



CÁMARA ARGENTINA  
DE LA CONSTRUCCIÓN

# CONSTRUCCIÓN INTELIGENTE

MARCELO CAMMISA  
SOLANGE ERLIJ

# TRANS- FORMACIÓN DIGITAL DEL SECTOR

EN PROCESO DE DISEÑO

## Contenido

### Introducción

#### 1. Qué es Smart Construction

#### 2. Transformación digital en el sector de la construcción impulsada por AI

2.1 Mantenimiento predictivo

2.2 Diseño y optimización del proyecto

2.3 Mitigación de riesgos

2.4 Mayor productividad en sitio

2.5 Seguridad en la construcción

2.6 Construcción acelerada fuera de sitio

2.7 Manipulación y automatización de grandes cantidades de datos

#### 3. Casos de Transformación digital en el Sector

3.1 Caso 1: Royal Boskalis Westminster

3.2 Caso 2: Kattera

3.3 Caso 3: HBReavis

3.4 Caso 4: Bechtel

#### 4. Smart Construction en Argentina

4.1 Caso Globant

4.2 Caso Coca Cola

#### 5. Conclusión

#### 6. Bibliografía

EN PROCESO DE DISEÑO

## Introducción

La industria de la construcción es de vital importancia en nuestra vida diaria, puesto que es la encargada de cimentar toda la infraestructura presente a nuestro alrededor.

Esta industria representa aproximadamente el 13% del PIB mundial. No obstante, la misma tiene un gran potencial de crecimiento en cuanto a términos de productividad. Entre los factores a mejorar, encontramos: los elevados costos, escasez de habilidades, limitada digitalización – la más baja que en cualquier otra industria – y escasa inversión en I&D. A su vez, constituye un sector muy regulado, sujeto a varios niveles de permisos y aprobaciones. Desde la perspectiva del cliente, el nivel de satisfacción se encuentra sensiblemente influenciado por la demora en los tiempos de proyecto, diferencias en presupuesto y procesos de reclamo tardíos.

Dado que, en términos generales, las crisis representan oportunidades, se espera que la crisis de COVID-19 estimule los cambios necesarios para el despegue del sector, abordando los aspectos antes mencionados. En algunos países ya pueden vislumbrarse indicios en este camino: por ejemplo, en EUA aumentó la cuota de mercado de la construcción modular y también se detectó un incremento en el nivel de inversión en I&D entre algunas empresas de construcción importantes.

Lo expuesto hasta el momento pone de manifiesto que el sector de la construcción requiere de un cambio. En este sentido, la Construcción Eficiente o Smart Construction (considerada como un componente de las Smart Cities), permiten avanzar en la resolución de los problemas antes mencionados.

A continuación, se listan las 7 áreas de aplicación que serán desarrolladas en profundidad a lo largo de este informe:

- Mantenimiento predictivo
- Diseño y optimización del proyecto
- Mitigación de riesgos
- Mayor productividad en sitio
- Seguridad en la construcción
- Construcción acelerada fuera de sitio
- Manipulación y automatización de grandes cantidades de datos

EN PROCESO DE DISEÑO

## 1- Qué es Smart Construction

De acuerdo al CLC (Construction Leadership Council), se denomina “construcción eficiente” al **diseño, la construcción y la operación de activos, llevados a cabo a través de asociaciones colaborativas que efectúan un uso completo de las tecnologías digitales y las técnicas de fabricación industrializadas. Con el objetivo de mejorar la productividad, minimizar los costos de vida, mejorar la sostenibilidad y maximizar los beneficios de los usuarios.** Este tipo de construcción no sólo perfecciona la industria de la vivienda, sino que además mejora la calidad de sus ocupantes. Por otro lado, el sector de la construcción posee un gran impacto en el medio ambiente, ya sea por los recursos que utiliza, como por los desperdicios que genera.

Los avances en estas nuevas soluciones permitirían, además, el diseño de construcciones más sustentables, con consumos más eficientes en materia de energía. A nivel general, estamos hablando de una reducción de los costos que se derivan del funcionamiento cotidiano de un edificio, ya que se mejora el rendimiento y durabilidad del mismo, lo cual se traduce en un beneficio para los inversores como para sus ocupantes.

**Con lo cual, no sólo se trata del anteproyecto y construcción, sino también del post: cómo pueden obtener los usuarios una vivienda, una edificación accesible y cómo pueden obtener el máximo nivel de confort en ellas.**

Con las tecnologías digitales, es posible contar con el diseño y la planificación de una manera más inteligente, contando con predicciones que conlleven a optimizar la etapa de la construcción, utilizando los activos de un modo más eficiente. Algunos ejemplos de estas soluciones digitales serían:

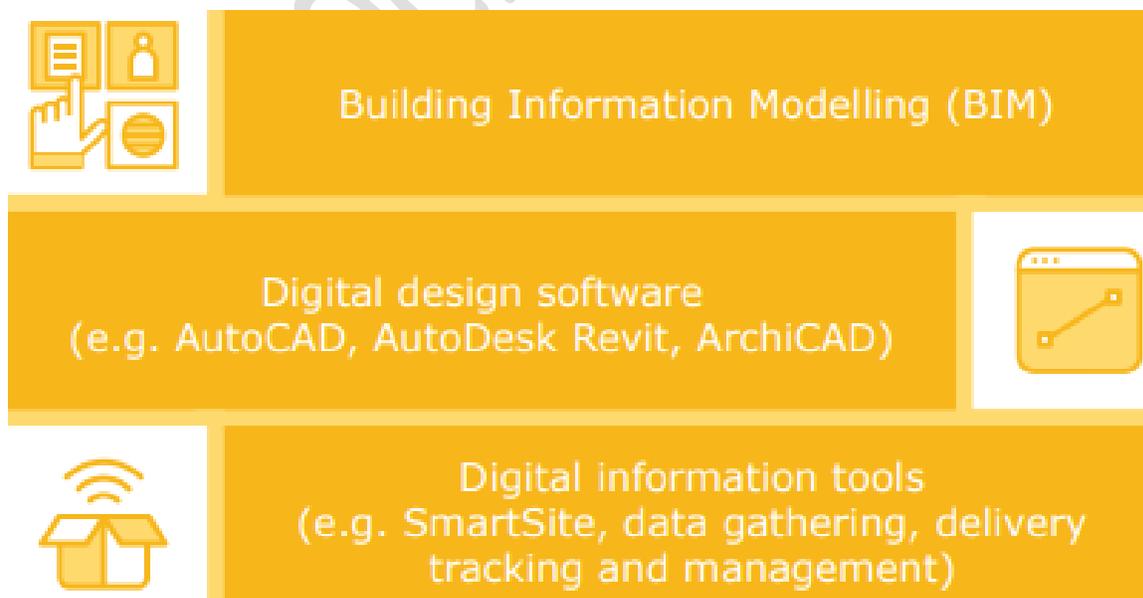


Gráfico 1. Ejemplos de tecnologías digitales  
Fuente: [www.constructionleadershipcouncil.co.uk](http://www.constructionleadershipcouncil.co.uk)

Si nos referimos a la fabricación, la proporción de componentes que se elaboran fuera del sitio podría elevarse, lo que se traduciría en mayor velocidad de entrega, posibilidad de trabajos de construcción en paralelo y un mejor proceso de control de ciertos elementos, en un ambiente de calidad adecuado, entre otros.

