y clasificación de estos archivos. En el Anexo II, podemos observar un ejemplo de Excel que creé durante mi tiempo de prácticas en una empresa del sector de la construcción, este es un generador de nombres el cual sigue una nomenclatura estandarizada, propuesta por la asociación BuildingSMART Spain, según la norma ISO19650. [11] Estos nombres son ciertamente tediosos en un inicio, pero si se logra implantar y normalizar su uso facilitan en gran medida la gestión documental.

CAMPO	DEFINICIÓN	REQUERIMIENTO	LONGITUD
Proyecto	Identificador del expediente, contrato o proyecto	Requerido	2-6
Creador	Organización creadora del documento	Requerido	3-6
Volumen o Sistema	Agrupaciones, áreas o tramos representativos en los que se fragmenta el proyecto	Requerido	2-3
Nivel o Localización	Localización dentro de un Volumen o Sistema	Requerido	3
Tipo de Documento	Tipología de documento, entregable o auxiliar	Requerido	3
Disciplina	Ámbito al que se corresponde el documento	Requerido	2-3
Número	Enumerador de partes	Requerido	3
Descripción	Texto que describe el documento y su contenido	Opcional	Sin límite
Estado	Situación, temporal o definitiva, del documento	Opcional/Metadato	2
Revisión	Versión del documento	Opcional/Metadato	4



Figura 3.4: Nomenclatura archivos BIM

Fuente: (buildingSMART Spain, s.f.) [11]

En resumen, la ISO 19650 proporciona un marco con el que gestionar la información en proyectos de construcción de una manera eficiente y estructurada. Al promover la colaboración, la interoperabilidad y la protección de los datos, esta norma impulsa un modelo de construcción mucho más digitalizado, que impulsará cada vez más funcionalidades.

Adopción del BIM en España

En 2014 el Parlamento Europeo aprobó la directiva 2014/24/UE, la cual establece, en su artículo 22, que “*para contratos de obra y concursos de proyectos, los estados miembros podrán exigir el uso de herramientas específicas, como herramientas de diseño electrónico de edificios o herramientas similares*”. Además, prevé que los poderes adjudicadores deben ofrecer medios de acceso alternativos hasta el momento en que dichas herramientas estén disponibles de forma general. A partir de esta directiva el gobierno de España creó la comisión interministerial BIM, de la cual ha surgido el Plan BIM, en la contratación pública, aprobado en 2023, en el cual se define un calendario de implantación gradual y progresivo desde 2024 hasta 2030. [12]

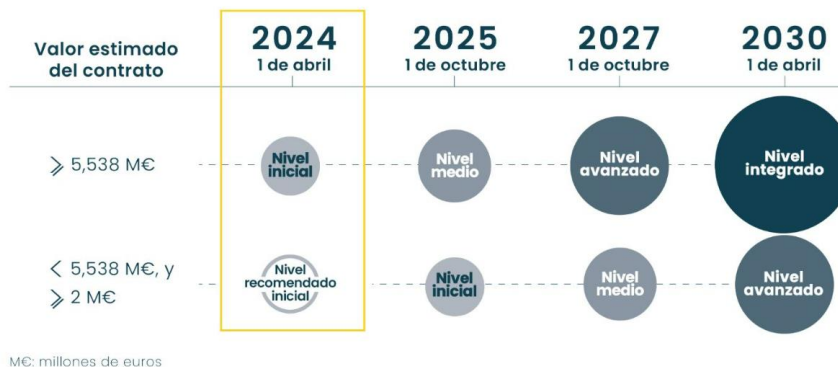


Figura 3.5: Niveles de implantación gradual por años y valores de contrato

Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, s.f.) [12]

Cataluña, fue la primera en proponer la adopción del BIM en las contrataciones públicas, según el macro estudio de adopción BIM publicado por building SMART Spain, en 2019, [30] esta comunidad autónoma era la principal impulsora de esta metodología como se puede observar en el Anexo III. Además, se concluye que, en España, los principales esfuerzos de implementación de BIM son realizados por el sector privado, destacando buildingSMART Spain, los grupos de usuarios BIM o la comisión Construimos el Futuro de Cataluña, careciendo de una estrategia nacional clara. Aunque la Ley de Contratos del Sector Público permite exigir BIM, no existen directivas específicas ni un estándar nacional unificado. La formación se centra en herramientas más que en metodología, y la estandarización avanza con iniciativas como eCOB para objetos y GuBIMclass para clasificación. A pesar de la accesibilidad del software y hardware, su coste es una barrera para las pequeñas empresas y los entornos comunes de datos están aún en desarrollo y limitados a plataformas específicas. Esto parece que ha comenzado a cambiar a partir de 2019 con un fuerte impulso del gobierno estatal, que ha venido a concretarse en el anterior plan BIM mencionado que pone como objetivo final el 2030. [13]

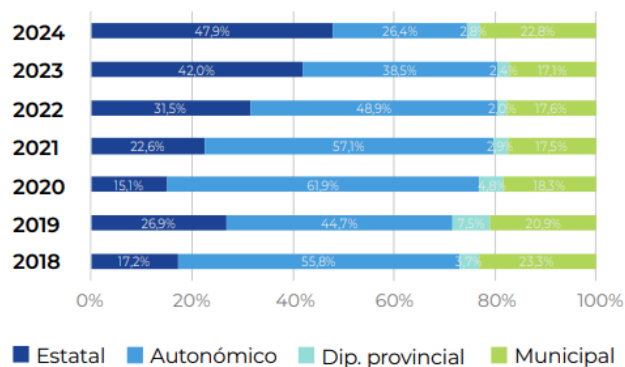


Figura 3.6: Distribución del número de licitaciones anual por niveles de la Administración

Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2024) [13]

Ventajas, oportunidades y perspectivas

Todas estas herramientas vinculadas a la metodología BIM, tienen un coste importante y requieren de formación especializada, pero permiten un tratamiento tan global de la información, que permite detectar errores y ahorrar costes en todo el ciclo de vida, a un nivel que jamás se podría haber imaginado con la metodología CAD que era usada hasta ahora. Según la National Building Specification (NBS), en el año 2013, ayudó a ahorrar más de 804 millones de libras tan solo en costos de construcción. [31]

Actualmente se está trabajando en la implementación de nuevas dimensiones al BIM, como pueden ser la centralización de toda información de seguridad y salud en el modelo.

Paralelamente también se trabaja en la creación de nuevos estándares internacionales de "datos abiertos" que allanarán el camino para compartir información fácilmente entre todas las herramientas del mercado BIM.

4. TICs en la construcción

En los últimos años, la contratación de obras ha evolucionado, generando cierta confusión debido a la introducción de gran cantidad de agentes como son consultoras, arquitectos, promotores, Project manager, coordinador de seguridad y salud... Toda esta variedad de agentes implicados y la diversidad de intereses entre ellos hace que todos los elementos de la obra deban estar justificados técnica y económicamente, lo que ha provocado que se generen cantidades ingentes de información que si no es correctamente comunicada y gestionada puede conllevar un cierto descontrol e ineficiencia.

Optimización de la comunicación mediante TICs

Está claro que la construcción es una actividad que requiere de una constante presencialidad y toma de decisiones en obra. Hace dos o tres décadas la única forma de transmitir cambios o novedades en los proyectos era a través del fax, teléfono o yendo personalmente a la obra. La aparición del email, facilitó en gran medida la comunicación permitiendo una conversación e intercambio mucho más fluido que sigue siendo vital en nuestros días.

Lo que realmente ha sido un salto en cuanto a claridad en la comunicación y ahorro de tiempo y dinero en viajes han sido herramientas como Microsoft teams. Esta permite realizar videollamadas en tiempo real, entre varios equipos implicados y realizar reuniones, sin requerir que todos los agentes implicados tengan que desplazarse. Esto permite disponer de equipos más amplios cuando hay que tomar decisiones críticas en la obra, así como una mayor facilidad de control y seguimiento.

Por ejemplo, ahora los técnicos en envolventes que deben revisar el estado de ejecución de las cubiertas y fachadas no tendrían que desplazarse constantemente para comprobarlo, simplemente con un modelo BIM y fotos detalladas realizadas por los encargados en obra, podría realizar la tarea, dando las indicaciones oportunas al encargado a cerca de los problemas a subsanar, aunque siempre es recomendable observar de vez en cuando en persona para asegurarse.

Grado de implementación de las TICs en empresas

La implementación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el sector de la construcción ha mostrado un creciente avance en los últimos años, aunque aún persiste una brecha significativa respecto a otras industrias más digitalizadas, como los servicios y la industria manufacturera. Como podemos observar en el informe realizado en 2023 por el Observatorio de la Fundación Laboral de la Construcción, [32] a nivel general, el gasto en TIC en la construcción sigue siendo el más bajo entre los

sectores productivos, con una inversión total de 152 millones de euros, muy por debajo de los 2.897 millones destinados en el sector servicios y los 321 millones invertidos en la industria.

En términos de adopción tecnológica, las diferencias son notables. Aunque el 99,6% de las empresas constructoras con más de 10 empleados disponen de ordenadores y conexión a Internet, solo el 67,7% cuenta con un sitio web, cifra notablemente inferior al 84,1% del sector servicios y al 78,8% de la industria. Además, apenas el 19,4% de estas páginas web están disponibles en más de un idioma, mientras que en los servicios este porcentaje asciende al 43,7%. El uso de redes sociales también refleja esta tendencia, con un 49,3% de adopción en la construcción, frente al 60,6% en la industria y al 88,8% en los servicios.

El software especializado presenta un escenario similar. Herramientas como los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP) son utilizados solo por el 41,1% de las empresas constructoras, frente al 58,7% en la industria y al 90,2% en servicios. En cuanto a los sistemas de gestión de relaciones con clientes (CRM), el sector de la construcción muestra una adopción muy baja, apenas un 15,4%, comparado con el 24,1% en la industria y el 53,6% en servicios.

La adopción de tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial (IA) es otro indicador de la brecha digital en la construcción. Apenas un 4,7% de las empresas del sector implementan IA, principalmente para análisis financiero (34,9%), procesos de producción (27,9%) y seguridad TIC (25,9%). En comparación, la industria alcanza un 12,1% de adopción de IA, mientras que el sector servicios lidera con un 25,8%. De manera similar, el uso de tecnologías de Cloud Computing también refleja esta disparidad, con solo un 21,8% de adopción en la construcción, frente al 35,2% en la industria y el 73,9% en los servicios.

En el ámbito de la formación y el capital humano, el sector de la construcción enfrenta serios desafíos. Solo el 7% de las empresas constructoras cuentan con especialistas en TIC, una cifra muy por debajo del 18,4% en la industria y del 66% en los servicios. Además, el 85,7% de las empresas constructoras identifican las expectativas salariales elevadas como el principal obstáculo para contratar profesionales cualificados en TIC. Aunque la formación ha mostrado una ligera mejora en el último año, con un incremento del 2,5%, el porcentaje de empresas que ofrecen capacitación en TIC sigue siendo bajo, situándose en un 15,3%.

Finalmente, la inversión en seguridad TIC refleja una peculiaridad interesante. Aunque el gasto en este ámbito es relativamente bajo en la construcción, las pequeñas empresas (10-49 empleados) representan el 71,8% de esta inversión, lo que sugiere que las empresas medianas tienen una mayor preocupación por estos riesgos.

En conclusión, el sector de la construcción ha avanzado en la adopción de las TIC, pero a un ritmo mucho más lento que otros sectores económicos. Persisten desafíos significativos, como los altos costes de implementación, la falta de formación adecuada, la resistencia al cambio y la escasa adopción de herramientas avanzadas como la Inteligencia Artificial y el Cloud Computing. Sin embargo, el potencial de

transformación digital es evidente, y su éxito dependerá de una mayor inversión en capital humano, un enfoque estratégico hacia la innovación y la superación de las barreras culturales que aún frenan esta transición.

Caso práctico: Implementación exitosa de TICs

Tomando el ejemplo de la empresa en la que he realizado mis Prácticas, tuve varias formaciones y observé como están comenzando a implementar una herramienta digital propia, es decir desarrollada internamente, lo cual facilita implementar las funcionalidades que más necesarias eran para la empresa.

Esta plataforma es en formato web y puedes acceder a ella con unas credenciales validas desde cualquier dispositivo. Tiene diversidad de funcionalidades y su principal misión es centralizar una gran cantidad de tareas que se llevan a cabo digitalmente en un solo sitio.

En primer lugar, hay un apartado de empleado donde se comunica toda información interna, así como gestionan vacaciones. Luego hay otro apartado que se ha creado con el fin de ser un directorio colaborativo entre todos los usuarios y empleados, creando una base de datos interna con contactos, clave en fases de contratación y estudio, que optimizará y ayudará a agilizar la búsqueda de posibles proveedores.

