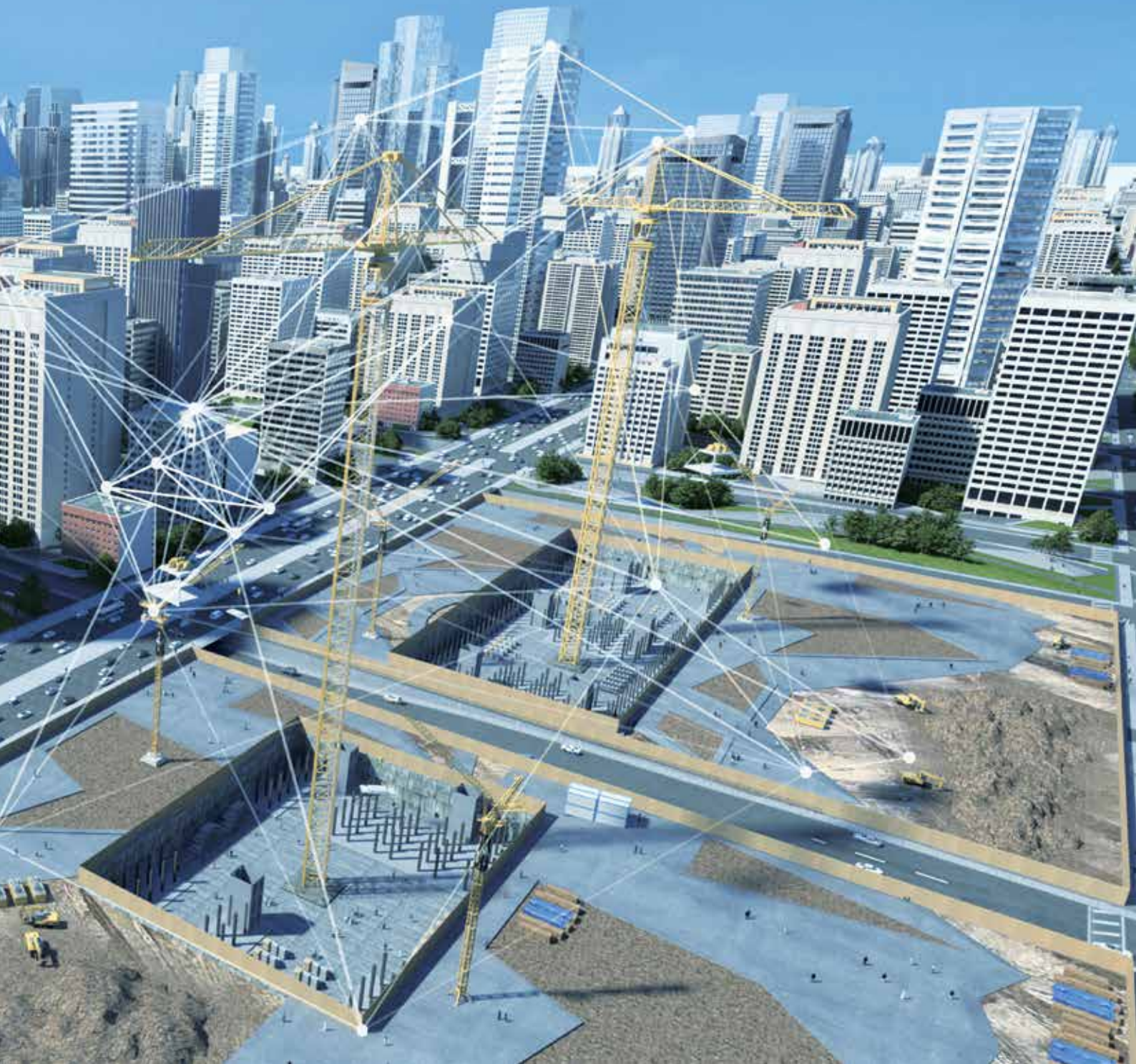


# CONSTRUIR CON EL PODER DE LA TECNOLOGÍA DIGITAL







# Prólogo

Bienvenidos al manifiesto digital de Autodesk para el sector de la construcción. En este informe, descubrirá cómo la tecnología puede contribuir a lograr que el sector sea más rentable, sólido y dinámico, así como a crear un mejor entorno construido.

Vaticinar el futuro nunca es una tarea fácil; y armonizar el mundo del cambio tecnológico, que evoluciona a gran velocidad, con el sector de la construcción, de carácter conservador y cuyo valor asciende a 10 billones de dólares, puede resultar especialmente complicado. Sin embargo, invertir tiempo en explorar ese futuro es algo que ahora deben hacer todos los profesionales del sector de la construcción. Adoptar decisiones informadas sobre las diversas oportunidades que las nuevas tecnologías ofrecen, así como incorporar esas decisiones a la estrategia corporativa, será pronto un requisito indispensable para tener éxito, al igual que disponer de un sólido balance financiero, una licencia social para operar y mano de obra cualificada.

Las nuevas tecnologías son disruptivas por naturaleza. Rompen con los modelos de negocio para redefinirlos, transforman el concepto de valor en los mercados, y dan paso a nuevas formas de competir y a nuevos competidores. En la actualidad, el número de nuevas tecnologías emergentes es asombroso: impresión 3D, computación ilimitada, colaboración masiva, robótica, aprendizaje automático, drones, datos masivos, Internet de las cosas (IoT), análisis predictivo, realidad aumentada, diseño generativo, motores de juegos, captura de la realidad, etc. Estas tecnologías están cambiando la forma en que diseñamos, construimos y gestionamos edificios e infraestructuras.

Las repercusiones en el sector son enormes: de los procesos de trabajo controlados por sensores a las estimaciones realizadas por algoritmos; de los edificios realizados con tecnología de impresión a los programas basados en datos masivos; de los nuevos modelos de financiación de proyectos a la nueva era del localismo, impulsada por la tecnología digital para el entorno construido. El potencial para transformar muchos aspectos de la construcción aún está por ver. Y saber aprovechar este potencial será vital para los

contratistas en los próximos años. Las ventajas son considerables: mayores niveles de productividad, menor riesgo, mayor resiliencia y mejores márgenes. Pero también surgirá un nuevo panorama competitivo, dado que el acceso generalizado a estas tecnologías disruptivas hace más fácil que las empresas puedan innovar. Un panorama competitivo en el que podrían desaparecer las barreras tradicionales de acceso, como el capital, el conocimiento, la eficiencia o las interrelaciones.

Paralelamente a este cambio, está aumentando la demanda y la necesidad de edificios e infraestructuras. Para 2030, se prevé que el crecimiento de la población, el desarrollo urbano y la expansión económica incrementen la demanda mundial de producción en el sector de la construcción un 85%<sup>1</sup>. Pero para satisfacer estas necesidades las cosas no pueden seguir haciéndose del mismo modo. Las exigencias crecientes de sostenibilidad, las limitaciones financieras, los paisajes urbanos cada vez más complejos, la escasez de mano de obra cualificada o las expectativas cambiantes de propietarios de activos, usuarios finales y la sociedad, entre otros factores, exigirán que el sector de la construcción cree nuevas formas de concebir y desarrollar edificios e infraestructuras. Tal vez así, la aplicación de estas tecnologías emergentes al gran desafío de garantizar que los entornos construidos de mañana sean viables desde el punto de vista económico, socialmente inclusivos y ambientalmente sostenibles beneficiará en última instancia al sector y a la sociedad por igual.

**Dominic Thasarathar**

Experto en el sector  
Construcción, energía y recursos naturales  
Autodesk



“Si monumentum requiris,  
circumspice.”

Lector, si buscas su monumento, mira tu alrededor.

*Epitafio de Sir Christopher Wren*







# Ha llegado el momento de cambiar

El sector de la construcción es importante teniendo en cuenta sus cifras: un PIB mundial del 6%, 10 billones de dólares de ingresos<sup>2</sup> y un importante estímulo para el crecimiento, en el Reino Unido cada libra que se invierte en el sector de la construcción genera 2,84 libras de actividad económica<sup>3</sup>, con cifras igual de impresionantes en otros mercados. Pero fundamentalmente el sector de la construcción es el origen de todos los demás sectores; proporciona la infraestructura residencial, social y económica que respalda numerosos aspectos de nuestra vida diaria.

Y esa importancia no hará más que aumentar. Para 2030, se prevé que la producción mundial del sector de la construcción alcance 17,5 billones de dólares (2014 \$), alrededor de un 85% más que en 2014<sup>4</sup>. La magnitud de la tarea que hay por delante es abrumadora. Para 2020, China habrá construido 31.000 millas de redes ferroviarias de alta velocidad<sup>5</sup>; para 2030, la India tendrá que construir casas para 165 millones más de residentes urbanos<sup>6</sup>; y para 2040, será necesario crear una infraestructura de generación de energía<sup>7</sup> con 4.400 GW adicionales para satisfacer la demanda mundial de electricidad. Estas son solo algunas de las cifras que ponen de relieve el carácter generacional del desafío al que se enfrenta el sector.

Para tener éxito en el mercado de mañana no es suficiente con mejorar las prácticas actuales. Asegurarse un lugar ventajoso en el mercado de mañana va a estar cada vez más ligado a la capacidad de innovar de los contratistas, teniendo en cuenta el aumento de la complejidad de los proyectos y de los niveles de riesgo, la incertidumbre sobre el flujo de dinero que se destina a los proyectos, la escasez de mano de obra cualificada y la creciente globalización de la construcción, entre otros factores.