Ejemplos de este proceso:

- **PANELIZADO:** prefabricado de madera en paneles, acero pregalvanizado, madera contralaminada, hormigón preformado y ensamblado en el sitio.
- **PANELES AISLADOS ESTRUCTURALES:** paneles fabricados que están hechos de capas de diferentes materiales.
- **CONSTRUCCIÓN VOLUMÉTRICA:** producción fuera de sitio de porciones de construcción tridimensionales, que luego se entregan y se instalan en cimientos.
- **SUBCONJUNTOS Y COMPONENTES:** por ejemplo, telares de cableado, módulos de baño, pisos, etc.

EN PROCESO DE DISEÑO

## 2 - Transformación digital en el sector de la construcción impulsada por IA.

La inteligencia artificial (I.A.) es la capacidad que tienen las máquinas para simular el comportamiento humano. Pueden ser explícitamente programadas o “aprender solas”. El concepto de Inteligencia y particularmente el de Machine Learning y Deep Learning fue desarrollado en profundidad en el informe de Smart Cities, por lo tanto, en este apartado se busca mostrar, específicamente, como las técnicas de I.A. pueden ser aplicadas dentro de la construcción para agregarle valor al proceso transformando los datos provenientes de los sensores en información útil que permita incrementar los beneficios de las empresas e impulsar la **transformación digital del sector**.



Imagen 1.

Fuente: [www.constructible.trimble.com](http://www.constructible.trimble.com)

Al considerar a la IA como un disparador para la transformación digital del sector, es conveniente, en primer lugar, analizar como es el ecosistema actual para luego describir como podría transformarse. Como se mencionó en la introducción de este informe, el flujo de trabajo actual del proceso de la construcción, tiene un gran potencial de mejora. La figura 4 muestra un resumen de un ecosistema actual:

- El proceso se encuentra altamente basado en el proyecto puntual. Es decir, desarrollos específicos para los requerimientos del cliente, usando diseños concebidos desde cero y con muy poco grado de repetitividad. (se muestran 4 proyectos completamente independientes).

- La cadena de valor y el panorama de los involucrados son locales y están altamente fragmentados vertical y horizontalmente, lo que resulta en una multitud de actores involucrados en cada paso y en importantes fricciones entre las interfaces.
- La construcción es realizada en el sitio en entornos hostiles, con una gran parte de la mano de obra temporal y manual.
- Uso limitado de herramientas y procesos digitales de un extremo a otro.

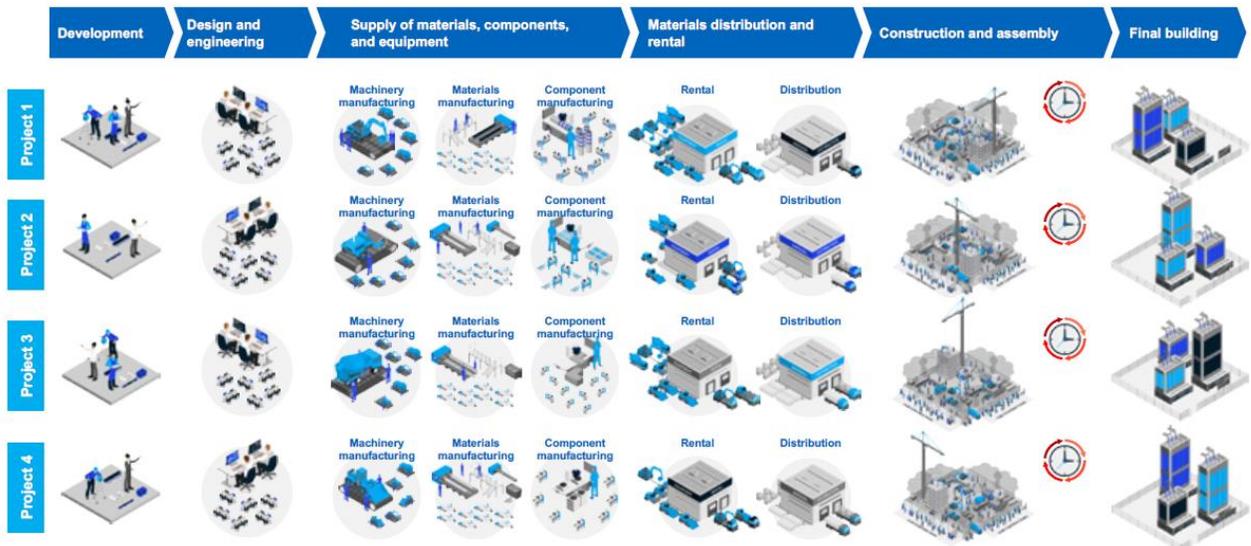


Gráfico 2. Esquema altamente complejo, fragmentado y orientado al proyecto.

Fuente: McKinsey – The next normal in construction

Por contraposición, el ecosistema de la construcción a futuro se muestra en el grafico 3:

- En el futuro, una gran parte de los proyectos de construcción se construirán utilizando elementos y componentes personalizables y modulares producidos mediante procesos estandarizados en fábricas externas. Los módulos y elementos se enviarán y montarán in situ. La producción consistirá en procesos similares a una línea de montaje en entornos seguros y no hostiles con un alto grado de repetibilidad. Además, pueden surgir estándares comunes en toda la industria para elementos y componentes. Es probable que exista un equilibrio entre los elementos y componentes simples (fabricados de acuerdo con los estándares comunes de la industria) y los personalizados (como los exteriores) para adaptarse a las necesidades del cliente.

Cada proveedor desarrollará su propia biblioteca de diseño de elementos y componentes que se pueden ensamblar de acuerdo con los requisitos del cliente. Una parte del mercado podría estar compuesta por módulos volumétricos pre-acabados, y los elementos y componentes modulares, personalizables, similares a un LEGO, podrían convertirse en el estándar de la industria. Con este cambio, se mantendrá la creatividad en el diseño de productos a medida: los desarrolladores y fabricantes de productos colaborarán, posiblemente a través de alianzas estratégicas, para diseñar

productos de acuerdo con circunstancias únicas. La cadena de valor está más consolidada, tanto vertical como horizontalmente, con mayor grado de internacionalización.

El enfoque basado en productos no se limitará a la construcción: es probable que los promotores y propietarios desarrollen y comercialicen cada vez más "productos" de marca que comprendan una estructura estandarizada y términos contractuales con ofertas de servicios integrados.

Las tecnologías digitales serán un factor crítico en el cambio a un enfoque basado en productos. Por lo tanto, las empresas que poseen el modelo digital podrán controlar el proceso sin tener realmente fábricas.

- La desintermediación se lleva a cabo a través de mercados digitales y canales directos.
- Los contratistas se enfocan en la ejecución y ensamblaje de productos en el sitio.
- **La Digitalización se encuentra a lo largo de todo el proceso.** Las tecnologías digitales están permitiendo una mejor colaboración, un mayor control de la cadena de valor y un cambio hacia una toma de decisiones más basada en datos. A su vez, las empresas están adoptando modelos de información de edificios (BIM) en 5-D, análisis avanzados y gestión de la cadena de suministro y adquisiciones digitales en todas sus organizaciones:

- Productos y operaciones inteligentes. Los edificios inteligentes y la infraestructura que integran el Internet de las cosas (IoT) aumentarán la disponibilidad de datos y permitirán operaciones más eficientes, así como nuevos modelos comerciales, como la contratación basada en el desempeño. Los sensores de IoT y la tecnología de comunicación brindan a las empresas la capacidad de rastrear y monitorear la utilización, la eficiencia energética y las necesidades de mantenimiento. Al utilizar BIM, los propietarios y operadores pueden crear un modelo 3D virtual con transparencia precisa en todos los componentes utilizados en un edificio terminado, lo que puede aumentar la eficiencia y reducir los costos de mantenimiento.
- Diseño. BIM se ha utilizado en la construcción durante muchos años. Con el tiempo, se han agregado funciones y componentes adicionales (como programación y presupuesto) para crear una solución de software de gestión de proyectos a gran escala. Sin embargo, la industria ha tenido problemas para adoptar e integrar con éxito BIM en las operaciones. Al utilizar BIM para crear un modelo 3-D completo (un "gemelo digital") al principio del proyecto en lugar de terminar el diseño una vez que el proyecto ya está iniciado, las empresas pueden mejorar la eficiencia e integrar la fase de diseño con el resto de la cadena de valor. Esta capacidad mejora la coordinación y la comunicación con los proveedores de materiales y componentes y permite la detección temprana de conflictos y las mejoras de diseño y planificación.