Esta plataforma está perfectamente sincronizada con el sistema de carpetas en SharePoint donde se ubica toda la información, por lo que se ha creado una herramienta que comparte la información que tú quieres facilitar a proveedores para que oferten, generando un correo automático, lo cual optimiza y agiliza en gran medida esta tarea. A los proveedores y usuarios se les proporcionan unas credenciales con permisos limitados para que puedan directamente integrar sus ofertas en la plataforma.

A nivel administrativo todos los pagos, proformas y pedidos se hacen a través de esta herramienta, estando todo el proceso integrado aquí y haciendo partícipes, a todas las empresas que quieran trabajar con ellos, de la plataforma.

El control de costes en obra está también integrado aquí, habiendo sincronizado el preste del proyecto y contabilizando semanalmente como están las contrataciones y el estado de los pedidos.

Está es una herramienta en constante desarrollo, las próximas funcionalidades que se van a implementar son la lectura mediante IA de documentos para por ejemplo realizar pedidos o certificaciones.

5. Sostenibilidad

Contexto y marco normativo

La sostenibilidad en la industria de la construcción ha tomado una gran relevancia debido a su impacto directo en el consumo de recursos y las emisiones de carbono. Tanto a nivel europeo como nacional, diferentes políticas públicas y normativas han impulsado un cambio. El Pacto Verde Europeo establece objetivos concretos para alcanzar la neutralidad climática en 2050, mientras que legislaciones locales, como el Código Técnico de la Edificación (CTE) y la Ley de Residuos y Suelos Contaminados, establecen criterios específicos en España con el objetivo de mejorar en la eficiencia energética de los edificios y abordar tanto la gestión de los residuos generados por esta industria como las emisiones producidas en el proceso de construcción.

En 2014, se invirtieron unos 5.300 millones de euros en propiedades sostenibles en Alemania, lo cual representa un 20% del mercado inmobiliario. Además, un 30% de las certificaciones correspondieron a edificios ya construidos, lo que refleja que no es solo cosa de nuevas construcciones. [34]

En cuanto a incentivos financieros, destacan los Fondos Next Generation EU, que en España aportarán 6.800 millones de euros en transferencias a fondo perdido y créditos para la industria de la construcción, de los cuales 3.400 millones irán destinados a la rehabilitación de viviendas. [35]

Mercado de las certificaciones de sostenibilidad

La adopción de certificaciones de sostenibilidad en la construcción está cobrando cada vez más importancia. En Europa, BREEAM y LEED lideran el mercado, siendo ampliamente reconocidos por su enfoque en la eficiencia energética y la sostenibilidad en todas las fases del edificio. BREEAM, de origen británico, cuenta con un 60% de preferencia entre los inversores, mientras que LEED, desarrollado en Estados Unidos, ocupa el segundo lugar con un 54%. [36]

En España, destaca VERDE, una certificación desarrollada por el Green Building Council España (GBCe). VERDE evalúa aspectos como el consumo energético, la gestión de residuos y la integración del edificio en su entorno. Además, impulsa el valor de los edificios en el mercado y facilita el acceso a incentivos económicos. Este sistema refleja el compromiso nacional con la sostenibilidad, alineándose con los estándares europeos y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. [37]

Según el estudio realizado por DLA Piper [36] existe una clara preferencia por una única certificación homogénea a nivel europeo, con un 80% de encuestados que apoyan esta idea.

Principales retos

Principalmente la falta de estandarización de las certificaciones genera confusión, debiendo tener asesores especializados en cada tipo de certificación y dificultando la comparación entre proyectos de diferentes países y certificaciones.

El coste inicial sigue siendo una gran barrera para la principal implementación, pese a que se recupera por 10 esa inversión a posteriori, siendo que aumentando un 2% el presupuesto de obra para implementar estas mejoras aporta hasta un 20% de ahorro a lo largo de su vida útil. [35]

Además, el 65 % de los encuestados por DLA Piper [36] consideran que deberían existir Green Leases en los contratos entre inquilinos y arrendatarios con el fin de establecer un compromiso medioambiental a largo plazo.

Beneficios clave de los edificios sostenibles

Entre los principales beneficios que puede suponer la implementación de una certificación de sostenibilidad cabe destacar el incremento de un 38 % del valor de los activos, la reducción de un 15 % de los costes energéticos, así como de un 11% de los costes operativos. Además, se reducen en hasta un 18 % las emisiones durante la ejecución. La reputación corporativa también se ve incrementada en un 14%, sucediendo un fenómeno denominado Green Premium por el cual estos bienes de estas empresas logran unas mayores rentas y valor en el mercado. [36]

Adopción de las certificaciones de sostenibilidad en España

En España, la adopción de certificaciones de sostenibilidad en el sector de la construcción es todavía limitada, con menos del 0,1% de los edificios construidos o rehabilitados certificados bajo sellos como VERDE, BREEAM o LEED. [38]

La tasa anual de renovación energética del parque de edificios se sitúa en un 0,1%, muy por debajo del objetivo europeo del 2-3% necesario para cumplir con los compromisos climáticos. Sin embargo, se observa un crecimiento gradual, con cerca de 100 edificios certificados al año. [38]

Programas como los fondos Next Generation EU y la Renovation Wave buscan cambiar esta dinámica, con objetivos como renovar 1,2 millones de viviendas antes de 2030 y acelerar la transición hacia una edificación más sostenible y descarbonizada. [38]

¿Qué es BREEAM y cómo funciona?

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) es de entre los sistemas de certificación de sostenibilidad en edificaciones uno de los más reconocidos a nivel internacional. Su objetivo principal es conseguir los máximos beneficios tanto ambientales como sociales y económicos durante todo el ciclo de vida

de las construcciones. Desde que se lanzó en 1990, ha certificado más de 591000 edificios en más de 90 países, convirtiéndose en una herramienta clave para el desarrollo de la industria sostenible. [32]

El proceso de certificación BREEAM se divide en dos fases diferenciadas:

1. **Fase de diseño (FD):** Consiste en la evaluación de todos los planos, especificaciones y compromisos asumidos durante el diseño de la construcción. Tras esto se otorga una clasificación provisional en función de los objetivos que se han planteado.
2. **Fase de postconstrucción (FPC):** Ahora sí, una vez finalizada la obra, se verifica in situ que se han cumplido e implementado todos los criterios establecidos en la fase de diseño y se otorga de nuevo una clasificación en base a esta evaluación del cumplimiento final de los objetivos.

Este proceso debe estar dirigido por un Asesor BREEAM acreditado, en España hay más de 250 [39], quien supervisa las fases de diseño y construcción, revisa la documentación necesaria, realiza auditorías y asegura que se han cumplido los requisitos establecidos en el manual técnico. [33]

El sistema de puntuación clasifica los edificios en niveles que van desde "Correcto" hasta "Excepcional", dependiendo del grado de cumplimiento de los criterios de sostenibilidad que han sido evaluados. [33]

En el anexo IV podemos observar las principales categorías que estudia la certificación BREEAM y algunos ejemplos concretos de criterios que evalúa.

6. Encuestas y análisis de resultados:

Encuestas

En este apartado se va a realizar encuestas a los empleados de la empresa en la que he realizado mis prácticas, con el objetivo de analizar su percepción, grado de conocimiento y experiencia en relación con las herramientas y tecnologías innovadoras que hemos analizado en este trabajo. El cuestionario está diseñado para abarcar distintos perfiles profesionales dentro de la organización, desde encargados de obra, pasando por técnicos de obra e incluso algún perfil administrativo, para asegurar una amplia perspectiva del sector.

Las encuestas realizadas incluyen preguntas específicas sobre el uso, conocimiento y satisfacción de herramientas como BIM, MY EIGO (herramienta digital propia de la empresa), Microsoft Teams, y software de gestión documental, así como sobre certificaciones sostenibles (BREEAM) y tecnologías emergentes como la inteligencia artificial. Además, se plantean algunas cuestiones más generales sobre la innovación en el sector de la construcción y el nivel de adaptación personal a estas medidas.

La metodología empleada se basa en formularios digitales realizados a través de Google Forms con algunas preguntas cerradas para obtener datos cuantificables y preguntas abiertas que permitan recoger observaciones y sugerencias cualitativas. Para las preguntas cerradas se ha empleado la escala de Likert, un método ampliamente utilizado en encuestas que permite medir percepciones, actitudes o experiencias a través de cinco niveles de respuesta. Este sistema facilita la cuantificación de respuestas, representando tanto la dirección como la intensidad de las opiniones de los encuestados. En el anexo I se pueden observar en porcentajes y gráficas las preguntas y respuestas brutas de los encuestados.

Análisis de resultados

Perfiles profesionales

En primer lugar, vamos a analizar el perfil de los trabajadores que han realizado la encuesta, en su mayoría son técnicos un 72,7 %, por el contrario, hay un 9,1% que trabaja en administración y un 18,2% que son encargados de obra, las cuales desempeñan un trabajo más físico y presencial que el resto de los encuestados ya que afirman no usar herramientas digitales en su día a día. En cuanto a la edad y experiencia de los encuestados destaca que el 45,5 % tienen más de 20 años de en el sector, siendo tan solo el 23,7 % los que tienen menos de 5 años de experiencia, lo que nos lleva a pensar que, coincidiendo con los datos de edad, el sector muestra en su mayoría una población bastante veterana y con una media de edad cercana a la jubilación, lo cual va

a un factor clave en nuestro análisis a cerca de la innovación. Entre nuestros encuestados encontramos una mayoría de trabajadores que trabajan en obra, estos se dividen principalmente entre gente con formación básica, técnica y universitaria, siendo principalmente los encuestados con más estudios de máster y posgrado los que ejercen labores de oficina técnica. Los trabajadores que ejercen tareas técnicas y administrativas muestran un manejo al menos intermedio de herramientas de Microsoft (el entorno de aplicaciones que utiliza la empresa), siendo los más jóvenes y los que ejercen tareas de administración los que muestran un manejo más avanzado de estas herramientas. Todas las respuestas pertenecen a trabajadores en la zona geográfica de Zaragoza.

BIM

Respecto al conocimiento por parte de los trabajadores sobre lo que es la metodología tan solo un 27,3 % conocen perfectamente, aunque la mayoría conocen en parte o un poco sobre ello. Pero si pasamos ya a el uso de alguna herramienta BIM tan solo de visualización se observa que un 45,5 % raramente o nunca han utilizado estas, aunque el resto sí que las utilizan de ocasional a muy frecuentemente.

La parte de la visualización es la más sencilla y accesible para todos de hecho en la empresa se ha comenzado a utilizar Dalux como prueba para empezar a familiarizarse con estas herramientas. Más allá de la visualización, comienza a reducirse el uso de esta metodología, tan solo el 18,2 % creen tener una formación suficiente para implementar esta metodología en su totalidad limitados estos perfiles a la oficina técnica y desapareciendo estas competencias de los perfiles de obra.

Entre los trabajadores que si han trabajado en algún proyecto donde se haya utilizado BIM, en su mayoría, un 50%, creen que su adopción esta en un nivel normal, mientras que un 37.5% piensan que es bajo, en su mayoría coincidiendo con los perfiles que más conocimiento tienen sobre esta metodología, pudiendo sacar la conclusión de que los profesionales tienen un conocimiento limitado de hasta donde puede alcanzar la metodología BIM y sus capacidades.

Algunas de las principales sugerencias que han realizado los trabajadores, para un mayor uso dentro de la empresa pasan por la posibilidad de formación específica a todos los trabajadores en estas herramientas, especialmente a los de obra, así como un entorno común colaborativo (CDE) en la empresa, aunque esto pueda ser complicado debido a los requisitos propios de cada cliente.

MY EIGO

Esta es la herramienta digital propia, de la que hablamos anteriormente en el apartado de TICs, que está desarrollando internamente la empresa para tratar de centralizar muchas actividades clave en el día a día de los trabajadores. Esta ha sido implementada hace menos de 6 meses por lo que será muy interesante ver la opinión de los trabajadores en esta etapa tan temprana de desarrollo.

A la hora de ver con que frecuencia utilizan esta herramienta, vuelven a ser los encargados de obra los que menos uso hacen de ella, por sorpresa los perfiles de oficina técnica son los segundos que menos hacen uso de ella y los perfiles de administración,(siempre la usan) y técnicos en obra (jefes de obra, producción) son los que más lo utilizan, pudiendo deducir que las que las gestiones administrativas y de gestión de la obra han sido las funcionalidades que han sido implementadas principalmente.