El mercado de la construcción sigue sufriendo las consecuencias de la gran atención que se pone en el riesgo y el dinero. Esto ha frenado habitualmente los niveles de productividad, ha mantenido los márgenes bajos, ha generado costes y residuos, y ha reducido la capacidad del sector para añadir valor al entorno construido. Las razones son muchas, diversas y están bien documentadas. Por ejemplo, las metas comerciales opuestas entre los participantes de proyectos, la forma

de conseguir proyectos, la fragmentación de la cadena de suministro, los balances ligeramente capitalizados, la singularidad de cada proyecto, el coste variable de las contrataciones, etc. Dado que la naturaleza cíclica del sector solo permite abordar estos problemas en intervalos de tiempo limitados, transformar el panorama de la construcción puede parecer un desafío inabordable.

Si la finalidad de la tecnología es ayudar, no debería limitarse a cambiar un proceso o a aumentar la productividad de forma progresiva, sino que debería tener aspiraciones mayores. Este manifiesto pretende posicionar la tecnología a favor de:

- Un margen sostenible y predecible que refleje adecuadamente el nivel de cualificación y profesionalidad que las empresas deben ofrecer, y el nivel de riesgo que asumen.
- Una mayor resiliencia en todo el sector, que permita cierto grado de aislamiento con respecto a los extremos del ciclo de "auge y caída", la ineficacia y la inseguridad de las contrataciones discontinuas, y los niveles crecientes de riesgo y complejidad.
- El dinamismo necesario para crecer y transformar, para sacar provecho de nuevos mercados, relaciones y oportunidades comerciales; y para enfrentarse a los nuevos competidores con una sólida reputación
- Una mayor cooperación y colaboración entre todas las partes interesadas a fin de ofrecer mejores resultados para nuestro entorno construido.

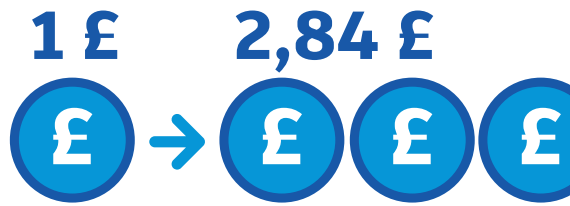


El sector de la construcción representa

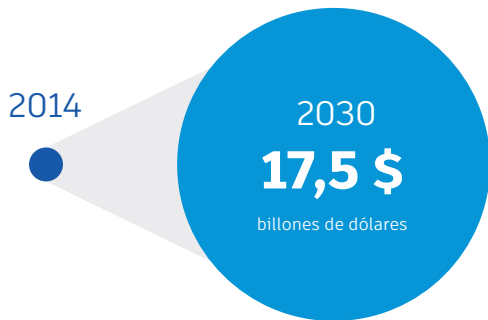
**6%**  
del PIB mundial

Fuente: World Economic Forum<sup>2</sup>

En el Reino Unido, cada libra que se invierte en el sector de la construcción genera 2.84 £ de **actividad económica**



Fuente: LEK Consulting<sup>3</sup>



Para 2030, se prevé que la producción mundial del **sector de la construcción** alcance 17,5 billones de dólares (2014 \$), alrededor de un 85% más que en 2014

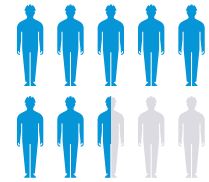
Fuente: Global Construction 2030<sup>4</sup>

El número de **trabajadores del sector de la construcción** en todo el mundo se acerca a los

**180 millones**



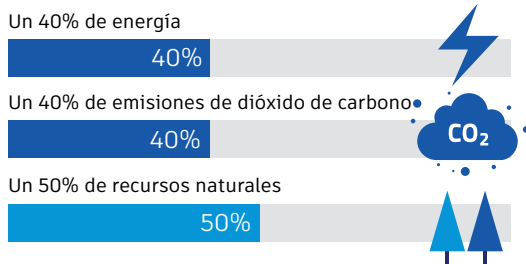
de los cuales un **75%**



procede de países en desarrollo

Fuente: Building and Woodworkers International, disponible en <http://www.bwint.org/pdfs/WCProcurementFiona.pdf>

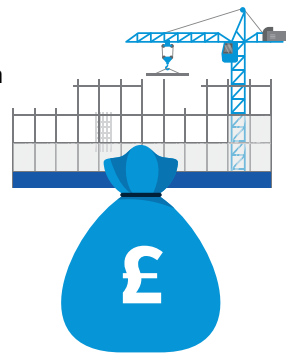
Actualmente nuestro **entorno construido** utiliza a nivel mundial:



Fuente: Global Construction 2030<sup>4</sup>

Los **márgenes de los proyectos de construcción** en todo el mundo se redujeron de un promedio del 6,3%, ya bajo de por sí, en 2015 al

**6,1%**  
en 2016

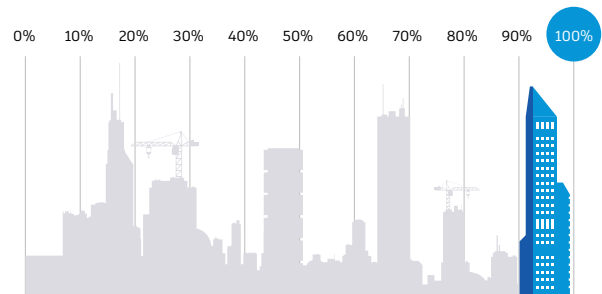


Fuente: Turner and Townsend International Construction Market Survey 2016



La **escasez de mano de obra cualificada** es habitual en muchos mercados de la construcción, y solo **cuatro** tienen un exceso de mano de obra debido a que están experimentando una desaceleración económica

Fuente: Turner and Townsend International Construction Market Survey 2016



En los últimos tres años, solo **una cuarta parte** de los proyectos de construcción lograron cumplir el **10%** de los plazos originales

Fuente: KPMG, Climbing the Curve, 2015 Global Construction Project Owner's Survey

# Pasado y futuro de la tecnología

Cuando pensamos en la tecnología, el futuro puede parecer abrumador. Al leer los titulares de los periódicos, da la impresión de que en pocos años podríamos perder nuestros trabajos, y ser sustituidos por algoritmos inteligentes que piensan más rápido que nosotros, o bien por robots con más capacidad de trabajo que nosotros.

Detrás de los titulares, hay cierta verdad, dado que la tecnología va a cambiar esencialmente la naturaleza del trabajo durante la próxima década. Pero el cambio tecnológico es tan antiguo como la historia de la humanidad. Y los profesionales de la construcción pueden tener la tranquilidad de saber que su sector posee una larga trayectoria a la hora de adaptarse al cambio e impulsarlo.

Para ilustrar el caso, retrocedamos dos mil años y pensemos en el Panteón de Roma. Terminado alrededor del año 126 a. C., alberga la que sigue siendo la mayor bóveda de hormigón armado no reforzada del mundo, con un peso superior a 4.500 toneladas y un diámetro de más de 43 metros, sin una sola pieza de acero de refuerzo. Esto fue posible gracias al talante innovador de un contratista romano, que creó un nuevo tipo de hormigón ligero que contenía ceniza volcánica y permitía cubrir grandes distancias.

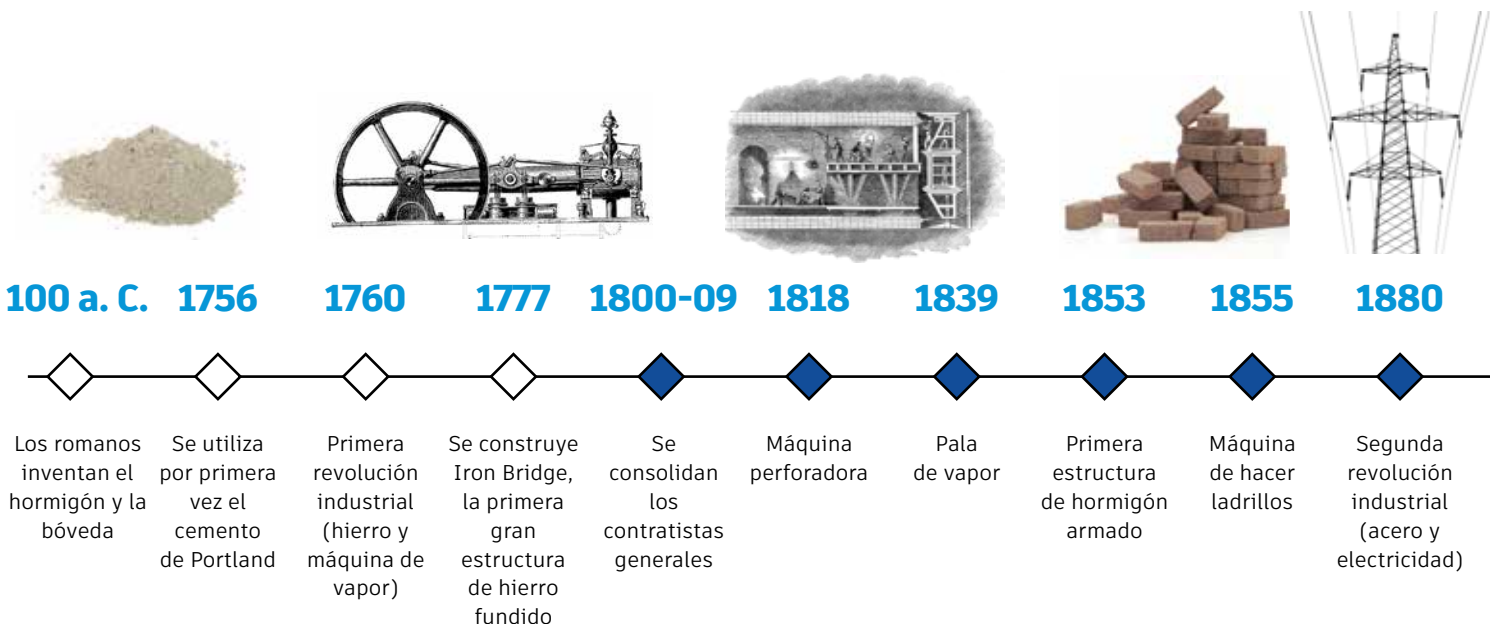
En los últimos tiempos, nos hemos acostumbrado a un ritmo de cambios cada vez mayor. Pensemos, por ejemplo, en el proceso Building Information Modelling (BIM). Las ventajas de BIM son demasiado atractivas para ignorarlas: en 2013 y 2014, aportó un importante ahorro de más de 800 millones de libras en costes