- Procesos de construcción y producción. El uso de herramientas digitales puede mejorar significativamente la colaboración en el sitio.

Estas soluciones incluyen aplicaciones móviles de gestión de proyectos y torres de control de proyectos basadas en la nube que integran la comunicación entre equipos en el sitio y se sincronizan con sensores, dispositivos portátiles y máquinas de escritorio para realizar un seguimiento constante del progreso y la utilización. Los análisis avanzados pueden ayudar a mejorar aún más la eficiencia de la construcción. Los enfoques de Industria 4.0 permiten una mayor flexibilidad en las fábricas y, por lo tanto, una mayor personalización de los módulos. Como en otras industrias, la pandemia de COVID-19 está acelerando la integración de herramientas digitales.

- Canales. Los canales digitales se están extendiendo a la construcción, con el potencial de transformar las interacciones para la compra y venta de bienes en toda la cadena de valor. Los mercados en línea, que han optimizado las cadenas de suministro en otras industrias, podrían mejorar significativamente la eficiencia de la compra y venta de bienes a lo largo de la cadena de valor de la construcción y mejorar las interacciones, tanto entre clientes y proveedores de proyectos completos como entre los participantes de la industria a lo largo de la cadena de valor durante proyectos. Los canales digitales también pueden interrumpir radicalmente la distribución y remodelar la logística de la construcción. A lo largo de la cadena de valor, han surgido empresas emergentes para establecer mercados en línea para comprar y vender bienes como equipo pesado, materiales de construcción y servicios profesionales.
- Datos y análisis sobre el comportamiento del cliente generados después de la finalización de obra para optimizar el costo total de propiedad y los diseños futuros.

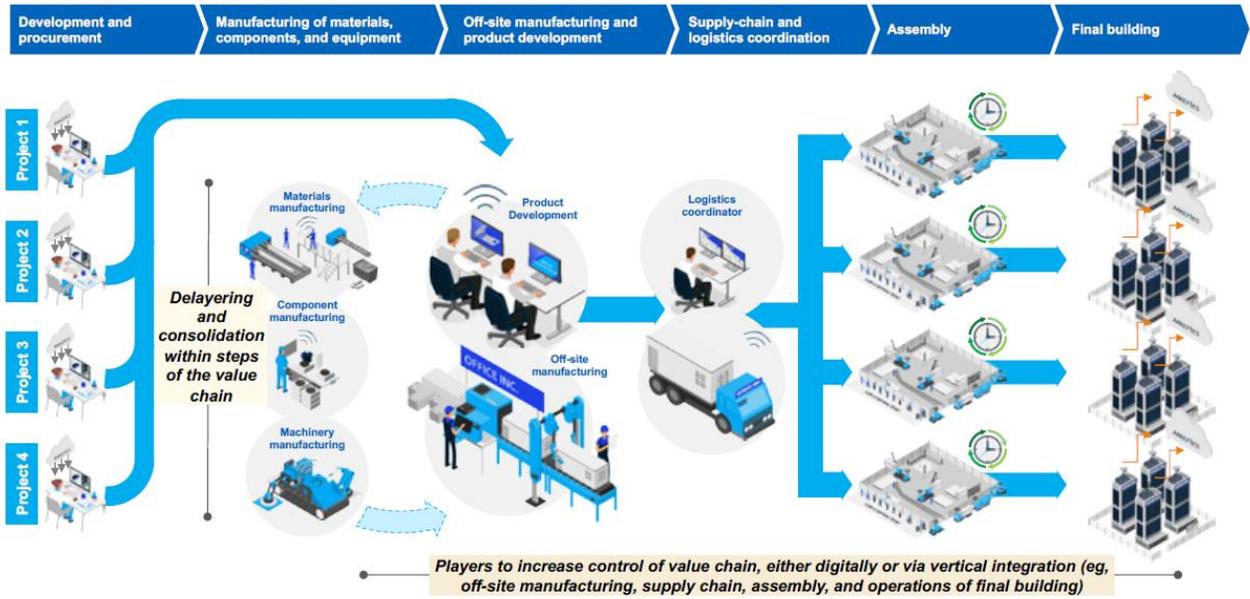


Gráfico 3. Esquema Estandarizado, consolidado y con foco en el producto.  
 Fuente: McKinsey – The next normal in construction

En términos generales, lo que se busca es pasar de un ecosistema altamente complejo, fragmentado y con el foco en el proyecto hacia uno que sea estandarizado, consolidado y con el foco en el producto.

La tabla 1 resume lo dicho hasta el momento y concentra en un solo cuadro la evolución descrita anteriormente.