En general los trabajadores, un 60% creen haber recibido una formación suficiente para desarrollar sus tareas en la plataforma, cosa bastante positiva dado la reciente implementación de esta herramienta. Además, un 63,6 % piensas que su uso facilita significativamente sus tareas, siendo bastante alto el grado de satisfacción, con tan solo un 18,2 % con una opinión negativa, coincidiendo con los perfiles a los cuales no les ayuda nada en sus tareas, los encargados de obra. A nivel general se tiene una opinión generalizada de que la herramienta es bastante intuitiva.

En general varios encuestados gustaría que mejorase en la centralización de la solicitud de vacaciones, gestión de las nominas y fichaje digital de horario. Más en particular trabajadores del departamento de seguridad y salud (SQS), sugieren que en el futuro de pudiera hacer reportes de las incidencias en obra a través de esta plataforma. El personal técnico de obra demanda principalmente que se pueda integrar en el sistema de pedidos ya existente los comparativos de ofertas y la petición de estas ofertas a empresas. Y desde la oficina técnica se sugiere poder implementar todos los flujos de aprobación de documentación y la integración del BIM, con el fin de depender menos de software externo y poder implantar el BIM a nivel empresa.

Comunicación TICs

En este aspecto existe una curiosa contradicción, el sector tiende a realizar reuniones ya comunicarse a través de herramientas como Microsoft Teams, un 90,9% afirma hacer reuniones en esta modalidad siempre o frecuentemente y a nivel general confirman en esta misma proporción que mejora la comunicación y colaboración en su equipo. Sin embargo, tan solo un 18,2 % prefieren esta modalidad de reuniones a las reuniones presenciales. Los encuestados con una mayor edad en general se muestran más

reticentes por lo general y puntualizan que les genera rechazo los fallos de conexión en la obra o el no poder exponer con detalles las problemáticas en la ejecución de las obras.

Certificaciones sostenibles

Un 54,5% de los encuestados afirman conocer en parte los principios y objetivos de las certificaciones sostenibles como BREEAM y un 18,2% afirma conocerlo perfectamente. A pesar de estos datos tan solo un 30 % afirma tener conocimiento suficiente sobre el tema para contribuir en el cumplimiento de los objetivos. Esto se debe en gran parte a que el departamento de SQS es el que aborda principalmente los certificados y soluciones de sostenibilidad, aunque al fin y al cabo es el personal de obra el que esta presente y puede contribuir a estas mejoras. A nivel empresa el 70 % considera que los valores de la empresa están alineados o totalmente alineados con los objetivos de sostenibilidad. Algunos encuestados sugieren que a nivel empresa una formación básica sobre estos certificados y el alcance de sus objetivos ayudaría significativamente a su cumplimiento y a nivel certificados, también opinan que en ocasiones algunas categorías que se evalúan deberían ser más objetivas y prácticas.

Gestión documental

Tan solo el 54.6% dicen tener conocimientos en algún software especializado de gestión documental, siendo los principales conocedores los perfiles de oficina técnica y los técnicos en obra indistintamente de la edad. El resto no están muy familiarizados con estos softwares, a pesar de que 72,8% si que afirman que la solución de carpetas en SharePoint que utiliza la empresa les parece que mejora el acceso y organización de la documentación necesaria para realizar su trabajo.

Cuando se pregunta por el sistema de nomenclatura que se ha adoptado para converger hacia la estandarización propuesta en la ISO19650, tan solo un 50 % le parece adecuado, exponiendo que la principal barrera de este sistema es lo poco intuitivo del nombre y la longitud de este, lo cual da a pensar que, a pesar de los beneficios de la estandarización, la mitad de las encuestas se sienten reacios a este sistema.

Inteligencia artificial

Este es un campo bastante novedoso y se esta comenzando a ver las aplicaciones profesionales que podría tener, tan solo el 18,2 % dice utilizar la IA frecuentemente en su puesto de trabajo, del resto el 45,5% no la usan nunca y comentan que es algo completamente nuevo para ellos. A pesar de estos datos, el 63,7 % confiesa que le gustaría conocer más sobre que aplicaciones podría tener la IA en su puesto de trabajo, lo cual resalta un creciente interés por este tema. A nivel empresa tan solo un 18,2 % opinan que este bien implementadas las herramientas de inteligencia artificial, lo que suscita un gran margen de mejora para aprovechar todo el potencial.

Innovación

La percepción de los encuestados es que en cuanto a innovación tecnológica el sector no esta al nivel de otras industrias y sectores, tan solo siendo equiparado a otros sectores por un 18,2%.

A pesar de esto, un 63.7% si que comparte la opinión de que la empresa en la que trabajan es mas innovadora que otras del sector. Los encuestados trabajan en una empresa constructora lo que quiere decir que principalmente pueden ver como la innovación pueda costarles más pequeñas que son subcontratadas o incluso a pequeños proveedores que también componen el sector.

Personalmente la mayoría de los empleados, 63,7%, sí que se sienten adaptados a las nuevas tecnología e innovaciones y en el mismo porcentaje creen que su nivel de conocimiento y formación les permite estar a la altura de las exigencias de la innovación.

Los encuestados además encuentran como principales barreras a la innovación, en el sector de la construcción, la resistencia al cambio que se da principalmente por la población envejecida del sector, así como también muestran que un factor clave son los altos costes iniciales que deben invertirse en formación y software. Los plazos tan ajustados que existen hoy en día en la construcción también lo destacan como un factor que no deja tiempo para adoptar estas metodologías.

Por otro lado, piensan que las soluciones para mejorar la adopción de estas tecnologías deberían pasar por una apuesta y potenciación de perfiles jóvenes y que sean formados directamente en las universidades y grados de formación profesional. También destacan la necesidad de inversión e impulso estatal en materia de innovación y que aquellas personas que desarrollan este software sean más cercanas a las necesidades reales de la obra.

Conclusiones

Este trabajo ha abordado desde un enfoque global la transformación por la que está pasando el sector de la construcción.

En la construcción prefabricada frente a la tradicional hemos podido observar en el estudio comparativo de costes tanto económicos como medioambientales que pese a sus claros beneficios en este segundo aspecto, reduciendo notablemente emisiones y el uso de recursos, sigue siendo una solución más costosa económicamente, aunque su principal ventaja y por la cual está siendo cada vez más adoptada es la considerable reducción de tiempos de ejecución en la obra, simplificando en gran medida la complejidad de los proyectos y con el objetivo de cumplir los exigentes plazos que se establecen hoy en día.

El BIM lleva siendo ya una década el principal foco de innovación en la construcción centrandose en la mayoría de los esfuerzos por implementar nuevas funcionalidades que reduzca y estandarice todas las actividades dentro de la construcción. Hoy en día existen claras barreras como la falta de personal cualificado, pero a la vista de los últimos esfuerzos estatales por implementar esta metodología a la contratación pública, nos hace ver un creciente interés que puede convertirse en el impulso definitivo.

Las TICs han llegado ya a todos los sectores económicos, aunque la construcción se esta viendo claramente rezagada respecto a la industria o los servicios. A la vista de la opiniones y respuestas expresadas, esta bastante relacionado con el envejecimiento de los trabajadores del sector y el escaso relevo generacional de un sector que no consigue capitalizar el talento joven.

Respecto a sostenibilidad queda un gran trabajo por hacer, la construcción sigue siendo una de las actividades económicas más contaminantes. Las certificaciones de sostenibilidad han abierto la posibilidad de un sector más responsable medioambientalmente, que impulsado por las políticas publicas de rehabilitación y eficiencia energética deberían marcar el camino de los próximos años en el sector, haciendo frente a desafíos como la homogeneización de todas las certificaciones.

La principal contribución y de la que más conclusiones podemos sacar son las encuestas a empleados de la construcción que nos dejan algunos datos claves para comprender el momento que vive el sector respecto a la innovación.

Las encuestas reflejan una población veterana que limita la adopción de nuevas tecnologías, siendo principalmente aquellos perfiles más de obra y con menos estudios técnicos los que mayor resistencia al cambio presentan, siendo los menos expuestos a la innovación en su día a día. Los acortados plazos de ejecución que se comprometen en los contratos también se ven como una amenaza a el desarrollo de la innovación, no permitiendo implantar nuevas metodologías con los tiempos que requieren. Además,

los datos recogidos muestran la necesidad de una mayor formación específica en temas BIM y sostenibilidad, así como la voluntad mayoritaria de un mayor conocimiento a cerca de la inteligencia artificial pese a que ahora sea una gran desconocida en el sector. Respecto al uso de TICs y herramientas de gestión documental la adopción ha sido un éxito, pese a que debería hacerse un esfuerzo por integrar a todos los perfiles de obra en estas herramientas. Los encuestados muestran cierta resistencia a la estandarización debido a que choca con sus formas habituales de hacer las cosas, pero sí que creen que es el camino a seguir, a la par que muestran una gran confianza en que nuevos perfiles jóvenes potenciaran estos cambios tecnológicos.

En conclusión, la construcción ha sido y es un sector clave en nuestro país que tiene grandes retos por delante como el envejecimiento, la estandarización y la industrialización, que serán claves en el desarrollo y competitividad de un sector que debe seguir modernizándose y adaptándose si no quiere quedarse atrás.

Bibliografía

- [1] Sánchez Fouce, A. (2016). *El sector de la construcción en España desde una perspectiva histórica 1985-2015* [Trabajo de Fin de Grado, Universidad de A Coruña]. Repositorio Institucional de la Universidad de A Coruña. Recuperado de https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/18048/SanchezFouce_Alba_TFG_2016.pdf?sequence=2
- [2] Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. (2022). *Estadística del cemento*. Recuperado el 25/12/2024, de <https://industria.gob.es/es-es/estadisticas/paginas/estadistica-cemento.aspx>
- [3] Observatorio Industrial de la Construcción. (s. f.). *Barómetro del Empleo*. Observatorio Industrial de la Construcción. Recuperado el 23/12/2024, de <https://www.observatoriodelaconstruccion.com/barometro/empleo>
- [4] Zenet Prefabricados. (2017). *Catálogo ZENET Prefabricados*. Recuperado de <https://www.zenet.es/resources/documentacion/Cat%C3%A1logo%20ZENET%20Prefabricados.pdf>
- [5] Prontubeam. (2022). *Resistencia del hormigón en el tiempo*. Recuperado de <https://prontubeam.com/articulos/2022-02-19-Resistencia-del-hormigon-en-el-tiempo>
- [6] Viguetas Navarra. (s.f.). *Ficha Técnica Doble Muro*. Recuperado de <https://heyzine.com/flip-book/e24de6eb6a.html#page/8>
- [7] Instituto Valenciano de la Edificación. (s.f.). *Base de Datos de Construcción 2024*. Recuperado el 29 de diciembre de 2024, de <https://bdc.f-ive.es/BDC24/1>
- [8] Econova Institute of Architecture and Engineering. (s.f.). *Las siete dimensiones de BIM*. Recuperado el 9 de enero de 2025, de <https://econova-institute.com/las-siete-dimensiones-de-bim/>
- [9] Catenda. (2021, 14 de septiembre). *Mapa del Software BIM 2021*. Recuperado el 9 de enero de 2025, de <https://catenda.com/es/education-es/bim-building-information-modeling-software-mapa/>
- [10] Guerra Barroso, I. (2024, 10 de mayo). *¿Qué es un CDE y cómo elegir el ideal para tus proyectos de construcción?* Hiberus. Recuperado el 9 de enero de 2025, de <https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/que-es-un-cde-y-como-elegirlo/>
- [11] buildingSMART Spain. (s.f.). *Nomenclatura de documentos BIM*. Recuperado el 12 de enero de 2025, de <https://www.buildingsmart.es/recursos/nomenclatura-documentos-bim-old/>
- [12] Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (s.f.). *Comisión Interministerial BIM*. Recuperado el 9 de enero de 2025, de <https://cibim.transportes.gob.es/>