de construcción solo en el Reino Unido<sup>8</sup>. Se trata de un ejemplo claro de cómo la tecnología puede influir en la construcción, y cómo los primeros usuarios en adoptarla pueden ganar ventaja.

Sin embargo, el alcance del cambio que estamos experimentando actualmente se está extendiendo, al tiempo que aumenta su velocidad. Entre las tendencias digitales que atraen nuestra atención hoy día, se incluyen las siguientes:



Cada una de estas tendencias, por separado, puede cambiar uno o varios aspectos del sector. Pero la interacción de todas ellas juntas está generando una fuerza aún mayor. Estas tendencias están transformando esencialmente la forma en que diseñamos, construimos y gestionamos edificios e infraestructuras. Y esa transformación va a cambiar el sector.



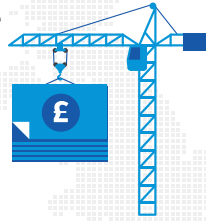


En 2013 y 2014, **BIM** aportó un importante **ahorro** de más de

# 800 millones

de libras en costes de construcción solo en el Reino Unido.

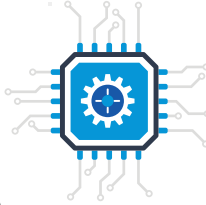
Fuente: G Paterson, J Harty and T Kouider, 2015<sup>8</sup>



En el plazo de

# 10 años

la **digitalización** a gran escala del sector de la construcción conducirá a un enorme **ahorro anual de costes en todo el mundo**. En el caso de la construcción no residencial, ese ahorro será:



Fases de diseño, información técnica y construcción



Fase de operaciones

**0,3** billones de dólares      **0,5** billones de dólares



Fuente: World Economic Forum<sup>2</sup>

## Tecnologías

como

la robótica



la movilidad



el IoT



la nube



los datos masivos

están impulsando el cambio en el empleo (de 2015 a 2020), y representan el

# 2,02%

en comparación con un flujo total del 1,73%.

Fuente: World Economic Forum, Future of Jobs 2016



**1895    1900-09    1905    1960-69    1985    1993    1997    2000-09    2010-19    2013**

Surge la tecnología de construcción de rascacielos

Se extiende el uso de prefabricados

Surge la planificación de proyectos

Desarrollo del diseño asistido por ordenador (CAD)

Surgen los primeros conceptos de robótica y automatización in situ

Los escáneres láser son utilizados por primera vez por ingenieros

Creación de la primera herramienta BIM

La computación en la nube empieza a ganar impulso

Surgen los drones, la inteligencia artificial, la realidad virtual y la realidad aumentada en la construcción

El primer componente 2m se imprime en 3D



# Cambio de nuestra forma de diseñar





La tecnología está cambiando nuestra forma de concebirlo todo: desde los activos físicos, como los edificios, hasta aspectos de los negocios, como las estrategias comerciales.

Hoy día, el diseño es un proceso iterativo en el que el número de alternativas diferentes que se pueden valorar, y el alcance de dichas valoraciones, viene determinado por los recursos de los que disponemos: tiempo, dinero, potencia de computación, información y conocimientos. Esto hace que hoy día el proceso de diseño sea el "más práctico" posible y que, con frecuencia, se base en los supuestos, la intuición y las soluciones rápidas. Como consecuencia, los resultados podrían no ser los mejores. Piense, por ejemplo, en la frecuencia con la que los contratistas hacen estimaciones de precios demasiado "optimistas" para luego darse cuenta de que los beneficios se han ido quedando por el camino debido a errores imprevistos en la cadena de suministro, a las malas condiciones de las instalaciones, o a fluctuaciones desfavorables en los precios de los materiales. Así, por ejemplo, un estudio de más de 200 proyectos de transporte llevado a cabo en 20 países de cinco continentes reveló que los costes de desarrollo fueron de media un 28% superiores a lo que se había estimado<sup>9</sup>.

Pensemos también cómo la inversión inicial en grandes proyectos suele verse limitada por el deseo de ahorrar costes al patrocinador de un proyecto. ¿Cuántos de esos proyectos tienen luego un coste considerable e incumplen el programa durante la ejecución, o bien entregan activos que se alejan de los objetivos de rendimiento iniciales? Un estudio reciente ha revelado que el 70% de los proyectos ejecutados en el sector del petróleo y el gas en los últimos cinco años no se ajustaron al plazo ni al presupuesto<sup>10</sup>.

Como los proyectos son cada vez más complejos desde el punto de vista físico, comercial, ambiental y social, el proceso tradicional de diseño dejará progresivamente de ofrecer resultados aceptables.

Sin embargo, la combinación de seis tendencias tecnológicas va a permitir transformar el proceso de diseño al eliminar el problema actual con los recursos limitados. La consecuencia es que el proceso de diseño de mañana se basará en la "mejor opción" posible, es decir, en aquella que permita reducir los costes considerablemente, mejorar la velocidad y obtener los mejores resultados.

# 1. Computación ilimitada en la nube

Pero existe otro aspecto de la nube que tiene el poder de transformar el futuro del diseño, la posibilidad de acceder a enormes cantidades de potencia de procesamiento informático, según las necesidades, para ejecutar tareas complejas de análisis: la "computación ilimitada".

En el ámbito de la construcción, esto podría permitir a los equipos de proyectos invertir el proceso de diseño y "empezar por el resultado final". Por ejemplo, pensemos en un contratista que trabaja con un promotor inmobiliario que ha encontrado una oportunidad para producir 10.000 m<sup>2</sup> de espacio para oficinas modernas en una ubicación específica de la ciudad. ¿Qué activo construido ofrece la respuesta adecuada para esta oportunidad comercial? Con el proceso de diseño actual, sencillamente no es posible analizar miles de combinaciones de parámetros –como dimensiones físicas, opciones de materiales, opciones de financiación o formas de contratación– para lograr que un diseño y su proyecto asociado proporcionen la máxima rentabilidad y el mínimo coste total de propiedad.

## 2. Diseño generativo

Los seres humanos son creativos, capaces de procesar grandes cantidades de datos dispares, y de pensar de forma compleja y abstracta para resolver problemas. Pero a la hora de resolver problemas tienen sus propios sesgos. Los ordenadores no.

El diseño generativo, o uso de algoritmos inteligentes que imitan la naturaleza para abordar el proceso de diseño, no está sujeto a ideas preconcebidas sobre lo que es un "buen" diseño. Es fácil imaginar cómo esto podría cambiar el proceso de licitación. Pensemos, por ejemplo, en un contratista que tiene que acometer en seis semanas un proyecto de diseño y construcción, en una sola fase. Podría incluir las especificaciones del cliente, el nivel de margen deseado, las contingencias, los perfiles de los socios de la cadena de suministro, y dejar que un algoritmo identifique las mejores opciones para elaborar su propuesta. Las repercusiones en el coste de las licitaciones y en su eficacia podrían ser enormes.

## 3. Datos masivos y análisis predictivo

Los datos masivos se han estado utilizado en otros sectores desde hace algún tiempo. En especial, en el sector financiero y el minorista, donde se ha utilizado para predecir los índices de impago sobre préstamos y determinar el comportamiento de los compradores,

respectivamente. Hoy día, en el sector de la construcción, se están generando enormes cantidades de datos estructurados a través de BIM y de otras herramientas tecnológicas para proyectos. Esta tendencia está dando paso a una nueva disciplina, la inteligencia de construcción, o la posibilidad de predecir el futuro mediante el uso de técnicas de minería de datos.

Identificar patrones en una cartera de proyectos, y en otras fuentes de datos, podría ayudar a un contratista a anticipar signos de sobrecarga en la cadena de suministro, determinar la mejor forma de optimizar el flujo de caja o identificar la causa principal de las sobreestimaciones en las licitaciones.

## 4. Colaboración simétrica en la nube

Los equipos de construcción son complejos y, con frecuencia, abarcan múltiples organizaciones y zonas geográficas. La colaboración entre equipos de proyectos y otras partes interesadas sigue siendo un problema constante que introduce costes, retrasos, riesgos y repetición de tareas en los proyectos. Un estudio reciente ha revelado que el 82% de los líderes del sector de la construcción esperan que la colaboración entre los propietarios de los proyectos y los contratistas mejore en los próximos cinco años<sup>11</sup>.