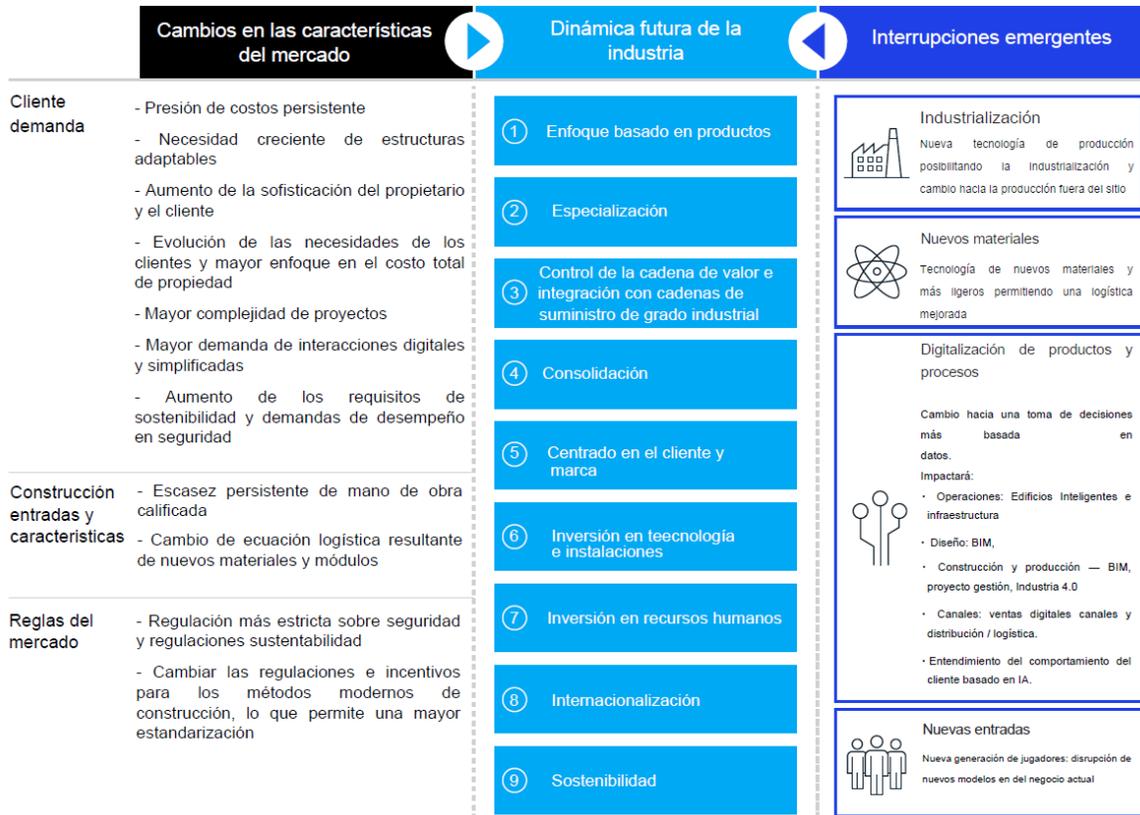


Tabla 1. Resumen de los esquemas desarrollados anteriormente que muestran la dinámica futura de la industria.  
 Fuente: McKinsey – The next normal in construction

Habiendo analizado el proceso de transformación necesaria dentro de la industria, y planteado a la Digitalización como interrupción emergente que impulsará a la Construcción hacia su nueva dinámica. A continuación, se profundizará en el concepto de digitalización de productos y procesos, analizando implementaciones y usos concretos de la IA dentro del sector.

## 2.1 Mantenimiento predictivo

Mediante la inteligencia artificial – o aprendizaje automático – las empresas pueden incrementar la eficiencia de los procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo.

El mantenimiento predictivo es aquel que posibilita un pronóstico sobre el desgaste o estado de un equipo o instalación. Esto es de suma importancia ya que permite elaborar un plan de mantenimiento y anticiparse a fallas catastróficas que representen pérdidas muy onerosas.



Imagen 2. <http://digimachinery.com/portfolio/equipment-health-data-and-monitoring/>

El proceso se basa en el monitoreo del estado operativo de los elementos que se encuentran en la obra o en un edificio, mediante la medición y seguimiento de ciertos parámetros. De este modo, lo que se intenta calcular es cuando se producirá un fallo, minimizando su ocurrencia.

Luego, para analizar la información derivada de cada técnica, el empleo de machine learning es fundamental, ya que permite trazar un plan predictivo. En la construcción, la IA puede obtener datos del sitio de trabajo, mejorar las facultades de los drones y acelera los flujos de trabajo del plan constructivo.

Entre las técnicas predictivas más usuales, encontramos las siguientes:

- ✓ Inspección por ultrasonido: práctica útil para detectar posibles fugas de fluidos en conductos, por ejemplo, dentro de un edificio;
- ✓ Análisis de vibraciones: para comprobar el estado de la maquinaria;
- ✓ Termografía: técnica para hallar puntos calientes, muy importante en armarios eléctricos. Para llevar a cabo la verificación de armarios eléctricos, y de posibilidad de sobrecalentamientos.
- ✓ Análisis y medición de caudales: para conocer los niveles y calidad del caudal de aire que fluye por los diferentes espacios.

## **2.2 Diseño y optimización del proyecto**

En cuanto al modelado de información, la herramienta BIM ofrece a los profesionales, los conocimientos requeridos para llevar a cabo la planificación, diseño, construcción y mantenimiento de una infraestructura determinada, de un modo más eficiente.

En la etapa del diseño, los modelos 3D deben considerar los planos de arquitectura, los de ingeniería, los mecánicos, eléctricos, etc.; junto a la cadena de actividades de cada equipo. En este caso, el objetivo es que los modelos de cada equipo no se opongan entre sí, con lo cual, el aprendizaje automático puede ayudar a identificar y mitigar esos conflictos, para que no se deba recomenzar la planificación o el diseño. Esto se lleva a cabo utilizando algoritmos de machine learning que exploran todas las posibles variaciones de una solución, generando diseños alternativos.

Los procesos de diseño y planificación son partes sustanciales en el ciclo de vida de un proyecto constructivo. Deben ser precisos para poder desarrollar el mismo a tiempo, con calidad, y dentro del presupuesto estimado. Es por ello que el tiempo en el que incurren los equipos de trabajo en estas etapas, es considerable, ya que supone la verificación de regulaciones de construcción, detalles de infraestructura, variaciones de diseño, etc. Una planificación errónea puede llevar al fracaso del proyecto.

Y es aquí donde aparece la exploración de diseño basada en IA. Un sistema inteligente que cuente con acceso a una base de datos de diversos planos de edificios, puede generar opciones de diseño basados justamente en esos planos de los que ya tiene información. Los diseñadores podrán ingresar los requisitos del proyecto, además de parámetros tales como rendimiento, costos, materiales, etc.; para que el software busque todos los diseños disponibles, generando alternativas de diseño de acuerdo a los datos suministrados. Al disponer de una herramienta de este estilo, el diseño y la planificación son más certeros, de mayor calidad y más económicos.

En ocasiones, los proyectos sufren demoras que frecuentemente ocurren en la etapa inicial de planeamiento, por ejemplo, en lo que refiere a comparación de planes de construcción con los servicios públicos en el sitio; lo que trae aparejado reevaluaciones y modificaciones. Con lo cual, la aplicación de IA también permitiría detectar estas cuestiones con sus posibles soluciones, sin necesidad de que un equipo de trabajo deba ocuparse personalmente de tomar estos datos.

En las obras de construcción, se destina gran parte del tiempo a temas relacionados a transporte, búsqueda de materiales, reordenamientos, etc., sumado a cuestiones como manejo de costos innecesarios.

Las soluciones basadas en IA pueden mejorar las secuencias de construcción y la gestión de tareas, manteniendo informadas a todas las partes interesadas, debido a que pueden cotejar la versión digital del edificio con la representación física real. Los drones contribuyen a esta función, con sus capturas de imágenes y escaneos láser, que luego sirven para comparar el avance de la obra con el modelado. Esta comprobación permite reconocer automáticamente desviaciones del plan original, con la posibilidad de corregirlo antes de que dicho error genere costos adicionales (por ejemplo, si se colocaron las tuberías incorrectamente, se pueden readecuar antes de que se cierren las paredes).

Ante un retraso o modificación, la IA podría modificar automáticamente el cronograma de construcción, con lo cual, las partes del proyecto (como proveedores y subcontratistas) – al estar informadas – podrían ajustar su trabajo de acuerdo a los nuevos plazos.

La disponibilidad de herramientas también puede ser manejado por IA. Esto se debe a que, gracias a las cámaras instaladas, es fácil que el sistema pueda hallar herramientas/maquinarias

disponibles que sean requeridas por otro sector dentro de la misma obra, generando un ahorro de tiempo en el personal.

Asimismo, a través del uso de inteligencia artificial, se posibilita la capacitación del personal cuando se detecten posibles peligros para la seguridad – por ejemplo, cuando no utilizan un equipo de trabajo determinado. También, es beneficiosa para el uso de maquinaria pesada que ejecutan tareas rutinarias, dejando libre al operador para efectuar otras funciones más complicadas. Todo esto disminuye la tasa de error y las pérdidas de eficiencia.

Las decisiones referentes a los suministros e instalaciones, también generan demoras, ya que las elecciones se basan en grandes cantidades de información, lo que torna el proceso costoso y expuesto a errores. Utilizando inteligencia artificial, se pueden localizar aquellas partes que no se están utilizando, para desactivar por ejemplo la calefacción, ventilación, etc., mermando el consumo de energía.