- [13] Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2024, 27 de septiembre). *Observatorio de licitaciones BIM*. Recuperado el 13 de enero de 2025, de https://cibim.transportes.gob.es/recursos_cbim/observatorio_licitaciones_bim_27_sep_24.pdf
- [14] Instituto Nacional de Estadística (INE). (2023). Encuesta de población activa (EPA). Recuperado el 15 de enero de 2025, de https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176754&menu=ultiDatos&idp=1254735576669
- [15] Instituto Nacional de Estadística (INE). (2022). Estadísticas sobre actividades en I+D: Año 2021. Recuperado el 15 de enero de 2025, de https://www.ine.es/prensa/imasd_2021.pdf
- [16] Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2020). Las emisiones del sector de los edificios alcanzaron un nivel más alto en 2019, destacando la necesidad de una recuperación con bajas emisiones de carbono. Recuperado el 15 de enero de 2025, de <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/emisiones-del-sector-de-los-edificios-alcanzaron-nivel>
- [17] Maralaser. (s. f.). *Niveladora láser para movimiento de tierra*. Recuperado de https://www.maralaser.com/es/aplicaciones_es/niveladora-laser-para-movimiento-tierra/
- [18] Grupo MLN. (2021). *Nueva normativa en materia de seguridad y salud en la construcción*. Recuperado de <https://www.grupo-mln.com/wp-content/uploads/2021/11/NUEVO-II-Diptico-Nueva-Normativa.pdf>
- [19] Observatorio de la Construcción. (2016). *Accidentabilidad en la Construcción*. Recuperado de <https://www.observatoriodelaconstruccion.com/uploads/media/nknj48xEdr.pdf>
- [20] Bhavani, S., & Prasad, M. L. V. (2023). *A low carbon cement (LC3) as a sustainable material in high strength concrete: green concrete*. *Materiales de Construcción*, 73(352), e326. <https://doi.org/10.3989/mc.2023.355123>
- [21] Gómez-Cano, D., Arias-Jaramillo, Y. P., Bernal-Correa, R., & Tobón, J. I. (2023). *Effect of enhancement treatments applied to recycled concrete aggregates on concrete durability: A review*. *Materiales de Construcción*, 73(349), e308. <https://doi.org/10.3989/mc.2023.296522>
- [22] Rodríguez-Alloza, A. M., Gulisano, F., & Garraín, D. (2024). *Environmental benefits of microwave-assisted self-healing technology for pavements – A Life Cycle Assessment comparative study*. *Materiales de Construcción*, 74(354), e346. <https://doi.org/10.3989/mc.2024.367023>

- [23] Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón (ANDECE). (2024). *Guía técnica de aplicación del CTE a elementos prefabricados de hormigón*. Recuperado de <https://www.andece.org/wp-content/uploads/2024/01/Guia-Tecnica-de-aplicacion-del-CTE-a-elementos-prefabricados-de-hormigon.pdf>
- [24] ZENET. (s.f.). *Catálogo de prefabricados ZENET*. Recuperado de <https://www.zenet.es/resources/documentacion/Cat%C3%A1logo%20ZENET%20Prefabricados.pdf>
- [25] buildingSMART Spain. (s.f.). *¿Qué es BIM?* Recuperado de <https://www.buildingsmart.es/bim/>
- [26] Wikipedia. (s.f.). *Modelado de información de construcción*. En Wikipedia. Recuperado el 3 de enero de 2025, de https://es.wikipedia.org/wiki/Modelado_de_informaci%C3%B3n_de_construcci%C3%B3n.
- [27] BIMnD. (2023, 19 de junio). *Las 7 Dimensiones BIM*. Recuperado de <https://www.bimnd.es/7dimensionesbim/>
- [28] buildingSMART Spain. (s.f.). *Introducción a la Serie EN-ISO 19650*. Recuperado de <https://www.buildingsmart.es/recursos/en-iso-19650/>.
- [29] MSI Digital Builders. (2018, 1 de julio). *Normalización de LOD-LOI*. Recuperado de <https://msistudio.com/normalizacion-de-lod-loi/>
- [30] buildingSMART Spain. (2019). *Macro Estudio de Adopción BIM*. Recuperado de <https://www.buildingsmart.es/observatorio/estudios/macro-estudio-adopci%C3%B3n-bim/>.
- [31] Zigurat Global Institute of Technology. (2018, 18 de octubre). *BIM en el Reino Unido: El éxito en progreso*. Recuperado de <https://www.e-zigurat.com/es/blog/bim-en-reino-unido-exito-en-progreso/>.
- [32] BREEAM España. (s.f.). *BREEAM Internacional*. Recuperado el 19 de enero de 2025, de <https://breeam.es/internacional/>
- [33] Building Research Establishment (BRE). (2017). *Manual Técnico BREEAM ES Nueva Construcción 2015* (2ª ed.). Instituto Tecnológico de Galicia. Recuperado de <https://www.breeam.es/>
- [34] Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS). (2015). *Going for Green: Sustainable Building Certification Statistics Europe 2015*. RICS Insight. Recuperado de <https://breeam.es/por-que-certificar/>

[35] Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (ITeC). (n.d.). *Barreras de la construcción sostenible en España*. Recuperado de <https://itec.es/infoitec/sostenibilidad/barreras-de-la-construccion-sostenible-en-espana/>

[36] DLA Piper. (2014). *Towards a greener future: DLA Piper's market report on sustainable real estate*. Recuperado de <https://www.dlapiper.com>

[37] URSA. (s.f.). *Certificado VERDE*. Recuperado de <https://www.ursa.es/faq/certificado-verde/>

[38] Green Building Council España. (2021). *Informe País GBCE 2021*. Recuperado de https://gbce.es/documentos/Informe_Pais_GBCE_2021.pdf

[39] BREEAM España. (s.f.). *Buscador de asesores BREEAM*. Recuperado el 19 de enero de 2025, de <https://breeam.es/buscador-de-asesores-breeam/>

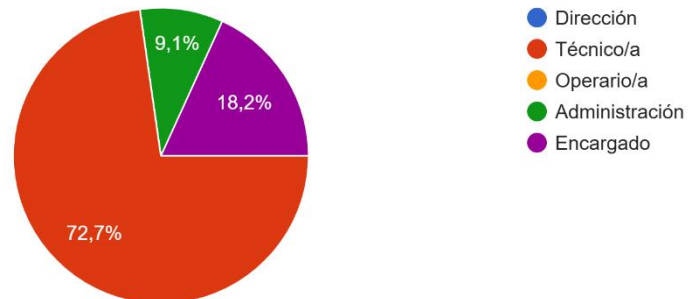
Anexos

Anexo I: Preguntas y respuestas de los encuestados	49
Anexo II Manual de uso: Generador de nombres de archivos	65
Anexo III Licitaciones promovidas por administraciones autonómicas, municipales y diputaciones provinciales agrupadas por comunidades autónomas	68
Anexo IV Categorías clave de evaluación BREEAM y ejemplos de criterios aplicados ..	69
Anexo V Descripción de materiales y proceso constructivo de cada tipo de muro.....	71

Anexo I: Preguntas y respuestas de los encuestados

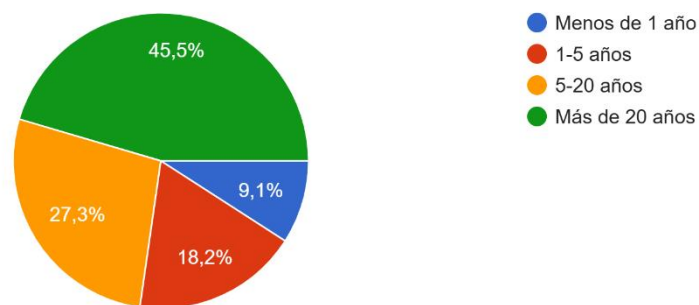
Rol o puesto de trabajo (seleccione uno):

11 respuestas



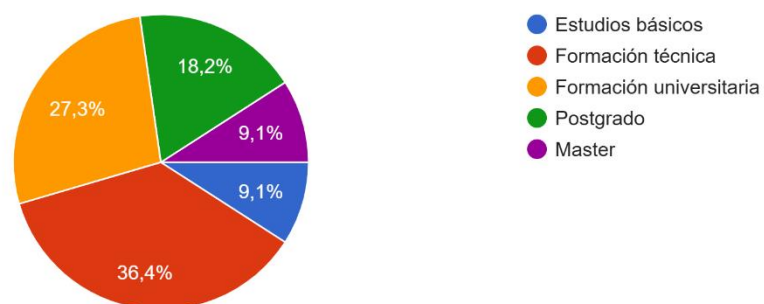
Años de experiencia en el sector:

11 respuestas

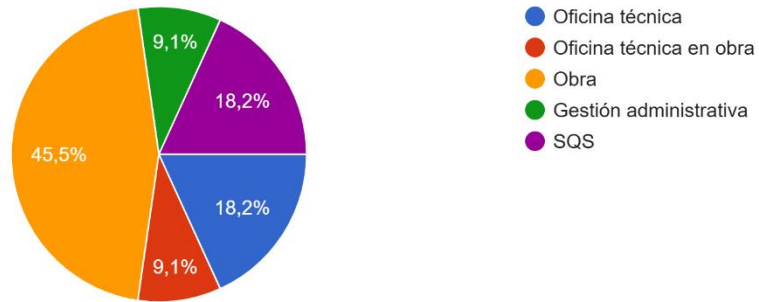


Nivel de formación académica (seleccione uno):

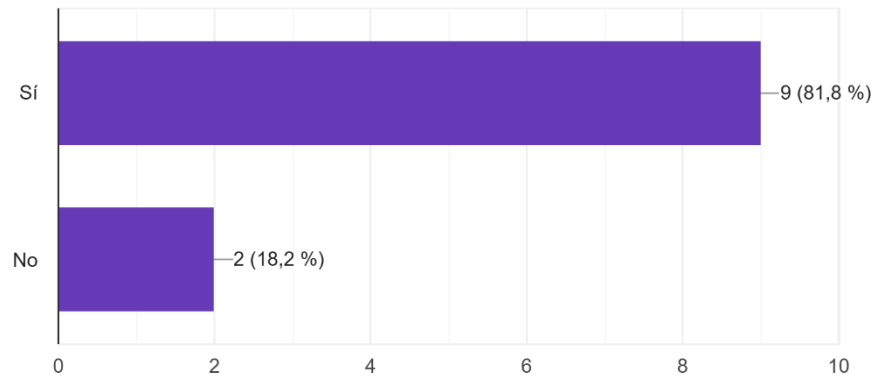
11 respuestas



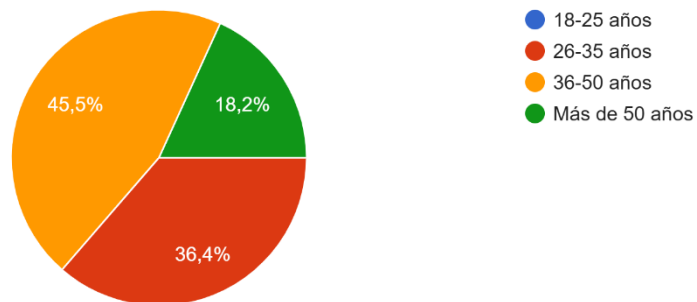
Área de trabajo:
11 respuestas



¿Hace usted uso de herramientas digitales en su día a día?
11 respuestas

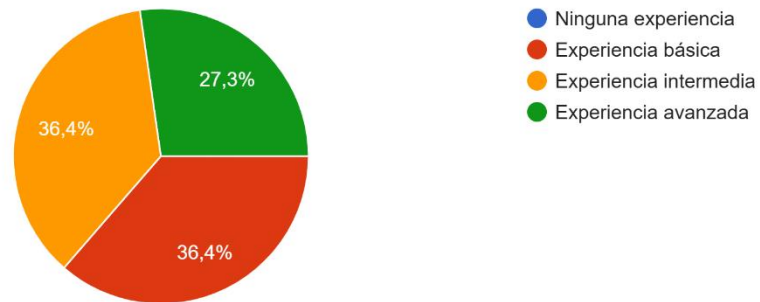


Edad:
11 respuestas



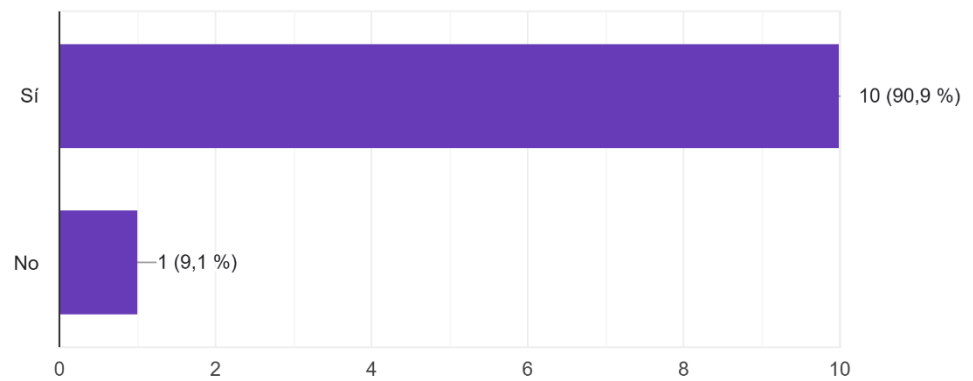
Nivel de experiencia con aplicaciones microsoft:

11 respuestas



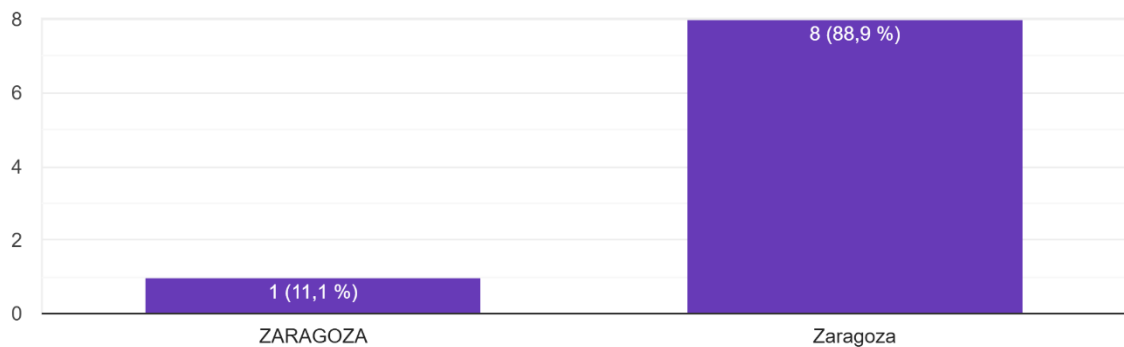
¿Ha participado en proyectos en los que se apliquen certificados de sostenibilidad?