La colaboración en el sector de la construcción es principalmente un proceso asimétrico, en el que varias partes de la cadena de suministro desarrollan un aspecto del proyecto. Posteriormente, al integrar esos aspectos individuales, surgen conflictos.

## 5. Computación móvil y social

La potencia de computación, por grande que sea, no puede prescindir de la intervención humana en el proceso de diseño. Pero con el estigma de los gastos indirectos asociados a los contratistas, garantizar el acceso a la mano de obra mejor cualificada, en el momento oportuno, es un desafío al que el sector se enfrenta desde hace tiempo.

Dado que el entorno digital acorta la distancia entre todos nosotros, está transformando las nociones de "trabajo" y "lugar de trabajo". Plataformas de intercambio como Uber o TaskRabbit, mercados digitales que permiten realizar servicios transaccionales, ya se están arraigando en otros sectores y dando lugar a la llamada "economía de los pequeños encargos". Aunque esta práctica todavía no se ha extendido al sector de la construcción, si se combina con la colaboración masiva, mediante la que un gran número de personas colaboran para solucionar problemas complejos a través de Internet, podría facilitar el acceso de los contratistas, en el momento necesario, a una mayor variedad de conocimientos especializados que en la actualidad.



## 6. Choque del mundo digital y el físico

Todos los diseños deben transformarse en última instancia en activos del mundo real; y esos activos interactúan con los aspectos físicos, ambientales, sociales y económicos del entorno que les rodea. A medida que la tecnología avanza para integrar los mundos digital y físico, está permitiendo a los equipos de proyectos diseñar en el contexto de los sistemas del mundo real.

La realidad aumentada está permitiendo que los diseños puedan proyectarse en el mundo real para determinar el impacto físico que una propuesta de diseño tendrá en el entorno. Esto es algo que la empresa Skanska está comenzando a utilizar mediante su solución Innovation Grant Platform<sup>12</sup>, que ha impulsado proyectos piloto que integran la realidad aumentada y motores de juegos 3D.

Como es natural, los contratistas pueden utilizar estas prestaciones para reducir el número de errores que se cometen en el mundo real, ya sea durante el diseño de activos o durante su funcionamiento y mantenimiento. Los errores cometidos en el entorno virtual resultan mucho más baratos. Pero quizás lo más importante es que estas prestaciones se pueden utilizar para proporcionar diseños que ofrecen mejores resultados en varias dimensiones "no físicas". Por ejemplo, utilizar un motor de juegos en un proyecto de ampliación de una línea de metro podría ayudar a los contratistas a prever el impacto de las pisadas en las tiendas próximas a las entradas para la estación propuesta.



La aparición de entornos de colaboración en tiempo real debería ayudar al sector a adoptar la colaboración simétrica, ya que la conectividad a través de la nube permitirá a todos los participantes del proyecto trabajar eficazmente en una única oficina "virtual" de proyectos. Esto es algo que la constructora internacional Skanska ha aprovechado, al utilizar la nube para colaborar activamente con sus clientes y socios de diseño, y solucionar los problemas de forma virtual antes de que se produzcan sobre el terreno<sup>13</sup>.



# Cambio de nuestra forma de construir





La tecnología también está cambiando radicalmente los medios de producción físicos, y esto está afectando directamente a la forma de seleccionar, financiar y ejecutar proyectos importantes.

En la actualidad, uno de los mayores desafíos del sector sigue siendo el nivel de productividad laboral: si la mano de obra es un 10% menos eficiente de lo esperado, los beneficios se reducen como mínimo un 5%<sup>14</sup>. Mientras que otros sectores de la economía han experimentado mejoras de productividad considerables en las últimas décadas, la productividad en el sector de la construcción se ha mantenido en unos niveles bajos

y planos de forma persistente<sup>15</sup>. Esto debe cambiar no solo gradualmente, sino también radicalmente. Como, según las previsiones, la demanda de producción en el sector de la construcción va a crecer un 85% hasta 2030, el impacto que tendría aumentar los bajos niveles de productividad en nuestro entorno y en nuestras economías, y la pérdida de oportunidades para añadir valor a nuestros entornos construidos, sería inaceptable. La contratación colaborativa, las cadenas de suministro integradas y la legislación progresista son pasos que van en la dirección adecuada, pero ¿es suficiente?



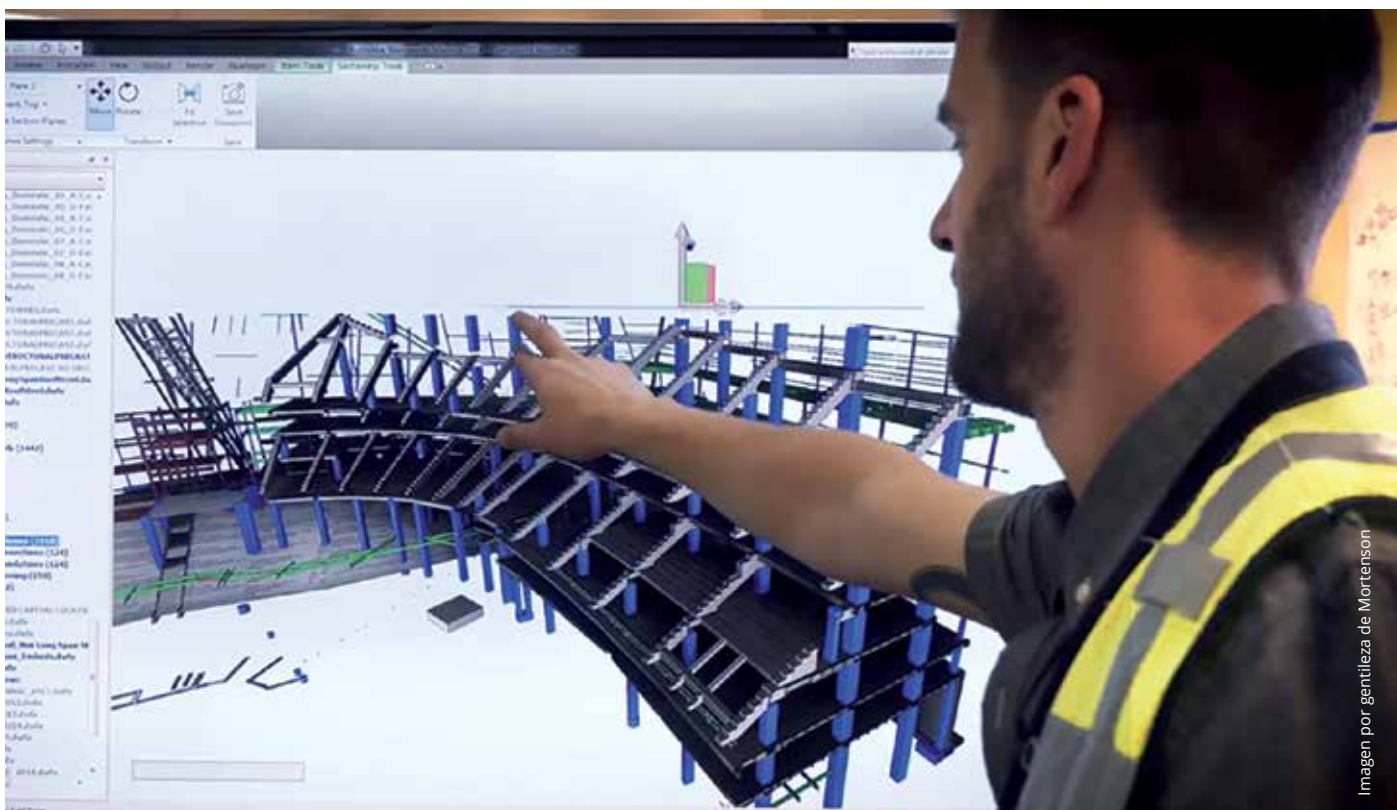


Imagen por gentileza de Mortenson

La tecnología tiene el potencial de ofrecer una vía rápida para transformar la productividad. Esto es algo que la empresa constructora Mortenson ha descubierto mediante la utilización de interfaces de pantalla táctil y hardware para dispositivos móviles<sup>16</sup>. La productividad ha mejorado considerablemente desde que los equipos de campo tienen la posibilidad de compartir comentarios e información en tiempo real.

Los contratistas también deben tener en cuenta la productividad de los activos que desarrollan. Por ejemplo, ¿con qué frecuencia proporcionan todos los resultados esperados? ¿Ofrece la autopista de peaje los niveles de ingresos previstos? ¿Ha mejorado el proyecto de vivienda social la calidad de vida de los residentes locales? ¿Ha estimulado el PIB de la región el nuevo corredor de alta velocidad, tal y como estaba previsto? La tecnología puede ayudarles a tomar mejores decisiones sobre qué activos desarrollar, así como sobre la naturaleza de dichos activos y la manera de combinarlos.

Un aumento del 85% en el volumen de la cartera de proyectos debería ir acompañado de un incremento similar en la financiación, pero existen dudas sobre cuál debería ser la procedencia del capital. De hecho, la infraestructura mundial se enfrenta a un déficit de financiación anual de un billón de dólares<sup>17</sup>. Pero la tecnología de mañana podría ayudar a mejorar el flujo de dinero destinado a los edificios y los proyectos de infraestructura futuros.