La IA combinada con sensores de IoT, pueden indicar cuándo llevar a cabo una acción antes de que surja un posible problema, y también puede solicitar piezas de repuesto de manera automática, para que se pueda disponer de las mismas en tiempo y forma.

En resumen, la inteligencia artificial permite reducir costos y asegurar una gestión eficiente de las instalaciones: la acción sólo se efectúa cuando es necesaria. Asimismo, reduce los tiempos de inactividad, ya que informa qué hacer ante una anomalía.

### **2.3 Mitigación de riesgos**

Todos los proyectos constructivos poseen alguna cuota de riesgo, en cualquiera de sus formas, ya sea, riesgo en seguridad, en tiempo, en costos, etc. A mayor magnitud del proyecto, mayores serán los riesgos a asumir, dado que existe una conglomeración de participantes trabajando en diferentes tareas a la vez. Aquí, la IA puede ser de utilidad para el control de prioridades en el sitio de trabajo, con la finalidad de que el equipo pueda concentrarse en solucionar los inconvenientes a los que la IA asignó mayor prioridad. Esto funciona así dado que los subcontratistas se valoran mediante puntos de riesgo para que luego el sistema pueda llevar a cabo su manejo de prioridades.

### **2.4 Mayor productividad en sitio**

Para lograr una mejor productividad junto a una mayor disponibilidad de mano de obra, existen maquinarias de construcción semi-autónomas que realizan tareas repetitivas de un modo más eficiente que los seres humanos. Para ejemplificar podemos mencionar, el vertido de hormigón, albañilería, soldadura, etc. Otro ejemplo lo vemos en la excavación, gracias al trabajo de máquinas autónomas y semi-autónomas capaces de llevar a cabo su función con la ayuda de un programador humano. Esto da como resultado la existencia de un caudal de trabajadores que

pueden ser reubicados en otras tareas, como así también genera una merma en el tiempo de finalización del proyecto.

Dos factores muy importantes en un proyecto de construcción son el tiempo y los costos, con lo cual, el uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV) y los drones, pueden ser de utilidad a fin de minimizar los factores mencionados.

## **2.5 Drones y reconocimiento de imágenes**

El proceso para efectuar una buena captura de imágenes aéreas, consta de dos pasos:

Fotogrametría: durante un vuelo, se toman varias imágenes a intervalos regulares para asegurar que las mismas se superpongan.

Unión de imágenes: una vez que se completó la adquisición de datos, se procede a la fusión de las imágenes aéreas individuales en un mapa. El software SfM (“Estructura a partir del movimiento”) une imágenes de la misma escena desde diferentes ángulos. Durante este proceso, las imágenes pueden tener referencias geográficas para adjuntar información de ubicación a cada imagen. El resultado final es un mapa que se puede utilizar para distintos tipos de análisis.

Las imágenes aéreas de alta resolución comprenden una gran cantidad de datos que son de utilidad para las distintas fases de un proyecto.

La técnica del reconocimiento de imágenes es clave a la hora de contar con información en tiempo real. La misma es capaz de interpretar gráficos e imágenes para hallar determinados patrones. Se puede encontrar aplicada al campo facial, al de seguridad y vigilancia, al reconocimiento de objetos, de gestos, etc. Combinada con drones, permite además conocer mejor la agrimensura del sitio, y proveer una mayor seguridad a los trabajadores.



Imagen 3. Detección automatizada de grietas  
Fuente: [www.mdpi.com](http://www.mdpi.com)

En la actualidad, existen una serie de actividades para las cuales los drones son eficaces:

### Inspección de sitios de construcción

Una de las utilidades de los drones está dada por la topografía de proyectos. Estos vehículos son ideales para la inspección de rutas, urbanizaciones con mucha densidad de personas o construcciones, para sitios inundados, etc.

Mediante la tecnología LIDAR (Light Detection And Ranging), los drones pueden sobrevolar un área efectuando un scaneo para hallar datos topográficos. Dicha tecnología emplea rayos de luz para detectar y trazar mapas. Además, estos drones cartográficos disponen de una recopilación de datos rápida, una gran precisión, y un alto nivel de seguridad para la persona que lo opera. Sin olvidar que – al volar cerca del suelo – la resolución de imagen es mucho mejor.

Estas soluciones demandan menos tiempo de mapeo, menos personas y menos equipos/maquinarias. Incluso algunos drones poseen software de planificación de vuelos, con el fin de que el desplazamiento sea aún más eficiente.

Una vez que contamos con la información, la misma puede ser subida a la nube, a fin de que quede disponible para su análisis. El mapeo GIS (Geographic Information System) contribuye a la creación de mapas digitales derivados de los datos obtenidos. Con esta herramienta, las empresas de construcción pueden crear modelos 3D, modelos digitales de elevación (DEM) y nubes de puntos 3D, entre otros. Algunas de las aplicaciones de mapeo de drones son:

- Mapeo digital 3D
- Waypoints GPS autónomos
- Inspecciones de alta resolución 4K
- La planificación del sitio
- Inspecciones térmicas

### Protección de fuerza laboral

Una parte de los accidentes que ocurren en una construcción, suceden porque los trabajadores corren un peligro evitable. En estas situaciones, los drones pueden inspeccionar minuciosamente el lugar de trabajo desde la altura, con lo cual, se prescinde de la necesidad de que el personal corra riesgos subiendo grandes altitudes a fines de reconocer el lugar.

Por otro lado, las imágenes termográficas que suministran los drones, pueden brindar información sobre infiltraciones de agua en techos, como así también, descripciones de fugas, moho y zonas podridas.

Con toda esta información, las empresas pueden gestionar planes puntuales de reparación del sitio, minimizando las situaciones de peligro para los trabajadores.

### Gestión de la construcción

Los líderes de proyecto pueden utilizar la información derivada de drones, para tomar decisiones rápidamente sobre la productividad del equipo y los recursos, ya que estos vehículos simplifican el seguimiento de personas, materiales, equipos, etc. Con estos datos, es más sencillo modificar en tiempo real las estimaciones efectuadas y adecuar los planes, con el objetivo de mantener el normal desenvolvimiento del proyecto.

El hecho de que la información pueda ser subida a la nube, permite que los contratistas que requieren administrar varios proyectos de manera paralela, puedan acceder a todos los datos del sitio de manera remota, evitando incluso, reiterados viajes entre los lugares de construcción.

En otras palabras, los drones resuelven los posibles inconvenientes en el intercambio de información y de comunicación, dado que amplía su acceso a todos aquellos miembros del equipo que precisan contar con los datos recabados.

### Relación con clientes

El uso de drones también trae beneficios a otra de las partes del proyecto: los clientes. Una función interesante es la de tomar fotos del sitio de construcción, para brindar una actualización en tiempo real a los clientes y a las partes interesadas. De esta forma, desde una oficina y de manera remota, se puede llevar a cabo un control del lugar de trabajo.

También colaboran con las herramientas de marketing de la empresa de construcción. Para incorporar nuevos clientes, es muy importante contar con una cartera de imágenes/videos de obras anteriores o en curso, que permitan ejemplificar el modo de trabajo.