11 respuestas



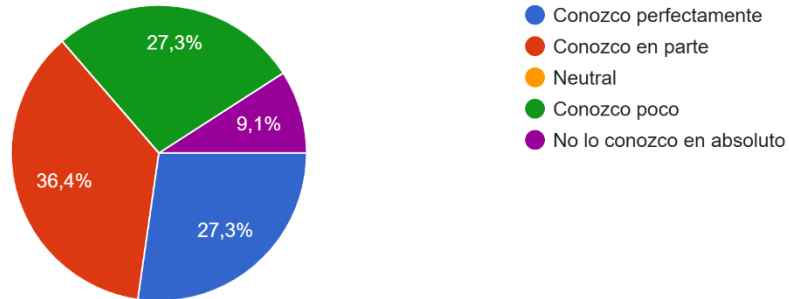
Zona geográfica (opcional): Ciudad:

9 respuestas



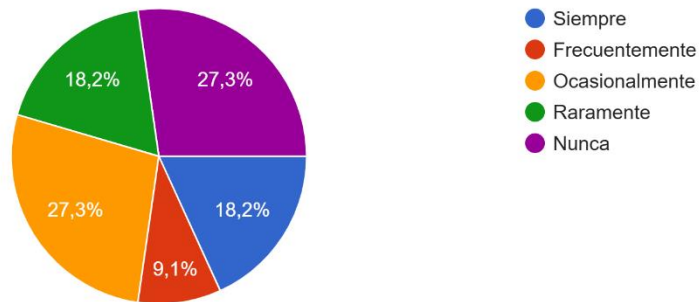
¿Conoce los conceptos básicos del BIM (Building Information Modeling) y su utilidad en proyectos de construcción?

11 respuestas



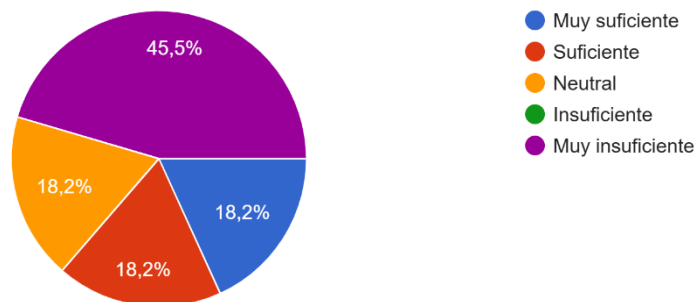
¿Ha utilizado alguna vez una herramienta de visualización de modelos BIM?

11 respuestas



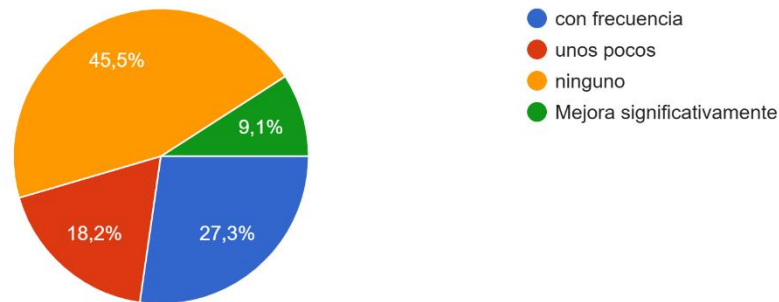
¿Cree que tiene suficiente formación para trabajar con herramientas BIM más allá de la visualización?

11 respuestas



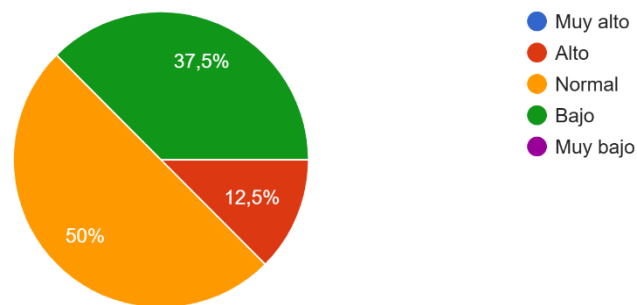
¿Ha trabajado en algún proyecto en el que se haya implementado el BIM?

11 respuestas



Solo responder si ha trabajado en proyectos BIM, en su opinión, ¿Que grado de implantación BIM cree que hay en España?

8 respuestas



Solo responder si ha trabajado en proyectos BIM, en su opinión, ¿qué aspectos deberían mejorar para facilitar el uso de BIM en la empresa? 4 respuestas

Formación especializada del equipo, procesos estandarizados, colaboración interdisciplinar

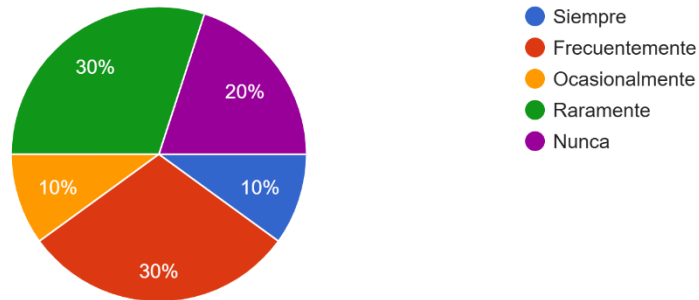
Plazo de desarrollo de proyectos, Formación específica

Que todo el personal de obra tuviera conocimiento del BIM

La formación a cerca de BIM, herramientas adecuadas y trabajar en un entorno colaborativo.

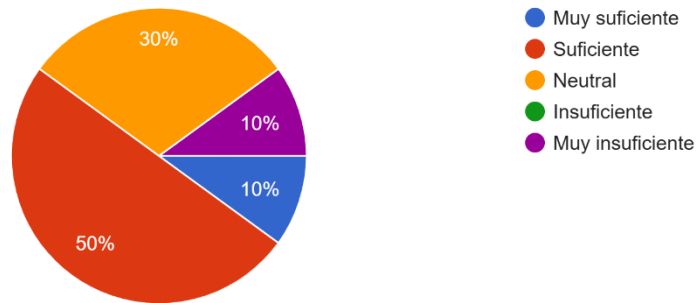
¿Con qué frecuencia utiliza MY EIGO para realizar su trabajo?

10 respuestas



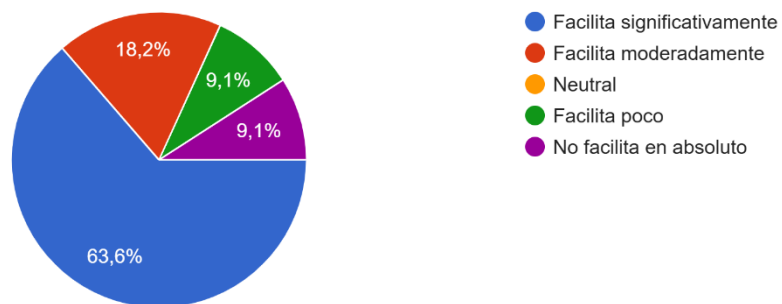
¿Cree que ha recibido suficiente formación para utilizar MY EIGO de manera eficiente?

10 respuestas



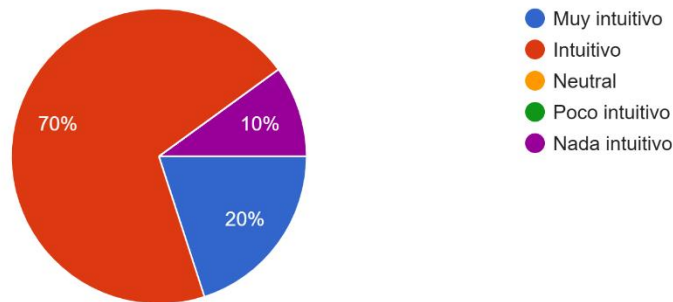
¿Considera que MY EIGO facilita la realización de tareas respecto a los métodos tradicionales?

11 respuestas



¿Cree que MY EIGO es intuitivo y fácil de usar?

10 respuestas



¿Qué próximas funcionalidades querría que se implementasen en el uso de MY EIGO en la empresa? 5 respuestas

El portal del empleado y el fichaje digital de horario

Flujos de aprobación de documentación, Integración BIM

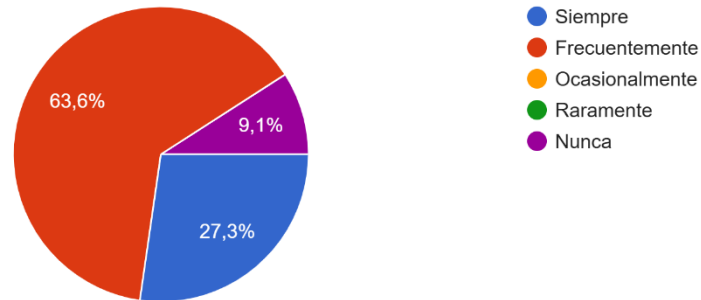
Que funcionase el Portal del empleado: solicitar permisos y vacaciones, visualizar las nóminas, etc.

Comparativos

Registro de incidencias

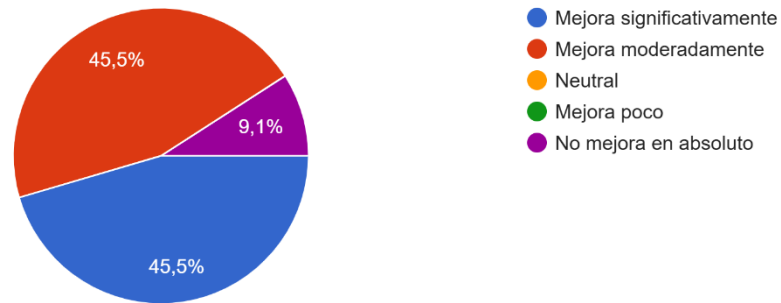
¿Con qué frecuencia utiliza Microsoft Teams para realizar reuniones?

11 respuestas



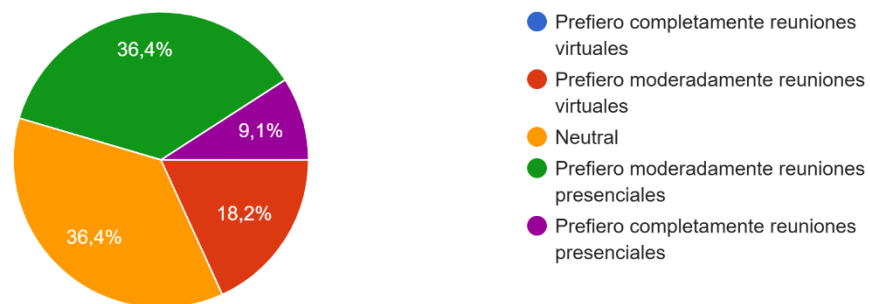
¿Cree que Microsoft Teams mejora la comunicación y colaboración en su equipo?

11 respuestas



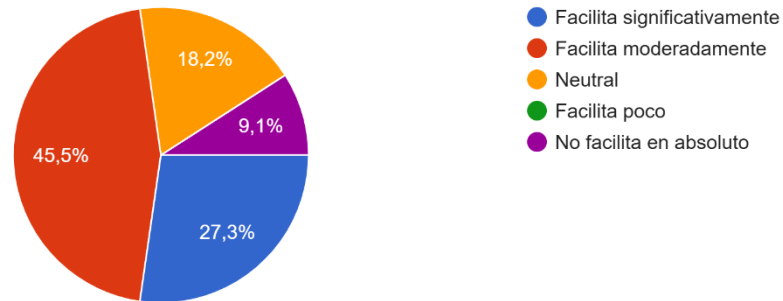
¿Prefiere realizar reuniones a través de Microsoft Teams en lugar de reuniones presenciales?