## 1. Decisiones basadas en los datos masivos

En 2007, la mitad del PIB mundial procedía de 380 ciudades de regiones desarrolladas, pero para 2025, se espera que 136 nuevas ciudades se sumen al grupo de las 600 principales ciudades<sup>18</sup>, todas ellas del mundo en desarrollo. El panorama de la construcción está cambiando, impulsado cada vez más por la necesidad de construir en entornos urbanos complejos, y por el desplazamiento del centro de gravedad de la producción hacia los países emergentes. ¿Dónde y cómo deberían los clientes y los contratistas responder a esta dinámica? Determinar qué activos se deben desarrollar para lograr el resultado deseado, y por qué proyectos se debe apostar para garantizar un crecimiento rentable, dependerá cada vez más de la respuesta que nos den los datos. La computación en la nube permitirá analizar tendencias sobre datos demográficos, crecimiento económico, renta disponible, etc., para ayudar a responder esas preguntas.

Esa necesidad está dando lugar a la creación de nuevas herramientas capaces de modelar a gran escala la información sobre edificios e infraestructuras,



permitiendo a los contratistas ayudar a sus clientes a tomar decisiones en múltiples contextos. Tal vez lo más significativo sea que esto va a favorecer un cambio en nuestra forma de concebir el entorno construido (por ejemplo, al cambiar el plan maestro de infraestructura de un modelo basado en los "costes y activos", que pone el énfasis en soluciones específicas a corto plazo, a un modelo basado en los "resultados y el valor", en el que los contratistas y sus clientes pueden pensar en términos de sistemas conectados, es decir, adoptar un enfoque de "sistema de sistemas").

El grupo internacional de construcción de infraestructuras Balfour Beatty utilizó BIM en un proyecto para convertir el Estadio Olímpico de Londres en la nueva sede del West Ham United Football Club. BIM ha permitido a los equipos de Balfour Beatty hacer un seguimiento del rendimiento en tiempo real, identificar y abordar cuellos de botella en el flujo de trabajo, y contribuir a que todas las partes interesadas del proyecto dispongan de la información y la documentación más recientes<sup>19</sup>.

## 2. Capital controlado digitalmente

El sector de la construcción necesita capital para desarrollar sus proyectos, pero desde la crisis financiera de 2008, la incertidumbre ha obstaculizado el flujo de fondos hacia los proyectos. Las tendencias tecnológicas, sin embargo, están empezando a ofrecer tres nuevas formas de desbloquear el capital para los proyectos de construcción:

- **Identificación del riesgo:** entender el perfil de riesgo de los proyectos es algo que los datos masivos y el análisis predictivo pueden mejorar. Cerrar el círculo sobre cómo se utilizan los activos existentes, a través del IoT, debería permitir conocer mejor cuál será el rendimiento de futuros activos, y ayudar a los inversores a entender el perfil de riesgo de un proyecto antes de comprometer financiación.
- **Determinación del valor remanente:** se estima que la riqueza mundial en activos construidos es de 218 billones de dólares<sup>20</sup>. Liberar capital mediante la venta de activos para invertir las ganancias en nuevos proyectos es algo habitual. Pero este proceso requiere determinar con precisión el valor remanente de un activo. El análisis predictivo, los sensores remotos y los datos de IoT deberían ayudar a cuantificar mejor el valor para maximizar el nivel de capital liberado, así como la responsabilidad asumida. Por ejemplo, examinar los patrones de mantenimiento para una red de carreteras y las previsiones futuras sobre el desplazamiento de vehículos podría ayudar a calcular con precisión el coste probable de mantener esa red.
- **Microfinanciación colectiva:** la microfinanciación colectiva ya se utiliza para recaudar capital en áreas como la fabricación o el entretenimiento, entre otras.

En el entorno construido, se podría utilizar para obtener financiación para proyectos de promoción inmobiliaria del sector privado y proyectos de infraestructura social del sector público.

## 3. Prefabricación y fabricación digital

La prefabricación no es algo nuevo, pero es cada vez más sencilla. La tecnología de modelado está permitiendo a los contratistas trabajar desde una perspectiva ascendente a fin de utilizar elementos estandarizados para los edificios e infraestructuras, y desde una perspectiva descendente para descomponer un diseño heredado en componentes que podrían prefabricarse fuera de las instalaciones y luego ensamblarse in situ.

La prefabricación, antaño reservada a activos relativamente modestos, ahora es escalable y tiene potencial para ayudar a que el sector alcance un alto grado de estandarización, un factor clave para liberar niveles de productividad similares a los de la fabricación. Las construcciones podrían fabricarse en centros de ejecución de bajo coste y, posteriormente, suministrarse a todo el mundo para el ensamblaje final, lo que tendría repercusiones importantes en el panorama competitivo de la construcción.

Pero la estandarización no es adecuada para todos los proyectos ni componentes. La nueva revolución industrial en el sector de la fabricación está redefiniendo el proceso que permite pasar de un gran diseño al producto real acabado. A la vanguardia de esta revolución está la fabricación digital, y en especial, la impresión 3D. Hoy en día, es posible pasar directamente de un modelo 3D al producto real acabado en un instante, con una sola máquina, sin necesidad de usar otras herramientas, y en más de 80 materiales diferentes (acero, cristal, cerámica, polímero, hormigón, etc.).

Esto está transformando el paradigma de fabricación que se ha venido utilizando desde hace más de 100 años. Hasta ahora había sido más barato comprar un componente estándar cualquiera y, posteriormente, crear un producto personalizado, dado que la complejidad y la singularidad han sido aspectos costosos en el ámbito de la fabricación. Con la impresión 3D, la complejidad y la singularidad ya no son un obstáculo. Sin las limitaciones impuestas por los componentes estándar, los contratistas pueden centrarse en las soluciones idóneas para cada proyecto y, posteriormente, suministrar las soluciones sin desperdiciar recursos.

La empresa holandesa de impresión 3D MX3D está dotando a robots industriales de múltiples ejes de herramientas 3D para construir un puente de acero plenamente funcional que va a ampliar el canal Oudezijds Achterburgwal en Ámsterdam. Una vez finalizado, el puente de MX3D se convertirá en el primer puente impreso en 3D<sup>21</sup> del mundo.

¿Y veremos cómo las impresoras 3D de los lugares de trabajo realizan actividades directas de construcción? Probablemente, pero quizás lo que veamos será algo diferente. Las microfábricas están empezando a seguir la estela de democratización de la tecnología de fabricación: instalaciones relativamente pequeñas ubicadas en las comunidades urbanas y equipadas con máquinas de fabricación digital que son capaces de producir objetos, con independencia de su complejidad. ¿Podrían estos centros de fabricación alterar la cadena de suministro tradicional del sector de la construcción, que en los últimos 30 años se ha beneficiado de barreras comerciales y costes de transporte reducidos, y transformarse en complejas redes globales para adquirir todos los productos de construcción y componentes relacionados que forman parte de los proyectos? Si fuera así, podríamos asistir al surgimiento del constructor local, y las fábricas de la comunidad serían un elemento clave en la cadena de suministro al estar instaladas en la ubicación del proyecto, lo que reduciría los costes de transporte y preservaría el aspecto local.

## 4. Automatización in situ

Nuevas tecnologías, como los drones, se pueden utilizar para llevar a cabo inspecciones y reconocimientos en los emplazamientos de construcción. Las imágenes tomadas por los drones se pueden volcar a un programa de software de captura de la realidad, que combina imágenes para crear modelos 3D. Esto básicamente permite reproducir a gran escala el mundo real en un entorno de silicón. Ya estamos viendo que los drones provistos de cámara

tienen innumerables aplicaciones, como la inspección a distancia de edificios y estructuras para mitigar el riesgo y el coste de realizar trabajos en altura; y la inspección de activos lineales, como tuberías o corredores ferroviarios.

Las tecnologías ponibles se están utilizando para mejorar la seguridad en los emplazamientos de construcción. La empresa Human Condition Safety ha tomado la iniciativa y está desarrollando soluciones –como chalecos inteligentes– para ayudar a los trabajadores de la construcción a hacer su trabajo mejor y de forma más rápida y segura, además de proporcionar a los encargados de las instalaciones información en tiempo real que les permite saber cuántos trabajadores están en zonas con un riesgo elevado<sup>22</sup>.

La robótica también ha estado cosechando éxitos en el ámbito de la construcción. Tradicionalmente, los robots han venido realizando diversas tareas repetitivas y limitadas, principalmente en lo que se refiere a la manipulación de materiales y componentes. Aunque esto ya es algo habitual en las líneas de producción a gran escala, estamos en un momento en el que los robots son capaces de hacer mucho más. Los robots pueden conectarse a una amplia variedad de sensores que les permiten obtener información de los componentes sobre los que trabajan. Esta información se puede volcar posteriormente al sistema de control para realizar ajustes en el funcionamiento del robot a fin de optimizar y perfeccionar el proceso.

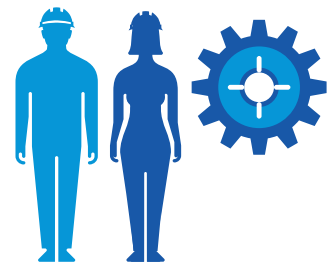


La iniciativa "I Make Rotterdam" en los Países Bajos es un excelente ejemplo de proyecto microfinanciado colectivamente. Pero, ¿por qué es tan innovadora la microfinanciación colectiva? Porque abre la puerta a una nueva era del localismo, una era en la que el contratista y la comunidad podrían estar más vinculados a todos los niveles (financiación, diseño, construcción, mantenimiento continuo, etc.), una era en la que la tecnología digital será el nexo común.