## **2.6 Seguridad en la construcción**

El riesgo de fatalidad en el sector de la construcción es mucho mayor que en otras áreas. Según datos publicados por OSHA (Occupational Safety and Health Administration) para el año 2018, de las 4779 muertes de trabajadores en el sector privado, el 21,1% correspondieron a la construcción. Las causas principales de más de la mitad de ese porcentaje (sin tomar en cuenta los choques en ruta) se repartieron de la siguiente manera:

Caídas: 33,5%

Golpes por objeto: 11,1%

Electrocución: 8,5%

Atrapado/entre: 5,5%

Frente a este panorama, existen empresas que se encuentran desarrollando algoritmos para analizar fotos de los sitios de trabajo, escaneando los mismos en busca de posibles peligros para la seguridad, efectuando paralelamente, una correlación de las imágenes obtenidas con los registros de accidente que posee.

Con lo cual, la IA serviría no sólo como mecanismo de detección de accidentes, sino que, además, con la información que provee se podría capacitar/informar a los trabajadores sobre las amenazas detectadas.

De todas maneras, mediante Internet de las cosas (Iot) se están automatizando los lugares de trabajo para volverlos más seguros. A través de sensores, por ejemplo, se puede contar con la ubicación de los trabajadores y enviar alertas si alguno de ellos sufre un incidente.

## **2.7 Construcción acelerada fuera de sitio**

Otra modalidad que está cobrando importancia, es la del ensamble de elementos fuera del sitio de construcción. Esto significa que las empresas derivan parte de su construcción a organizaciones externas que utilizan maquinarias autónomas para que se encarguen de ensamblar los componentes que luego serán utilizados por las personas en el lugar de construcción. Para ejemplificar, podemos mencionar las estructuras como las paredes, las cuales se pueden confeccionar más eficientemente por máquinas, dejando los detalles - tales como plomería - para los trabajadores

### **Impresión 3D inteligente**

Mediante la inteligencia artificial y la robótica, las empresas pueden llevar a cabo la construcción de una vivienda en muy poco tiempo.

Los procesos industriales de construcción consumen una gran cantidad de energía, lo que también repercute en el medio ambiente, a través de la emisión de gases contaminantes. Por tal motivo, la impresión 3D inteligente –que usualmente se emplea en la construcción de piezas industriales para autos – va afianzando su lugar en la arquitectura, a través del uso de nueva tecnología de fabricación y montaje, con el objetivo de optimizar y agilizar los procesos constructivos.

Una de las ventajas derivadas de la aplicación de esta tecnología, es el descenso de las lesiones del personal en obra, por ejemplo, cuando manipulan el hormigón. En cuanto a la durabilidad, la impresión inteligente contribuye a la solidez de los elementos estructurales, debido a cómo se fabrican los materiales y cómo se ensamblan. Al contar con edificios más perdurables, habrá menos reparaciones, lo que significa un menor gasto para las empresas.

Por otro lado, se reducen costos asociados a materiales, debido a que las impresoras emplean la cantidad precisa de concreto para efectuar una determinada construcción. Además, estas máquinas son mucho más veloces que las técnicas de desarrollo convencionales. Mientras un proyecto puede demorar meses en completarse, la impresora 3D lo puede realizar en horas o días.

Esto redundará en proyectos finalizados más rápido, con la posibilidad de abarcar una mayor cantidad de ellos en menos tiempo.

A continuación, se presentará un ejemplo de aplicación de esta tecnología (que fue utilizada en China para construir diez casas en 24 horas): el sistema de impresión 3D, de construcción por contornos.

La Construcción por contornos – o Contour Crafting - es una tecnología de construcción en 3D que disminuye el uso de energía y las emisiones, proceso que fabrica rápidamente piezas estructurales de gran tamaño. La tecnología está compuesta por un sistema de brazos robóticos y boquillas de extrusión inyectoras de cemento, todo controlado digitalmente. Este proceso puede llevarse a cabo de dos maneras:

- A) Fabricación en obra: se instala toda la infraestructura en el sitio de trabajo para que luego, la impresora extienda su mecanismo de vertido. La inyección de cemento viaja por toda la estructura, capa por capa, de acuerdo al diseño pautado en el programa de control digital. Según el creador de este sistema (Behrokh Khoshnevis), con esta tecnología es viable la fabricación de la estructura completa de una casa de 185 m<sup>2</sup> en menos de 20 horas.

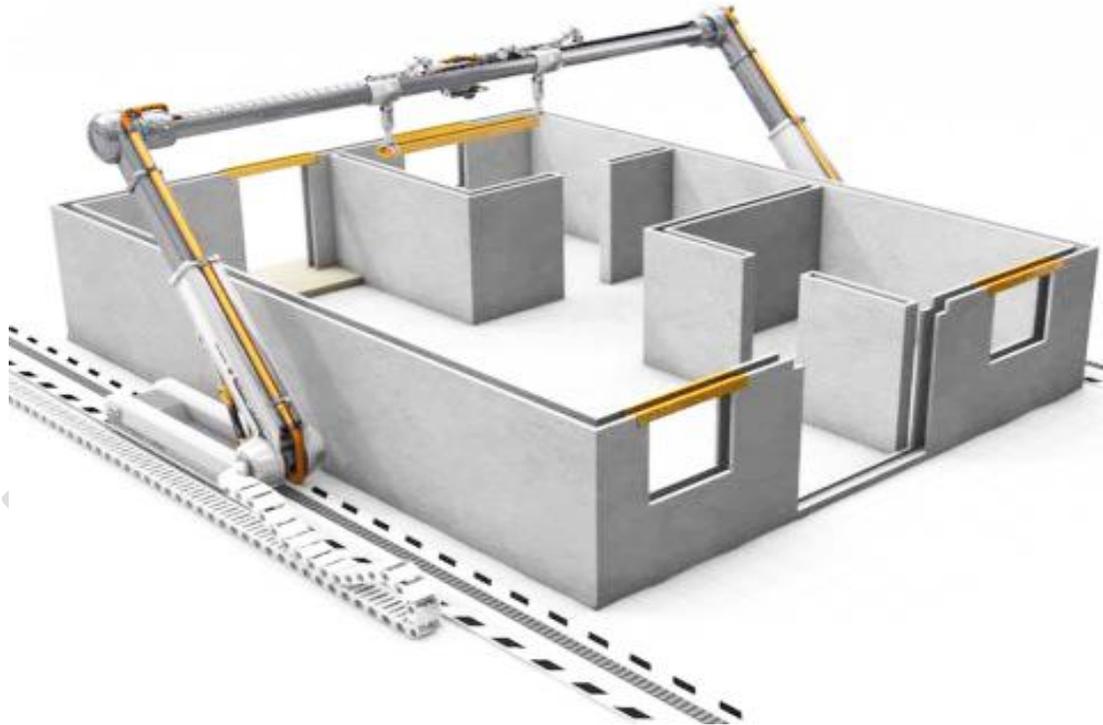


Imagen 4. Sistema de impresión 3D - Construcción por contornos.

Fuente: [www.plataformaarquitectura.cl](http://www.plataformaarquitectura.cl)

B) Producción en fábrica con posterior traslado a obra: este segundo sistema fue desarrollado por la empresa WinSun new materials, quienes afirmaron que levantaron 10 casas en sólo 24 horas. La fábrica posee una impresora de 32 metros de largo, 10 metros de ancho y 6,6 metros de alto; que imprime todos los componentes de la estructura, que luego son trasladados al sitio de construcción para su montaje. Se cree que esta tecnología es más efectiva ya que las piezas se fabrican en un mismo proceso, con menos costo energético; en lugar de llevar a cabo numerosas operaciones en la obra.