11 respuestas



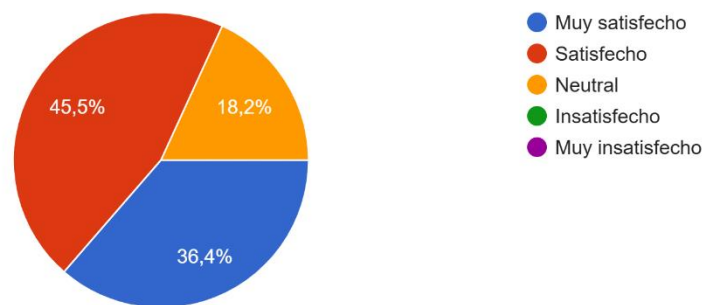
¿Considera que Microsoft Teams facilita la gestión de tareas y proyectos respecto a métodos tradicionales?

11 respuestas



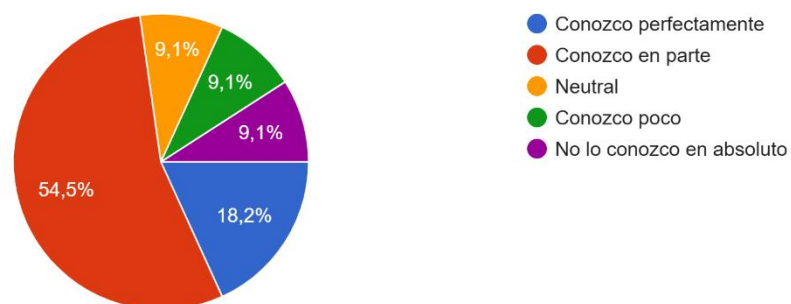
¿Qué tan satisfecho está con el uso de Microsoft Teams como herramienta de trabajo?

11 respuestas



¿Conoce los principios básicos y objetivos de las certificaciones sostenibles BREEAM?

11 respuestas



¿Qué le genera más rechazo del uso de Microsoft Teams como herramienta para realizar reuniones? 6 respuestas

Nada

Cuando falla la conexión, pero no es fallo de Teams

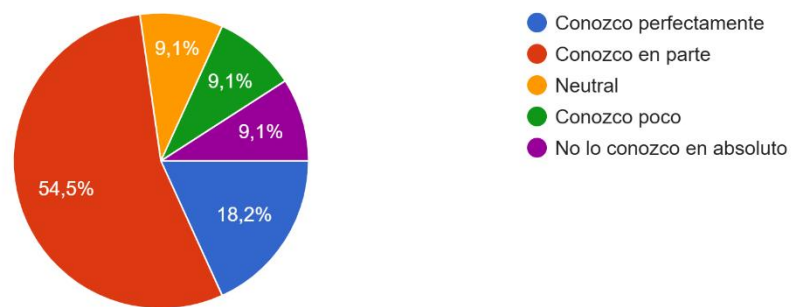
Cuando hay algún micrófono abierto y se generan interferencias en la reunión

No se puede exponer con profundidad y detalle las explicaciones o dudas, problemas en la ejecución.

Que no funcione correctamente el sistema.

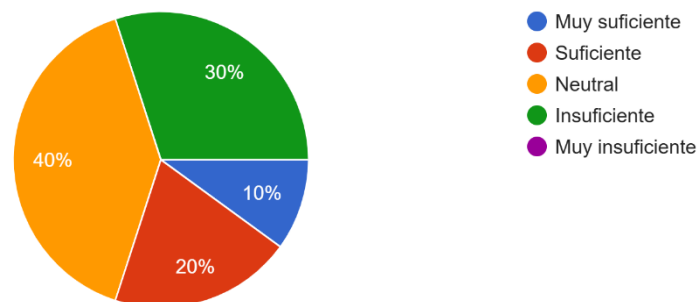
¿Conoce los principios básicos y objetivos de las certificaciones sostenibles BREEAM?

11 respuestas



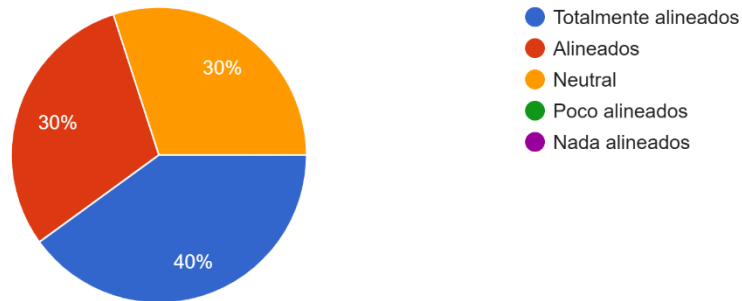
¿Cree que tiene suficiente conocimiento sobre BREEAM para contribuir al cumplimiento de sus objetivos en el día a día de su trabajo?

10 respuestas



¿Considera que los objetivos de sostenibilidad BREEAM están alineados con los valores y estrategias de la empresa?

10 respuestas



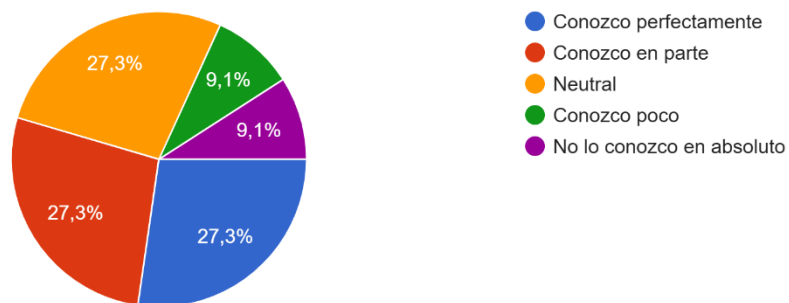
¿Qué acciones cree que podrían mejorar la implementación de los objetivos BREEAM en la empresa? 2 respuestas

Deberían ser más objetivos y prácticos

Formación básica de BREEAM o conocimiento del alcance de los objetivos

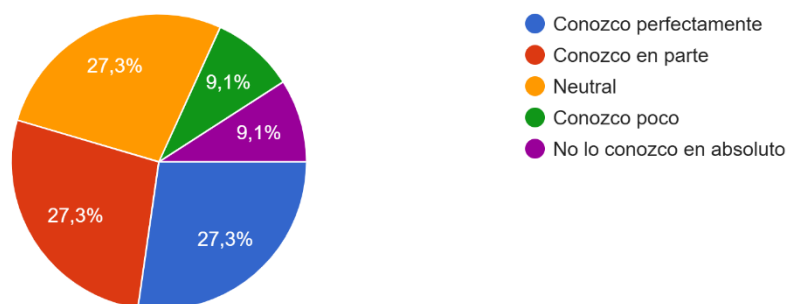
¿Tiene conocimientos sobre algún software especializado en gestión documental?

11 respuestas



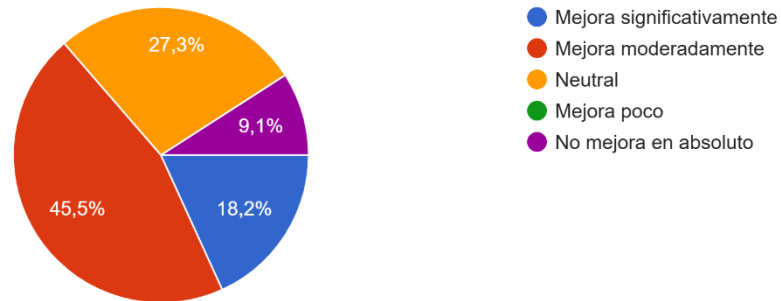
¿Tiene conocimientos sobre algún software especializado en gestión documental?

11 respuestas



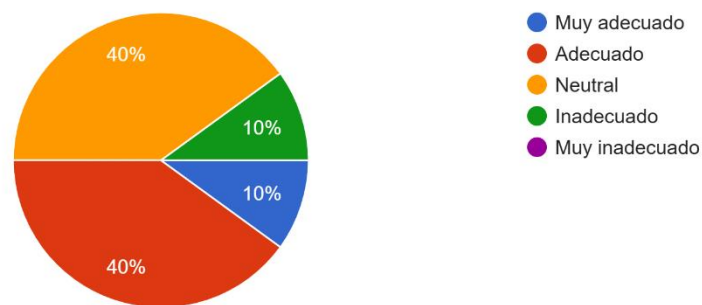
¿Cree que el software de gestión documental (sharepoint) utilizado actualmente mejora el acceso y la organización de los documentos necesarios para su trabajo?

11 respuestas



¿Qué le parece el sistema de nomenclatura adoptado para los documentos?

10 respuestas



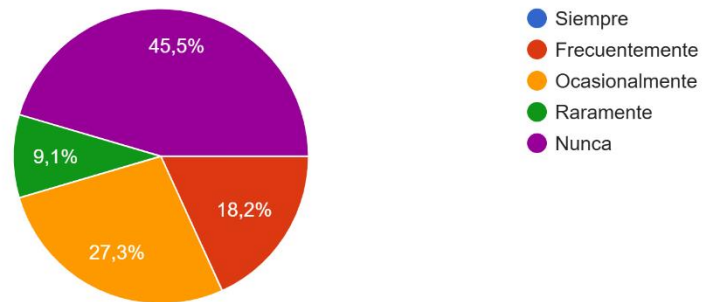
¿Qué sugerencias tiene para mejorar el uso del software de gestión documental en la empresa? 2 respuestas

Organización y estandarización

Debería ser más intuitivo con referencias cortas nomenclaturas fáciles de aplicar

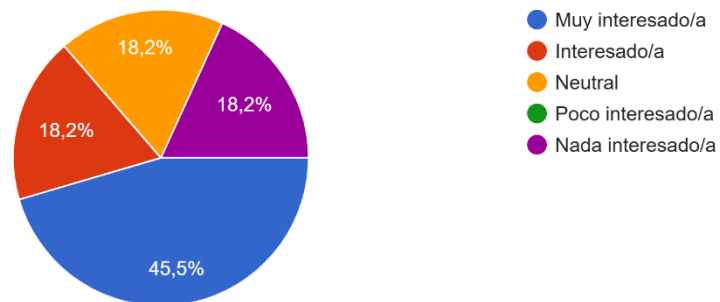
¿Ha utilizado alguna vez herramientas de inteligencia artificial en su puesto de trabajo?

11 respuestas



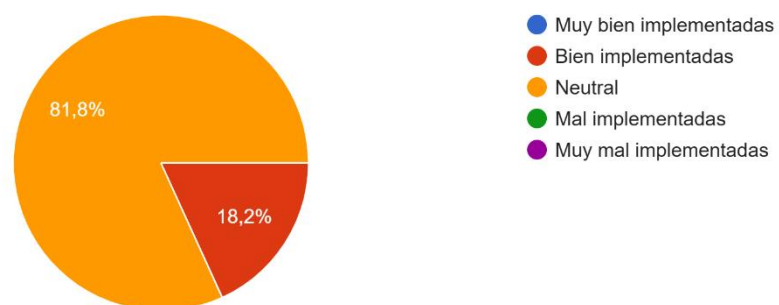
¿Le interesaría conocer más sobre las aplicaciones de inteligencia artificial en su área de trabajo?

11 respuestas



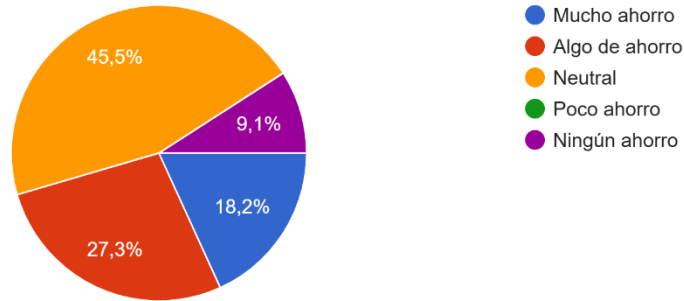
¿Cree que las herramientas de inteligencia artificial están bien implementadas en la empresa?