Imagen por gentileza de Zones Urbaines Sensibles

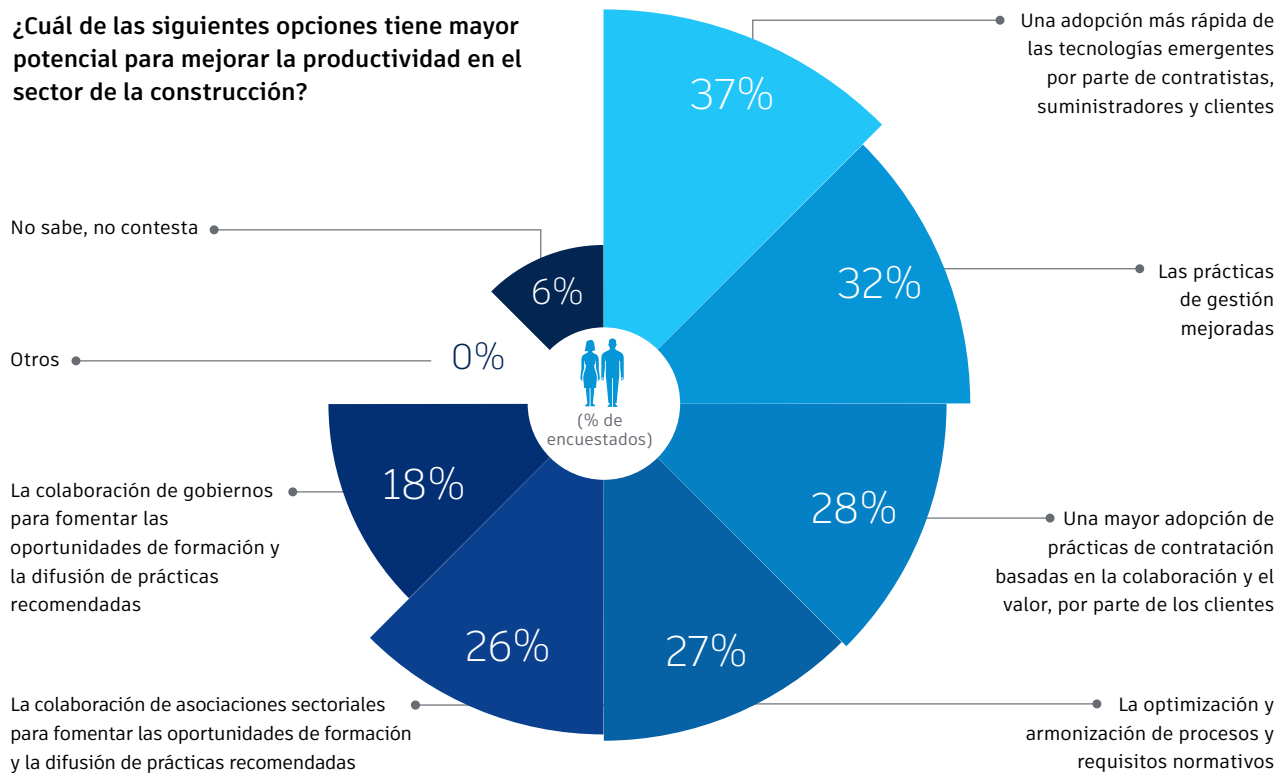


En la actualidad, uno de los mayores desafíos del sector sigue siendo el nivel de productividad laboral. Si la mano de obra es un 10% menos eficiente de lo esperado, los beneficios se reducen como mínimo un 5%.

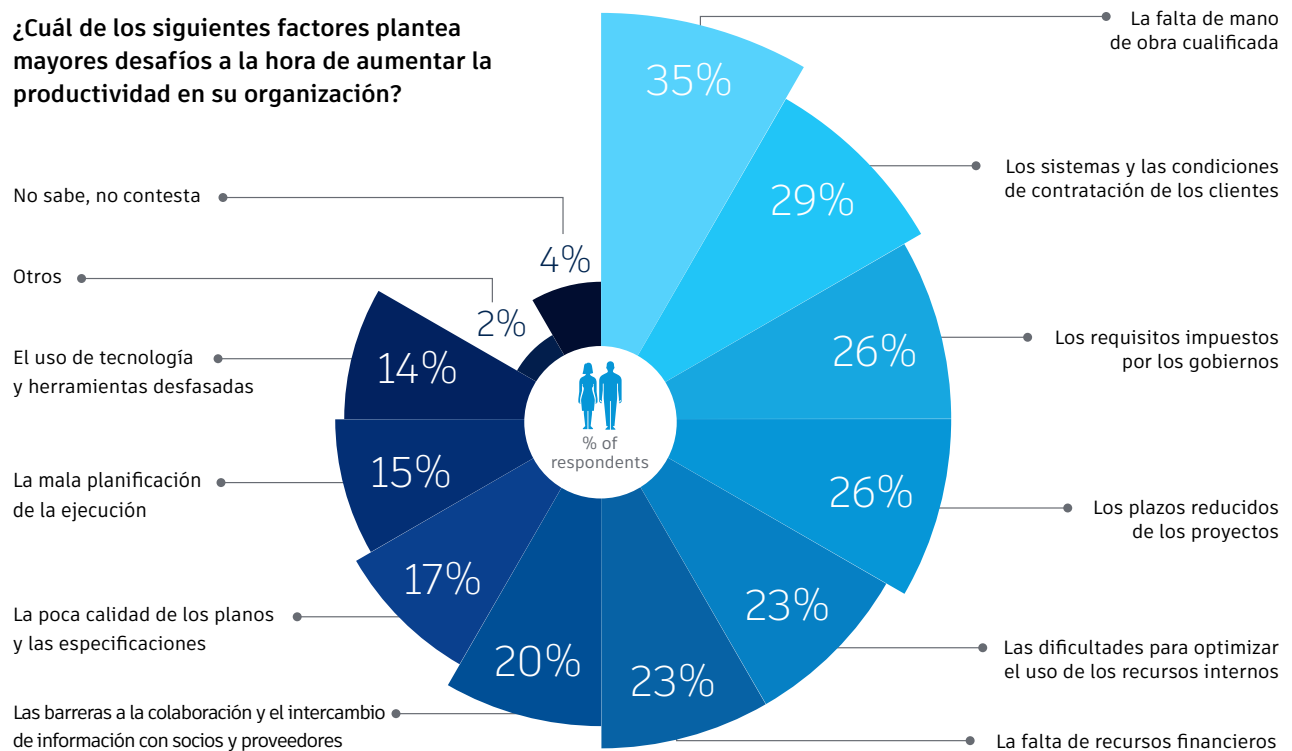


Fuente: Training4Contractors<sup>14</sup>

¿Cuál de las siguientes opciones tiene mayor potencial para mejorar la productividad en el sector de la construcción?



¿Cuál de los siguientes factores plantea mayores desafíos a la hora de aumentar la productividad en su organización?




Fuente: The Economist Intelligence Unit, Rethinking productivity across the construction industry, 2015



# Cambio de nuestra forma de gestionar





La tecnología está cambiando no solo nuestra forma de gestionar edificios e infraestructuras, sino también la naturaleza y la diversidad de esos activos.

Los objetos son cada vez más inteligentes y están más conectados. Pensemos, por ejemplo, en la proliferación de sensores en edificios que permiten supervisar todo, desde el consumo energético a las condiciones ambientales; o en las redes de servicios inteligentes que ayudan a reducir el consumo energético y ofrecen una mayor resiliencia. El mundo digital y el físico están cada vez más estrechamente interconectados e interrelacionados.

Al mismo tiempo, el auge de la computación social y móvil está cambiando los modelos de vida y trabajo, e imponiendo nuevas exigencias en el entorno construido: desde las características y los niveles de ocupación del espacio de oficina, pasando por el volumen y los modelos de tránsito en los viajes de pasajeros de nuestros sistemas de transportes, hasta el tipo de infraestructura de telecomunicaciones necesaria. Esta tendencia ya se ha observado en el sector minorista, en tanto que las compras por Internet continúan desplazando a las tiendas físicas en nuestras calles principales, y la demanda se está extendiendo a almacenes y centros logísticos.

El cambio está avanzando rápido. Mientras que antes un edificio podía necesitar reacondicionamiento diez años o más después de su construcción, en el futuro ese ciclo no solo se acortará, sino que cada vez aumentará más la necesidad de activos construidos que sean "polivalentes".

Y otras tendencias tecnológicas más nuevas están esperando su oportunidad. Los envíos por dron podrían reducir el número de desplazamientos de vehículos en las carreteras, y cambiar la demanda futura de infraestructuras viarias; mientras que la fabricación distribuida, un aspecto de la nueva revolución industrial en el sector de la fabricación, podría igualmente cambiar los modelos de transportes de mercancías.

# 1. Los activos inteligentes aportarán valor inteligente

A medida que componentes, equipos y sistemas físicos sean cada vez más complejos y estén interconectados con sensores inteligentes, los activos construidos tendrán el potencial de responder mejor a las necesidades de propietarios y usuarios finales. La concepción clásica de que los edificios y activos de infraestructura son estáticos, y tienen una forma prefijada de aportar valor, así como un tope para ese valor que está intrínsecamente vinculado a la estructura de los activos y los componentes físicos instalados en el momento de la construcción, está cambiando.