Imagen 5. Bloques de paredes fabricadas por construcción por contornos  
Fuente: [www.plataformaarquitectura.cl](http://www.plataformaarquitectura.cl)



Imagen 6. Porción de pieza fabricada por construcción por contornos  
Fuente: [www.plataformaarquitectura.cl](http://www.plataformaarquitectura.cl)

Los beneficios de este tipo de tecnología están dados por el reemplazo de funciones llevadas a cabo manualmente, por la utilización de herramientas automatizadas y de robótica. A grandes rasgos, podemos mencionar ventajas tales como: el acabado de las superficies y la velocidad de fabricación, menos materiales (no requiere de encofrados) y menos desechos; menor consumo de energía y menos cantidad de mano de obra, entre otras.

Para más información sobre esta tecnología: <https://www.contourcrafting.com/>

Videos explicativos:

[https://www.youtube.com/watch?v=M\\_LLSsNnHn8&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=M_LLSsNnHn8&feature=youtu.be)

<https://www.youtube.com/watch?v=-yv-IWdSdns&feature=youtu.be>

Edificio impreso en 3D en Dubai: <https://www.smartcitylab.com/blog/es/transformacion-digital/edificio-impreso-3d-mas-grande-mundo/>

## Casas modulares

Los edificios modulares se sustentan en una combinación de tecnologías modernas de construcción, tales como el uso de paneles, cimientos de hormigón prefabricados, telares de cableados preformados, etc.

Estos “métodos modernos de construcción” (MMC) ya son utilizados en Europa, para levantar casas en formato modular que se pueden transportar en camiones. Este proceso acelera la construcción, permitiendo que las casas sean acabadas en días, en lugar de meses; y a un costo menor. Estas casas se instalan ya equipadas con cocina y baño, con un sistema de iluminación cimentado a través de un cableado de energía modular con controles inalámbricos, que resulta menos costoso que el sistema tradicional de cableado. Los sensores inalámbricos de recolección de energía, los interruptores y los controles, se pueden ubicar en cualquier espacio de la construcción, ya que no requieren mantenimiento, puesto que estos últimos se alimentan solamente del entorno que los rodea, sin necesidad del recambio de baterías, por ejemplo.

Estas nuevas técnicas de construcción brindan la posibilidad de levantar distintos tipos de casas, según requerimientos del cliente. A diferencia de las casas prefabricadas, otorgan acabados externos adecuados a los deseos del cliente.



Imagen 7. Construcción de viviendas pré-fabricadas  
Fuente: [www.theguardian.com](http://www.theguardian.com)

La automatización permite, además, controlar los niveles de luz y color de la casa, manejar los sistemas de sonido y el oscurecimiento de ventanas. Una aplicación común en los hogares inteligentes, es un interruptor que apague o encienda todo, por ejemplo, para cuando se sale de la casa. La variedad de componentes es amplia: pueden aplicarse sensores de CO<sub>2</sub>, y sensores cinéticos para detección de inundaciones, manejo inalámbrico de termostatos, etc.

Dado que todos estos sensores pueden recabar datos del hogar, sería útil analizar la información - derivada de IoT - mediante AI para rastrear patrones de ocupación y actividades en la casa modular. El consumo de energía es clave en este sentido, con lo cual, a través de AI, se puede obtener datos que colaboren a reducir su consumo.

Se cree que, a futuro, la conjunción de IoT e IA puede favorecer aún más la toma de decisiones acerca de la construcción y organización de la vivienda, propiciando la transición hacia la construcción de viviendas cognitivas. Los elementos fundamentales de una estructura cognitiva incluyen conexiones inteligentes seguros con familiares, médicos, cuidadores, etc., todas personas involucradas al cuidado de los residentes. Así, ciertas condiciones médicas tales como la demencia, podrían abordarse desde tecnologías de "pérdida sensorial", basadas en el estudio de patrones de actividad y comportamiento. Por otro lado, los sensores ayudarían a prevenir accidentes en el hogar como, por ejemplo, cocinas encendidas.

Con este estilo de tecnología, las casas modulares se diseñarán según requisitos de los futuros residentes, mejorando categóricamente su nivel de vida en ellas.

## **2.8 Manipulación y automatización de grandes cantidades de datos**

Existe una enorme cantidad de datos que la IA puede manejar, tales como las imágenes, los videos de drones, sensores de seguridad, etc. Esto representa un beneficio para los profesionales de la construcción, debido a la información que pueden reunir y las conclusiones que pueden obtener mediante el uso de IA.

Los datos, son una herramienta clave a la hora de la toma de decisiones, con lo cual, los errores humanos pueden acarrear resultados no deseados, y el hecho de rectificar también manualmente estos datos, no resulta muy eficiente. A fin de eliminar posibles fallas, se podría automatizar el proceso de entrada manual de datos, y, por consiguiente, los flujos de trabajo derivados del mismo.



Imagen 8. <http://institutotec.com.ar/web2/tag/automatizacion/>

El sector de la construcción no se encuentra ajeno a esta situación, motivo por el cual, debe poner énfasis en una eficiente captura, administración, y análisis de datos. Algunos puntos focales asociados al manejo de datos, podrían ser:

- a) Recopilación de datos: emplear la tecnología para reunir datos precisos, actualizados y relevantes para la toma de decisiones. Los mismos pueden ser numéricos o visuales, como, por ejemplo, fotos y videos referentes a la evolución del proyecto.
- b) Información accesible: los datos que pudieran obtenerse, deben ser accesibles para el personal de la organización. Esto implica que se deben arbitrar los medios necesarios para que la información de la construcción esté disponible para todas aquellas personas que la precisen, en cualquier momento y lugar. A su vez, los datos deben ser comprensibles, ya que cualquier imprecisión desembocará en un posible conflicto en la ejecución de la obra, con lo cual, el personal debería contar con los conocimientos necesarios a fin de poder ingresar a las plataformas de información y hacer uso de la misma.
- c) Estandarización de datos: es muy importante contar con un solo plan para el proyecto, para que todos los implicados puedan efectuar su parte sin inconvenientes. Caso contrario, pueden surgir complicaciones en la ejecución. Para ello, se debe contar con la misma información, mismas métricas, mismos planes, entre otras cosas.
- d) Una sola fuente: es menester que la información que se recopile y procese, se vuelque en una única fuente, en lugar de guardarse por separado en distintos lugares. Esto implica una mejor organización, dando como resultado una mayor accesibilidad y disponibilidad a los datos.
- e) Análisis de datos: los datos recopilados en su estado original, muchas veces no son útiles en la toma de decisiones, con lo cual, deben pasar por el tamiz del análisis para su mejor provecho. A través de este proceso, puede surgir información mucho más productiva, que permita elaborar distintas estrategias.
- f) Gestión de riesgos: la información derivada de una correcta toma de datos, puede ser analizada y aplicada a la confección de planes para mitigar los riesgos en la construcción, optimizando el desarrollo de proyecto.

EN PROCESO DE DISEÑO

### 3 - Casos de Transformación digital en el Sector

En este apartado se desarrollarán 4 casos, analizados en informe de McKinsey<sup>1</sup>, acerca de cómo las empresas en el mundo están llevando adelante la transformación digital descrita en la sección anterior.

#### **3.1 Caso 1: Royal Boskalis Westminster**

*Especialización:* Las empresas ya han comenzado a especializarse en segmentos de usuarios finales, y se espera que este cambio cobre más fuerza a medida que los procesos de construcción se estandaricen y la industria adopte un enfoque cada vez más basado en productos.