11 respuestas



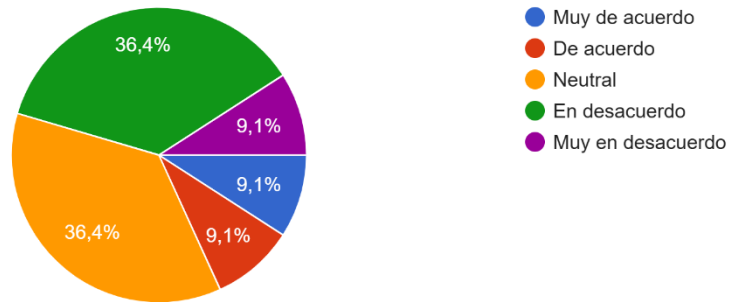
¿Qué ahorro de tiempo considera que le supone utilizar herramientas de inteligencia artificial en su trabajo diario?

11 respuestas



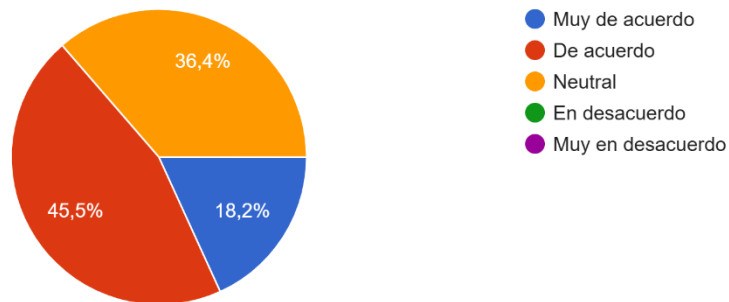
¿Cree que el sector de la construcción está al mismo nivel de innovación tecnológica que otros sectores?

11 respuestas



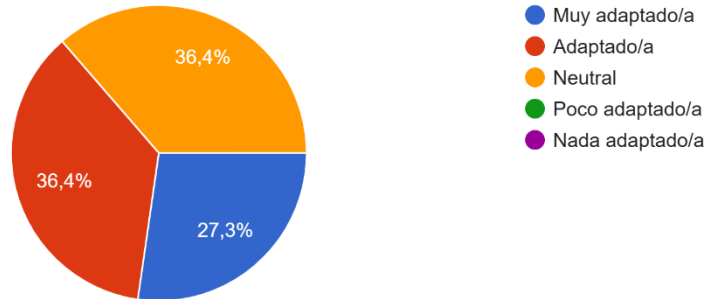
¿Percibe que la empresa en la que trabaja es más innovadora que otras dentro del sector de la construcción?

11 respuestas



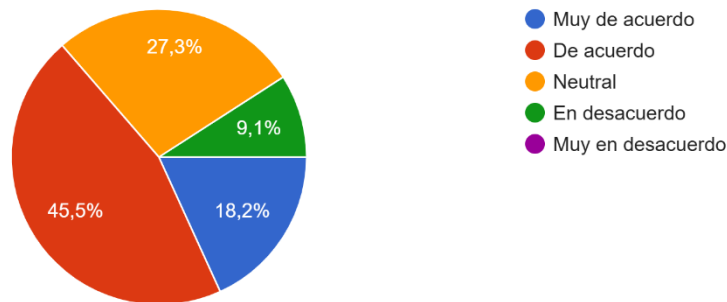
¿Cómo se percibe a sí mismo/a en la adaptación a nuevas tecnologías e innovaciones en su puesto de trabajo?

11 respuestas



¿Cree que su nivel de conocimiento y formación le permite estar a la altura de las exigencias de la innovación en su trabajo?

11 respuestas



En su opinión, ¿Cuáles son las principales barreras que enfrenta el sector de la construcción respecto a la innovación? 6 respuestas

Resistencia al cambio y altos costos iniciales

Resistencia al cambio, Plazos muy ajustados

Una gran empresa puede invertir en innovación, pero muchas PYMEs no pueden o no quieren

La construcción ha sido siempre un trabajo donde durante la ejecución han salido frecuentemente problemas que por muchos programas e inteligencias artificiales no han podido adelantarse a su detección y necesitan de un seguimiento presencial para solucionarlos la innovación no encontrara barreras nunca en la industria mecanizada y robóticas, pero si en la construcción ya que son trabajos muy manuales en los documentos todo cabe en la realidad no es así

Trabajadores envejecidos

Los plazos o tiempos y el dinero que requiere invertir en innovación.

¿Qué cree que debería cambiar en el sector de la construcción para adoptar mejor y más rápidamente las innovaciones tecnológicas? 6 respuestas

Incentivos gubernamentales e inversiones estratégicas en tecnología

Formación específica en la universidad y en los cursos de formación profesional. Imposición del uso del BIM por parte de la administración pública.

Si

No sé a nivel documental no creo que haga falta cambiar nada a nivel profesional creo que los que generan esas tecnologías deberían estar más preparados en cómo se realizan los trabajos en la construcción analizar los problemas que se encuentran los prácticos a la hora de ejecutar la construcción y a lo mejor así se podría adoptar mejor las innovaciones tecnológicas

Nuevas generaciones...

Cambiar la mentalidad y concienciar a la gente sobre los nuevos métodos emergentes.

Anexo II Manual de uso: Generador de nombres de archivos

1. Introducción

Este archivo Excel permite estandarizar y automatizar nombres de archivos en proyectos de construcción, reduciendo errores y facilitando la gestión documental.

2. Componentes principales

Hoja

CODIFICACION

Donde se generan los nombres usando los siguientes campos:

- **Obligatorios:** Código del proyecto, autor, fase, volumen, tipo de documento, especialidad.
- **Opcionales:** Número, revisión, descripción.

Hoja REGISTRO

Registra automáticamente los nombres generados con fecha, hora, usuario y ruta.

3. Pasos para generar un nombre

1. **Completar campos obligatorios**
Selecciona valores de las listas desplegables o introdúcelos manualmente en formato **CamelCase**.
2. **Completar opcionales**
Rellena número, revisión y descripción para mayor detalle.
3. **Generar y copiar el nombre**
Pulsa el botón "COPIAR" para transferir el nombre al portapapeles.
4. **Registro automático**
El nombre se guardará en la hoja REGISTRO con información adicional.

4. Ejemplo

Entrada

- Código: 24028
- Autor: COV
- Fase: 01
- Volumen: General
- Tipo: Plano
- Especialidad: Muros perimetrales

- Número: 0008
- Revisión: R00
- Descripción: AlzadoNorte

Salida

24028-COV-01-GEN-PLA-MPV-0008_R00-AlzadoNorte

5. Consejos

- Usa las listas desplegables siempre que sea posible.
- Verifica que todos los campos obligatorios estén completos.

6. Solución de Problemas

- **Campos vacíos:** Completa todos los campos obligatorios.
- **Errores en listas desplegables:** Comprueba las referencias en las celdas correspondientes.
- **Errores de duplicados:** Revisa los registros existentes antes de continuar.

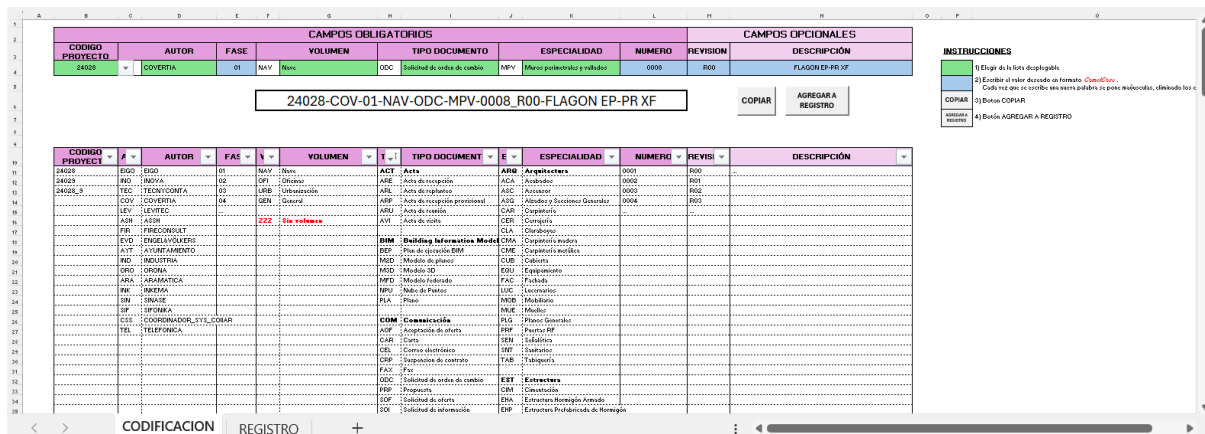


Figura II.1: Pestaña codificación generador de nomenclatura estandarizada

Fuente: Elaboración propia

	Valor	Fecha	Hora	Usuario	Ruta
245	24028_9-COV-01-NAV-FTC-CUB-0001_R00-PIR FALK Ficha técnica	27/12/2024	12:01:11	Sergio De Gregorio Cuevas	
246	24028_9-COV-01-NAV-FTC-CUB-0002_R00-PIR FVV Ficha técnica	27/12/2024	12:01:22	Sergio De Gregorio Cuevas	
247	24028_9-COV-01-NAV-FTC-CUB-0003_R00-AcerDeck 46	27/12/2024	12:01:51	Sergio De Gregorio Cuevas	
248	24028_9-COV-01-NAV-FTC-CUB-0004_R00-Eurobase 48	27/12/2024	12:02:30	Sergio De Gregorio Cuevas	
249	24028_9-COV-01-NAV-FTC-CUB-0005_R00-PL 46_250D AD	27/12/2024	12:02:54	Sergio De Gregorio Cuevas	
250	24028_9-COV-01-NAV-FTC-CUB-0006_R00-ARCOPLUS 547	27/12/2024	12:03:49	Sergio De Gregorio Cuevas	
251	24028_9-COV-01-NAV-FTC-CUB-0007_R00-CLARABOYA SERIE EUROPA 3x2	27/12/2024	12:04:38	Sergio De Gregorio Cuevas	
252	24028_9-COV-01-NAV-PLA-CUB-0001_R00-DIMENSIONES ZOCALO-CUPULA	27/12/2024	12:05:24	Sergio De Gregorio Cuevas	
253	24028_9-COV-01-NAV-FTC-CUB-0008_R00-FLAGON EP-PRXF	27/12/2024	12:05:58	Sergio De Gregorio Cuevas	
254					
255					
256					
257					
258					
259					
260					
261					
262					
263					
264					
265					

Figura II.2: Pestaña registro generador de nomenclatura estandarizada

Fuente: Elaboración propia

Anexo III Licitaciones promovidas por administraciones autonómicas, municipales y diputaciones provinciales agrupadas por comunidades autónomas

	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Andalucía	18 26,03 M€	26 38,89 M€	20 30,42 M€	46 18,65 M€	49 78,44 M€	92 396,93 M€	112 218,86 M€
Aragón	5 27,16 M€	6 0,93 M€	3 77,89 M€	3 25,35 M€	8 23,15 M€	19 137,16 M€	41 225,13 M€
Asturias	0 0,00 M€	1 0,03 M€	5 0,41 M€	6 1,26 M€	12 128,34 M€	25 338,02 M€	26 109,38 M€
Canarias	5 27,38 M€	17 53,74 M€	11 3,94 M€	17 6,74 M€	43 45,06 M€	64 56,43 M€	64 101,68 M€
Cantabria	0 0,00 M€	1 0,00 M€	0 0,00 M€	0 0,00 M€	7 9,63 M€	11 187,03 M€	16 64,09 M€
Castilla y León	5 16,60 M€	15 37,99 M€	9 20,18 M€	16 32,55 M€	34 47,23 M€	71 234,56 M€	74 204,54 M€
Castilla La Mancha	0 0,00 M€	4 0,33 M€	0 0,00 M€	5 114,48 M€	15 56,10 M€	25 52,50 M€	23 52,66 M€
Cataluña	93 98,83 M€	123 187,25 M€	238 283,76 M€	239 276,39 M€	212 894,17 M€	275 549,79 M€	183 755,86 M€
Ceuta	1 7,20 M€	0 0,00 M€	0 0,00 M€	1 0,28 M€	3 3,79 M€	3 0,63 M€	3 0,38 M€
Madrid	6 22,50 M€	19 67,50 M€	16 82,04 M€	52 368,56 M€	75 569,88 M€	138 791,16 M€	121 1.075,64 M€
Comunidad Valenciana	31 57,48 M€	42 101,58 M€	31 61,17 M€	41 55,73 M€	64 636,52 M€	106 294,52 M€	127 213,68 M€
Extremadura	2 0,09 M€	4 1,15 M€	9 1,19 M€	11 9,42 M€	15 7,42 M€	21 6,04 M€	21 6,75 M€
Galicia	2 1,52 M€	4 3,43 M€	3 2,57 M€	12 43,75 M€	12 29,18 M€	38 374,61 M€	51 75,76 M€
Baleares	1 0,37 M€	5 0,83 M€	4 2,53 M€	7 57,08 M€	12 25,81 M€	40 40,31 M€	42 141,51 M€
La Rioja	0 0,00 M€	0 0,00 M€	0 0,00 M€	1 0,10 M€	2 0,73 M€	7 7,68 M€	8 1,44 M€
Melilla	0 0,00 M€	0 0,00 M€	0 0,00 M€	2 0,30 M€	0 0,00 M€	3 3,68 M€	2 0,77 M€
Murcia	1 0,23 M€	1 0,22 M€	0 0,00 M€	18 13,34 M€	24 31,61 M€	34 63,93 M€	30 130,57 M€
Navarra	0 0,00 M€	0 0,00 M€	3 3,78 M€	0 0,00 M€	1 27,27 M€	8 12,18 M€	2 1,76 M€
País Vasco	8 83,92 M€	14 29,60 M€	14 55,83 M€	10 69,78 M€	18 344,83 M€	25 150,29 M€	22 80,48 M€

Figura III.1: Licitaciones administración pública

Fuente: (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2024) [13]

Anexo IV Categorías clave de evaluación BREEAM y ejemplos de criterios aplicados

BREEAM evalúa diez categorías clave, cada una con criterios específicos que buscan abarcar todos los aspectos de la sostenibilidad en el diseño, construcción y operación de un edificio. Algunos de los aspectos que evalúan son estos: [33]

Gestión

Participación en el Proceso de Diseño (GST 1): Se asegura que la propiedad, el equipo de diseño y los inquilinos participan desde la fase de viabilidad y estudios previos, estableciendo objetivos claros de sostenibilidad.