La experiencia del usuario final cada vez será más personalizada, por ejemplo, al optimizar aspectos de los espacios de trabajo como la temperatura, la ventilación o la iluminación. Y a medida que nuestras ciudades se iluminen con ayuda de la tecnología digital, la experiencia con los activos también será personalizada (p. ej., sistemas de transporte que informan en tiempo real sobre la incidencia de los retrasos en los viajes de los pasajeros y recomiendan rutas alternativas).

La iluminación supone hasta el 40% del consumo eléctrico de un edificio. Además, se ha demostrado que utilizar el nivel y la calidad adecuados de iluminación en un espacio mejora la atención, la precisión y el bienestar de sus ocupantes. Herramientas como el software de controlador de Panasonic asistido por BIM y habilitado para IoT permiten que al principio del proceso de diseño se especifiquen unas condiciones óptimas de iluminación y que se mantengan así más adelante.

El departamento gubernamental de Hong Kong (EMSD)<sup>23</sup> utiliza BIM-AM (gestión de activos). Esto permite vincular BIM con el sistema de gestión del edificio y el circuito cerrado de televisión, ofreciendo una visión precisa de las condiciones existentes (servicios y activos), que se vincula a información complementaria que se puede ver en los escritorios de forma remota, o bien sobre el terreno a través de dispositivos de tableta.

Cuando el sistema comunica una incidencia, los usuarios examinan el equipo específico para obtener la información necesaria de funcionamiento y mantenimiento, junto con datos de rendimiento históricos y en tiempo real asociados al sistema de gestión del edificio. De este modo, es más fácil para los administradores de edificios determinar las posibles causas y soluciones. Con ayuda de un circuito cerrado de televisión, se pueden detectar problemas de acceso o de seguridad antes de visitar las instalaciones.

La experiencia del propietario va a cambiar también. El acceso a cantidades sin precedentes de datos, como los niveles de ocupación, los patrones de uso, el rendimiento energético, el consumo de agua, los viajes de pasajeros, etc., aportará ventajas cada vez mayores. Al tener acceso a este tipo de información, los propietarios y sus socios de proyectos podrán adoptar decisiones mejores y más fundadas sobre un edificio y la infraestructura que lo rodea a fin de reducir los costes, aumentar la capacidad existente sin que afecte a la experiencia del usuario final, o bien mejorarla por medio de nuevas prestaciones para maximizar el valor.

Los productos inteligentes conectados, combinados con la nube, permiten a los contratistas obtener, analizar, regular y gestionar datos que no se conocían con anterioridad, procedentes de productos remotos. Así, por ejemplo, el proveedor de software de gestión energética Panoramic Power está combinando su plataforma de análisis de energía a nivel de dispositivo con la cartera de productos BIM basados en la nube, de Autodesk, para identificar ineficiencias en sus emplazamientos y equipos, mejorar la utilización de activos y reducir los costes operativos<sup>24</sup>.

---

## 2. De los servicios de construcción a los activos como servicio

A medida que una parte cada vez mayor de nuestro entorno construido se ilumina por medio de la tecnología digital y el IoT, los datos producidos podrían contribuir a mejorar las previsiones de la demanda futura al ofrecer un mayor nivel de detalle. Esto también podría facilitar el diseño de los activos en el futuro y mejorar el rendimiento, aplicando los datos de uso a proyectos nuevos.

De este modo, surgirán nuevas oportunidades para los contratistas. Al combinar la información de los activos con otros conjuntos de datos voluminosos, como los datos demográficos, el crecimiento económico o los niveles de ingresos, los contratistas podrán predecir mejor la demanda futura para los activos construidos. Uno de los problemas permanentes del sector –la incertidumbre en cuanto a la cartera de proyectos– se podría mitigar, en parte, al permitir que las empresas puedan centrarse en oportunidades específicas e invertir únicamente en aquellas que ofrezcan mayor garantía.

Pero más allá de los activos individuales, los datos de IoT podrían ayudar a los contratistas a establecer nuevas relaciones con los clientes en función de los resultados, en lugar del precio o del valor. Teniendo en cuenta que la complejidad de nuestros entornos construidos es cada vez mayor y que los niveles de riesgo aumentan, la atención se va a centrar más



en cómo alcanzar los resultados finales sin que el proyecto deje de ser viable financieramente o de alguna otra forma. Ningún activo tiene razón de ser por sí mismo. Por lo tanto, será esencial entender de qué manera un activo se vincula a otros sistemas, ya sean físicos o de otro tipo. A la hora de plantearse preguntas básicas como "¿Qué deberíamos construir?", "¿Por qué deberíamos construirlo?" o incluso "¿Está justificado construirlo?", los datos de IoT podrían ayudar a los contratistas a dar una respuesta a sus clientes.

Y a medida que la tecnología permita conocer mejor cómo se utilizan los activos, cómo se comportan a lo largo de su ciclo de vida, y el coste total asociado a ese ciclo de vida, los contratistas podrían ir más lejos y acceder a áreas como la propiedad inmobiliaria como servicio.



# Bienvenidos a la era de la conexión

El sector de la construcción tiene que cambiar. Las prácticas de contratación, las normas comerciales, las estrategias de negocio y los niveles de productividad son sencillamente insostenibles si se comparan con la demanda para desarrollar edificios e infraestructuras en el futuro. A medida que los entornos construidos se vuelven más complejos, garantizar que puedan respaldar la calidad de vida y el dinamismo económico que la población mundial espera será cada vez más difícil. Y también lo será atraer el capital tan necesario para financiar proyectos de construcción si no se abordan los niveles de rendimiento de proyectos y activos. Los requisitos previos para acceder al mercado de mañana serán, entre otros, eliminar los riesgos de la construcción y la incertidumbre de los procesos de trabajo, mejorar la ejecución de los proyectos y los resultados financieros de los contratistas, hacer que los proyectos sean más viables desde el punto de vista financiero, reducir la diferencia entre el rendimiento previsto y el rendimiento real de los activos, y dotar al sector de las herramientas necesarias para que pueda pensar y actuar estratégicamente. La tecnología permitirá ver cumplidas esas aspiraciones.

Los cambios tecnológicos que se están produciendo en nuestra forma de diseñar, construir y gestionar edificios e infraestructuras están dando lugar a una nueva era en el sector. Una era en la que cualquier contratista, al margen de cuál sea su tamaño, ubicación, sector o nivel de capitalización, podrá acceder de manera generalizada a una nueva gama de prestaciones conectadas:

- **Equipos conectados**

que permiten conectar personas de forma dinámica en diferentes zonas geográficas y fronteras comerciales, en tiempo real. Esto facilitará la sustitución del modelo tradicional y asimétrico del sector; y reducirá los gastos indirectos asociados a la búsqueda de personal cualificado, dado que se podrá recurrir a plataformas de intercambio de servicios y de colaboración masiva para ampliar las posibilidades.

- **Conocimientos conectados**

que permiten solucionar problemas de diseño muy complejos al vincular la potencia de computación ilimitada con la nube, los datos masivos y los algoritmos inteligentes para adoptar las mejores decisiones posibles en relación con todos los aspectos del diseño: desde los edificios hasta las estrategias comerciales.

- **Resultados conectados**

que permiten empezar a trabajar a partir del resultado final al conectar el mundo digital y el físico de forma transparente por medio de tecnologías como la captura de la realidad, los motores de juegos, la realidad aumentada y la virtual, entre otras. De este modo, los equipos de proyectos podrán explorar y perfeccionar las opciones en el contexto de los sistemas del mundo real donde residen, desde el punto de vista físico, ambiental, económico y social.

- **Ejecución conectada**

que permite pasar del diseño de un edificio o un activo de infraestructura en un entorno de silicona al producto real acabado con el menor número posible de "retoques" físicos, residuos, costes y gastos indirectos en la cadena de suministro, con ayuda de la fabricación digital, la prefabricación controlada digitalmente y las microfábricas.

- **Activos conectados**

que permiten conectar edificios reales y activos de infraestructura mediante la tecnología digital para conocer todos los aspectos relacionados con el rendimiento de los activos, su uso, y la forma en que interactúan con los sistemas en los que residen. Los datos recopilados se puede utilizar posteriormente para fundamentar procesos de trabajo futuros y mejorar el entorno construido.

- **Capital conectado**

que permite conectar las propuestas de proyectos rápidamente con los fondos comprometidos, mitigando los riesgos de construcción a través de la ejecución de proyectos controlada digitalmente y el uso de datos para conocer el rendimiento de los activos propuestos a lo largo del ciclo de vida; y conectar propuestas de proyectos con nuevas fuentes de capital por medio de la microfinanciación colectiva, y la determinación del "valor remanente" de los activos construidos con ayuda de la tecnología digital.

¿Cómo deben prepararse los contratistas para esta era imperiosa de la conexión? En primer lugar, deben ser conscientes de lo que está por venir, no se trata simplemente de ir mejorando gradualmente las prácticas existentes. En segundo lugar, si no lo han hecho todavía, deberían adoptar el proceso Building Information Modelling (BIM) dado que será la llave para acceder a esta nueva era. Y, por último, deben gestionar la tecnología de manera estratégica, dado que el panorama competitivo va a verse afectado radicalmente.