Análisis del Ciclo de Vida (GST 5): Se lleva a cabo un plan de análisis de costes del ciclo de vida (LCCA) conforme a la norma ISO 15686-5, identificando impactos económicos y ambientales a largo plazo.

Energía

Eficiencia Energética (ENE 1): Se aplican sistemas de alta eficiencia para HVAC, iluminación y ACS, además de un sistema de modelado energético HULC.

Monitorización Energética (ENE 2): Instalación de contadores inteligentes para cada instalación clave, como climatización, fotovoltaica, iluminación exterior y ascensores.

Agua

Monitorización del Consumo de Agua (AG 2): Instalación de contadores inteligentes para registrar el consumo de agua potable, ACS y riego.

Sistemas de Detección de Fugas (AG 3): Implementación de sistemas automáticos capaces de detectar fugas importantes en la red de suministro.

Salud y Bienestar

Iluminación Natural (SYB 1): Al menos el 80% de las oficinas deben contar con iluminancia media de 300 lux durante el 50% del tiempo.

Calidad del Aire Interior (SYB 2): Plan de calidad del aire interior conforme a UNE 13779, con distancias adecuadas entre entradas y salidas de aire.

Materiales

Materiales Sostenibles (MAT 3): Los materiales provienen de fuentes certificadas bajo ISO 14001 y se realiza una evaluación del ciclo de vida (LCA).

Aislamiento (MAT 4): Al menos el 80% de los materiales aislantes deben provenir de fuentes responsables.

Residuos

Gestión de Residuos de Construcción (RSD 1): Implementación de un plan de gestión de residuos con seguimiento continuo.

Reciclaje de Residuos (RSD 3): Al menos el 25% de los agregados son reciclados, evitando su envío a vertederos.

Transporte

Modos de Transporte Alternativos (TRA 3): Habilitación de estaciones de recarga eléctrica y plazas prioritarias para vehículos compartidos.

Plan de Movilidad (TRA 5): Desarrollo de un plan de viaje durante la fase de diseño, optimizando los desplazamientos hacia el edificio.

Uso del Suelo y Ecología

Protección de Características Ecológicas (USE 2): Protección de las zonas ecológicas existentes durante todo el proceso de construcción.

Plan de Gestión de la Biodiversidad (USE 5): Implementación de medidas específicas, como el uso de vegetación autóctona.

Contaminación

Escorrentía de Aguas Superficiales (CONT 3): Aplicación de medidas para evitar la contaminación de los cursos de agua mediante separadores de aceite.

Reducción de la Contaminación Lumínica (CONT 4): Cumplimiento de estándares para minimizar la contaminación lumínica nocturna.

Innovación

Soluciones Avanzadas: Se dan puntos adicionales por la implementación de soluciones que superen los requisitos estándar establecidos por BREEAM.

Uso de Tecnología Innovadora: Integración de sistemas avanzados para la monitorización continua de los impactos ambientales del edificio.

Anexo V Descripción de materiales y proceso constructivo de cada tipo de muro

Muro in situ:

Un muro in situ de hormigón armado es una estructura vertical construida directamente en el emplazamiento de la obra mediante el vertido de hormigón fresco en un encofrado previamente preparado y reforzado con una armadura de acero. Este tipo de muro se utiliza ampliamente en edificaciones, obras civiles y sistemas de contención, destacando por su resistencia, durabilidad y capacidad para adaptarse a diseños específicos.

• Materiales principales

- Hormigón: Compuesto por cemento, agua, áridos (grava y arena) y aditivos. Estos aditivos en este caso serán añadidos por el proveedor de hormigón dependiendo de los requisitos que se le exijan, además se deberán hacer ensayos como el Cono de Abrams para comprobar su consistencia. Se suele utilizar hormigón estructural (por ejemplo, HA-25 o HA-30) dependiendo de la resistencia requerida.
- Armadura de acero: Generalmente de acero corrugado (B500S), proporciona resistencia a tracción y flexión al muro.
- Encofrado: Los más comunes son de madera, metálicos o contrachapado fenólico y su función es contener y dar forma al hormigón recién vertido.
- Elementos auxiliares: Incluyen separadores de armaduras, anclajes y materiales impermeabilizantes.

• Proceso constructivo

- Preparación de la base: Se realiza una excavación, nivelación y colocación de una capa de hormigón de limpieza para garantizar una superficie estable y uniforme.
- Cimentación: Sobre esta base de hormigón de limpieza se debe colocar el mallazo y ejecutar la cimentación dejando esperas de acero en vertical donde fijar con el armado del muro que vamos a construir a continuación.
- Montaje del encofrado: Se instalan los paneles de encofrado asegurándolos con anclajes y puntales para evitar deformaciones durante el vertido.
- Colocación de la armadura: Se coloca la armadura de acero dentro del encofrado, asegurando la separación adecuada para el uniforme extendido del hormigón.

- Vertido del hormigón: Se vierte el hormigón fresco en capas de aproximadamente 50cm, utilizando vibradores para evitar burbujas de aire y garantizar una correcta compactación.
- Curado del hormigón: La humedad y temperatura deben ser adecuadas para evitar fisuras y garantizar la resistencia estructural deseada. Por ello unas condiciones climatológicas adversas pueden retrasar esta fase, así como tener que repetirla.
- Desencofrado: Una vez alcanzada la resistencia mínima, suele ser entre las 24 y 72 horas, se retiran cuidadosamente los paneles del encofrado.
- Acabados finales: Aplicaremos los acabados superficiales como pinturas o impermeabilizantes según diseño.

Muro prefabricado:

Un muro prefabricado de hormigón armado es una estructura vertical que se fabrica en una planta industrial bajo condiciones controladas y se transporta posteriormente al emplazamiento de la obra para su instalación. Existen dos tipos de muros prefabricados:

- Doble muro: El cual está compuesto por dos finas pantallas de hormigón y una celosía interior de acero que actúa como armado, los de este tipo deben ser hormigonados en su interior in situ tras su colocación, *Figura V.1*. La ventaja de estos es que pueden unirse con el armado de la cimentación simplemente dejando unos aceros en espera lo cuales serán unidos al muro cuando se hormigone interiormente.



Figura V.1: Muro doble prefabricado

Fuente: (Zenet Prefabricados, 2017) [4]

- Muro macizo: Este tipo de muros consisten en una simple pantalla maciza de hormigón, no requiere hormigonado in situ, la diferencia es que para unir el armado de la cimentación con el del muro debe colocarse primero la pantalla del muro, unir con el armado de la cimentación y a continuación hormigonar la cimentación del muro, *Figura V.2*.



Figura V.2: Muro macizo prefabricado

Fuente: (Zenet Prefabricados, 2017) [4]

En nuestro caso vamos a hablar en todo momento de del muro macizo prefabricado para nuestras comparativas con el muro in situ.

• **Materiales principales**

- Hormigón: Compuesto por cemento, agua, áridos (grava y arena) y aditivos. Al fabricarse en planta, se garantiza una dosificación precisa y un control riguroso de calidad.
- Armadura de acero: Suele ser de acero corrugado (B500S) y su función es proporcionar resistencia a tracción y flexión al muro.
- Moldes o encofrados industriales: Fabricados en acero o materiales sintéticos de alta precisión, permiten producir paneles con geometrías uniformes y superficies acabadas.
- Aditivos: Se utilizan para mejorar la fluidez, trabajabilidad y durabilidad del hormigón, por lo que en este caso serán los que la planta determine que necesitan para correcto funcionamiento de sus moldes.
- Elementos de conexión: Incluyen anclajes, juntas y sistemas de unión que aseguran una correcta puesta en obra y alineación.

• **Proceso constructivo**

- Fabricación en planta: El hormigón se vierte en moldes en los cuales previamente se ha colocado ya el armado de acero.
- Curado controlado: Los paneles son sometidos al proceso de curado en condiciones controladas donde la humedad y temperatura son óptimas. Esta resistencia estándar suele lograrse a los 28 días, aunque con los meses termina de evaporar la humedad hasta conseguir su resistencia final, como se observa en la *Figura V.3*.

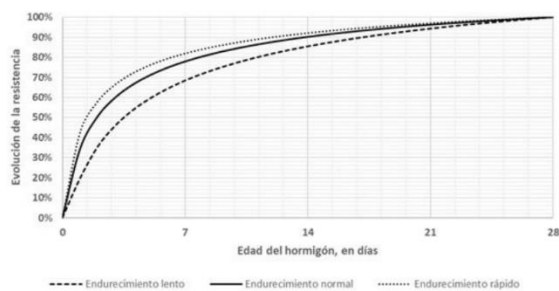


Figura V.3: Gráfico evolución resistencia del hormigón

Fuente: (Prontubeam, 2022) [5]

- Transporte a obra: Una vez se alcanza la resistencia requerida, los paneles prefabricados son transportados al emplazamiento mediante camiones especializados. Por ejemplo, la empresa Viguetas Navarras usa camiones Langendorf, *Figura V.4*, los cuales posibilitan reducir aún más los movimientos de grúa, mejorando la rapidez de montaje.



Figura V.4: Camión Langendorf

Fuente: (Viguetas Navarra, s.f.) [6]

- Preparación de la cimentación: En este momento en la obra ya debe de haberse preparado el hormigón para la cimentación, así como deben estar excavadas las zanjas y colocado el mallazo para hormigonar en cuanto se coloque el muro.

- Colocación de los muros: Se instalan los paneles con ayuda de un camión grúa, asegurando su correcta alineación y fijación mediante anclajes y elementos de unión. Tras haberlos apuntalado y unido los armados del muro con los de la cimentación, se procede a hormigonar la cimentación y finalizar el muro. Hay empresas como Zenet Prefabricados las cuales aseguran rendimientos de colocación del muro de 40 m²/día con dos operarios, esto claro hay que superponerlo a los trabajos de hormigonado de la cimentación que los debe realizar otro equipo conforme se va colocando el muro.

- Sellado de juntas: En los huecos entre paneles se debe realizar un sellado para garantizar estanqueidad, estabilidad y aislamiento adecuado.

- Acabados finales: Dependiendo del diseño establecido, se aplicarán tratamientos superficiales como pintura, impermeabilización o revestimientos adicionales.

• **Ventajas del muro prefabricado de hormigón armado**

- Reducción significativa de los tiempos de ejecución en obra.

- Precisión y calidad garantizadas debido a su producción en fábrica, las cuales suelen contar con certificaciones de calidad, así como ofrecen cierta garantía de su producto.

- Se reduce el impacto de la meteorología, evitando retrasos en su construcción y montaje.

- Disminución de residuos y del uso de materiales gracias a que los paneles se fabrican en una planta industrial con procesos controlados.

• **Desventajas del muro prefabricado de hormigón armado**

- Hay severas limitaciones en el diseño por las dimensiones y peso de los paneles prefabricados, si no se ajustan a medidas estandarizadas aumentan fuertemente los costes.

- Dependencia de maquinaria pesada como camiones grúa para el montaje e instalación.

- Se necesita de una planificación logística detallada para el transporte, almacenamiento y manipulación de los elementos.