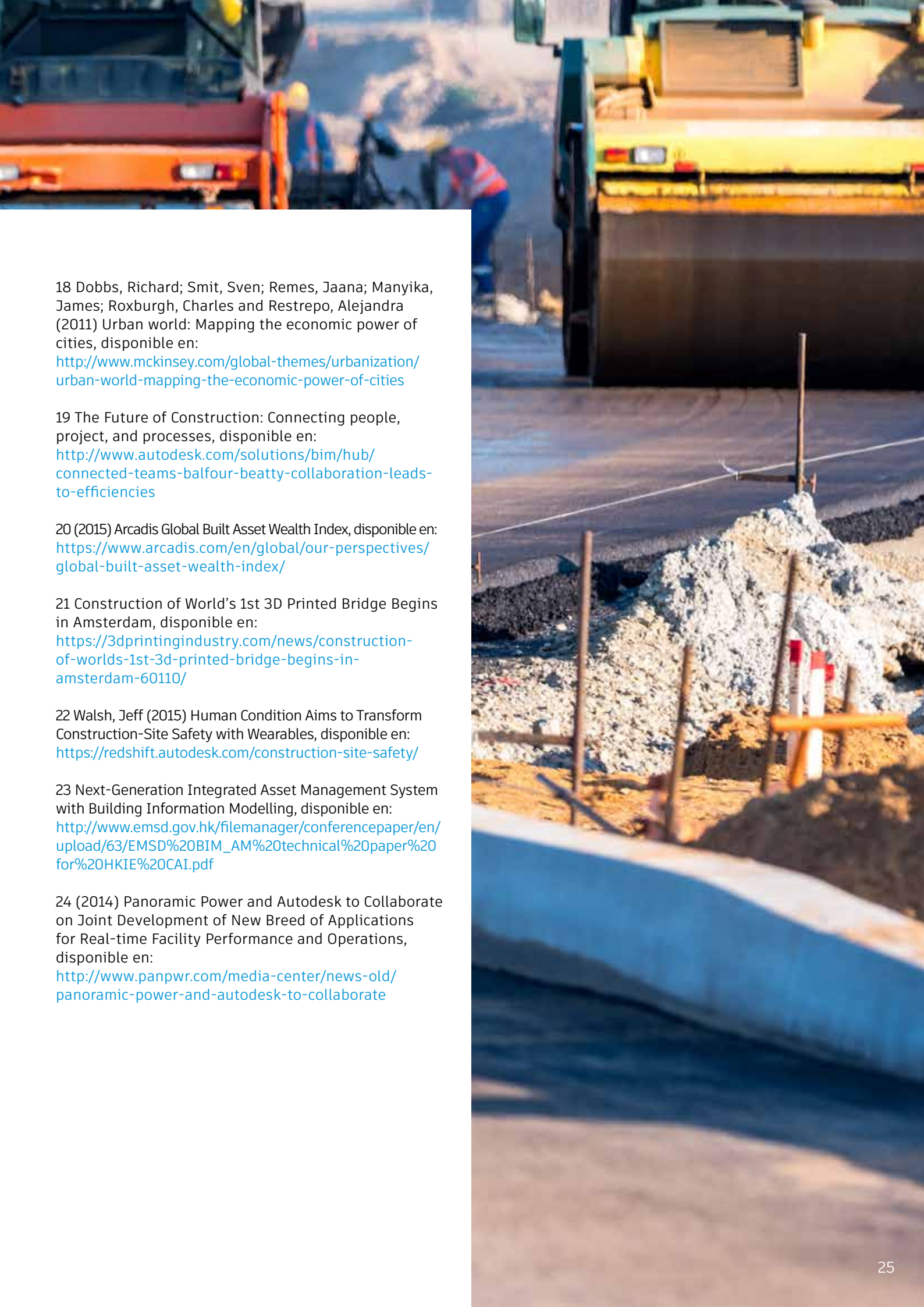




# Referencias

- 1 Global Construction 2030, disponible en: <http://www.globalconstruction2030.com/>
- 2 (2016) World Economic Forum, Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology, disponible en: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Shaping\\_the\\_Future\\_of\\_Construction\\_full\\_report\\_\\_.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report__.pdf)
- 3 (2009) LEK Consulting, Construction in the UK economy: The Benefits of Investment, disponible en: <http://www.lek.com/press-releases/construction-investment-provides-significant-benefit-uk-economy-reveals-new-report>
- 4 Global Construction 2030, disponible en: <http://www.globalconstruction2030.com/>
- 5 Nguyen, Christine (2015) This bridge will connect 90% of the Chinese population, disponible en: <http://www.techinsider.io/china-beipan-river-bridge-high-speed-railway-2015-11>
- 6 Global Construction 2030, disponible en: <http://www.globalconstruction2030.com/>
- 7 (2015) IEA sees global energy transition, disponible en: <http://www.world-nuclear-news.org/EE-IEA-sees-global-energy-transition-1011154.html>
- 8 Paterson, G., Harty, J. and Kouider, T. (2015) Getting to Grips with BIM: A Guide for Small and Medium-Sized Architecture, Engineering and Construction Firms, disponible en: <https://www.routledge.com/Getting-to-Grips-with-BIM-A-Guide-for-Small-and-Medium-Sized-Architecture/Harty-Kouider-Paterson/p/book/9781138843974>
- 9 Flyvbjerg, B., Bruzelius, N. and Rothengatter, W. (2003) Mega Projects and Risk: An Anatomy of Ambition, disponible en: <http://www.cambridge.org/us/academic/subjects/sociology/political-sociology/megaprojects-and-risk-anatomy-ambition?format=PB>
- 10 (2008) Front End Loading Provides Foundation for Smarter Project Execution, disponible en: <http://www.ogfj.com/articles/print/volume-5/issue-7/special-report/front-end-loading-provides-foundation-for-smarter-project-execution.html>
- 11 (2015) Collaboration can help avoid construction project failures, says expert, disponible en: <http://www.out-law.com/en/articles/2015/april/collaboration-can-help-avoid-construction-project-failures-says-expert/>
- 12 Colonna, Tony (2014) Four ways to enable innovation in construction, disponible en: <http://blog.usa.skanska.com/four-ways-to-enable-innovation-in-construction/>
- 13 Song, Soo (2016) Virtuality Check: 3 Ways Cloud Technology in Construction Can Solve the Skilled-Labor Shortage, disponible en: <https://redshift.autodesk.com/cloud-technology-in-construction/>
- 14 (2016) Are Your Profit Margins Being Affected by Low Productivity on Construction Projects?, disponible en: <http://training4contractors.org/2016/04/profit-margins/>
- 15 Changali, Sriram; Mohammad, Azam and van Nieuwland, Mark (2015) The Construction Productivity Imperative, disponible en: <http://www.mckinsey.com/industries/infrastructure/our-insights/the-construction-productivity-imperative>
- 16 Song, Soo (2016) Virtuality Check: 3 Ways Cloud Technology in Construction Can Solve the Skilled-Labor Shortage, disponible en: <https://redshift.autodesk.com/cloud-technology-in-construction/>
- 17 Fuerer, Guido (2015) How can we bridge the \$1 trillion infrastructure gap?, disponible en: <https://www.weforum.org/agenda/2015/10/how-can-we-bridge-the-1-trillion-infrastructure-gap/>



A large-scale construction site with heavy machinery and workers. In the foreground, a yellow excavator is visible. In the background, several workers in high-visibility vests are working on a concrete structure. The scene is brightly lit, suggesting a sunny day.

18 Dobbs, Richard; Smit, Sven; Remes, Jaana; Manyika, James; Roxburgh, Charles and Restrepo, Alejandra (2011) Urban world: Mapping the economic power of cities, disponible en:

<http://www.mckinsey.com/global-themes/urbanization/urban-world-mapping-the-economic-power-of-cities>

19 The Future of Construction: Connecting people, project, and processes, disponible en:

<http://www.autodesk.com/solutions/bim/hub/connected-teams-balfour-beatty-collaboration-leads-to-efficiencies>

20 (2015) Arcadis Global Built Asset Wealth Index, disponible en:

<https://www.arcadis.com/en/global/our-perspectives/global-built-asset-wealth-index/>

21 Construction of World's 1st 3D Printed Bridge Begins in Amsterdam, disponible en:

<https://3dprintingindustry.com/news/construction-of-worlds-1st-3d-printed-bridge-begins-in-amsterdam-60110/>

22 Walsh, Jeff (2015) Human Condition Aims to Transform Construction-Site Safety with Wearables, disponible en:

<https://redshift.autodesk.com/construction-site-safety/>

23 Next-Generation Integrated Asset Management System with Building Information Modelling, disponible en:

[http://www.emsd.gov.hk/filemanager/conferencepaper/en/upload/63/EMSD%20BIM\\_AM%20technical%20paper%20for%20HKIE%20CAI.pdf](http://www.emsd.gov.hk/filemanager/conferencepaper/en/upload/63/EMSD%20BIM_AM%20technical%20paper%20for%20HKIE%20CAI.pdf)

24 (2014) Panoramic Power and Autodesk to Collaborate on Joint Development of New Breed of Applications for Real-time Facility Performance and Operations, disponible en:

<http://www.panpwr.com/media-center/news-old/panoramic-power-and-autodesk-to-collaborate>



# ROAD NETWORK REPORT

ANALYZING CITY [SPRINGFIELD // ZONE S-324]



ACTION REQUIRED!