Por ejemplo, en el sector de la construcción marítima, los principales actores son contratistas altamente especializados como Royal Boskalis Westminster, que a lo largo de los años se ha convertido en uno de los líderes mundiales en dragado, recuperación de tierras y construcción de energía marina.

A lo largo de los años, la empresa realizó adquisiciones estratégicas tanto de empresas de dragado como de proveedores de servicios marinos para mantener posiciones de liderazgo en mercados específicos, así como para expandir su flota para una implementación óptima en todos los proyectos. La inversión en I + D ha sido esencial para Boskalis como una forma de aumentar tanto la eficiencia como la eficacia de las operaciones. La empresa cuenta con un equipo de investigación interno dedicado y con instalaciones de prueba, y también colabora con empresas similares y el mundo académico.

#### **3.2 Caso 2: Kattera**

*Control e integración de la cadena de valor con cadenas de suministro de grado industrial.* Algunas empresas ya están tratando de controlar una parte más grande de la cadena de valor, particularmente aquellos que actualmente se están moviendo para adoptar un enfoque de construcción basado en productos.

Por ejemplo, Kattera utilizó nueva tecnología para producir y controlar la cadena de valor, incluido el diseño, la ingeniería y la fabricación fuera del sitio.

Aprovechando la tecnología, la empresa integra actividades en todo el proceso de construcción, incluido el diseño y la ingeniería, el suministro de componentes y la fabricación fuera del sitio. Una plataforma digital integrada de extremo a extremo diseñada y desarrollada por Kattera sirve como columna vertebral desde el inicio del proyecto hasta la entrega. Como resultado, las fábricas de

---

<sup>1</sup> McKinsey & Company, "The next normal in construction", Junio 2020.

componentes modulares de Katterra pueden trabajar en conjunto con las fábricas automatizadas de hormigón prefabricado de la empresa.

Sitio web: <https://www.katterra.com/>

### **3.3 Caso 3: HBReavis**

*Foco en el cliente.* Si bien es probable que un mayor enfoque en los clientes y la marca gane escala después del cambio a un enfoque basado en productos, las empresas ya están intensificando su enfoque en el cliente. Las que han incorporado la voz del cliente en el diseño de sus productos han experimentado un aumento en las tasas de ocupación y satisfacción. Por ejemplo, el desarrollador de oficinas europeo HBReavis desarrolló un enfoque centrado en el cliente y de marca para sus proyectos de construcción.

El mercado de oficinas ha evolucionado drásticamente durante la última década. Los avances tecnológicos aceleraron los cambios en los patrones de trabajo de los empleados, lo que llevó a las organizaciones a buscar una mayor flexibilidad en sus arreglos de espacio de oficina. El desarrollador europeo de oficinas inmobiliarias HBReavis buscó aprovechar esta oportunidad adoptando un enfoque centrado en las personas para el diseño y la construcción de soluciones flexibles para espacios de trabajo. La empresa utilizó el pensamiento de diseño, la investigación etnográfica y la creación de prototipos de video para identificar las características y comodidades más importantes para los trabajadores. Este proceso produjo informes de diseño detallados que guiaron el desarrollo y la construcción del proyecto.

### **3.4 Caso 4: Bechtel**

Las empresas han comenzado a implementar actividades de recursos humanos más sólidas destinadas a atraer y retener empleados. El 75 % de los actores de la ingeniería y la construcción en los Estados Unidos han realizado cambios en los programas de capacitación y desarrollo en los últimos dos años, para permitir una mejor capacitación de los empleados y garantizar el aprendizaje continuo de su fuerza laboral.

Bechtel, una empresa líder en ingeniería, construcción y gestión de proyectos, con sede en EE. UU., se centra en servir tanto a las industrias como al gobierno. Como parte del programa de desarrollo y aprendizaje virtual interno de la empresa, la Universidad de Bechtel ofrece más de 1,000 cursos en línea y dirigidos por instructores sobre liderazgo, desarrollo profesional, habilidades técnicas, sostenibilidad, idiomas, seguridad y ética.

## 4 - Smart Construction en Argentina

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Argentina, llevó a cabo un “Manual de Vivienda Sustentable” en el que se especifican los lineamientos y la documentación técnica para la construcción y uso sustentable de barrios y viviendas a construir, en el marco del Plan Nacional de Vivienda.

El Manual también está dirigido a aquellos profesionales del ámbito privado que pretendan incorporar el desarrollo sustentable en sus proyectos.



Imagen 8. Manual de Vivienda Sustentable.

Fuente: [www.argentina.gob.ar](http://www.argentina.gob.ar)

Este manual desarrolla las particularidades de diseño, construcción y uso sustentable de barrios y viviendas, haciendo foco en las siguientes etapas:

- A) Sitio de construcción: definición del espacio en el que se ejecutará el proyecto, teniendo en consideración las características del terreno y el marco urbanístico, las condiciones ambientales e infraestructura y servicios, entre otros.



Grafico 4. Factores intervinientes en la etapa de elección de sitio.  
Fuente: Manual de Vivienda Sustentable

- B) Diseño: equipo de especialistas trabajando en la definición de los objetivos de sustentabilidad – tales como aislamiento térmica, renovación de aire y confort acústico -, como parte del diseño integral del proyecto.

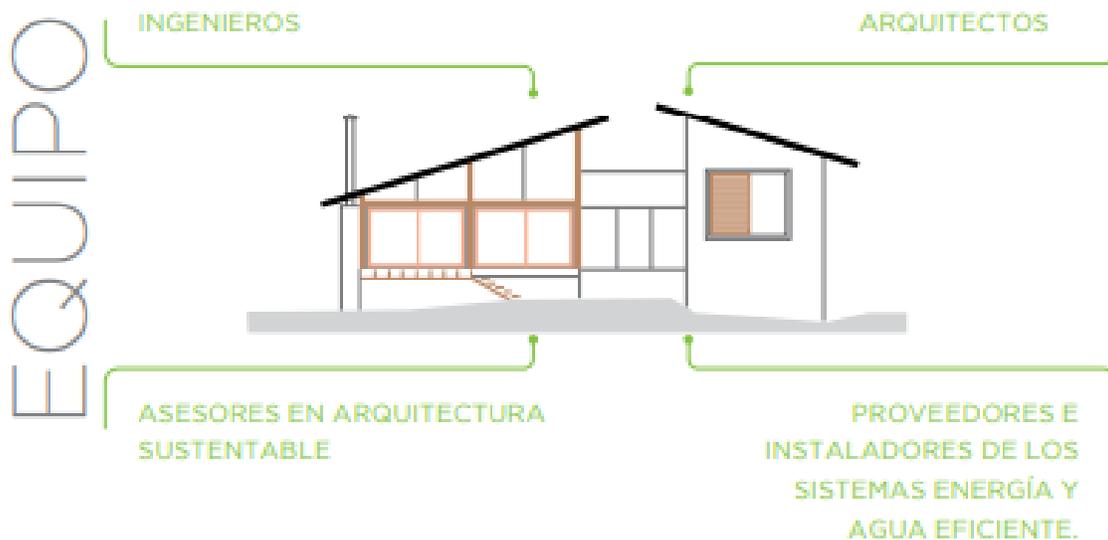


Grafico 5. Conjunción de especialistas en etapa de diseño  
Fuente: Manual de Vivienda Sustentable

- C) Energía: La elaboración e implementación de un plan energético (iluminación, refrigeración y calefacción, entre otros), contribuye a reducir la demanda de energía, asegurando el nivel de confort; todo esto teniendo en cuenta las condiciones climáticas del entorno para poder determinar las estrategias de diseño.

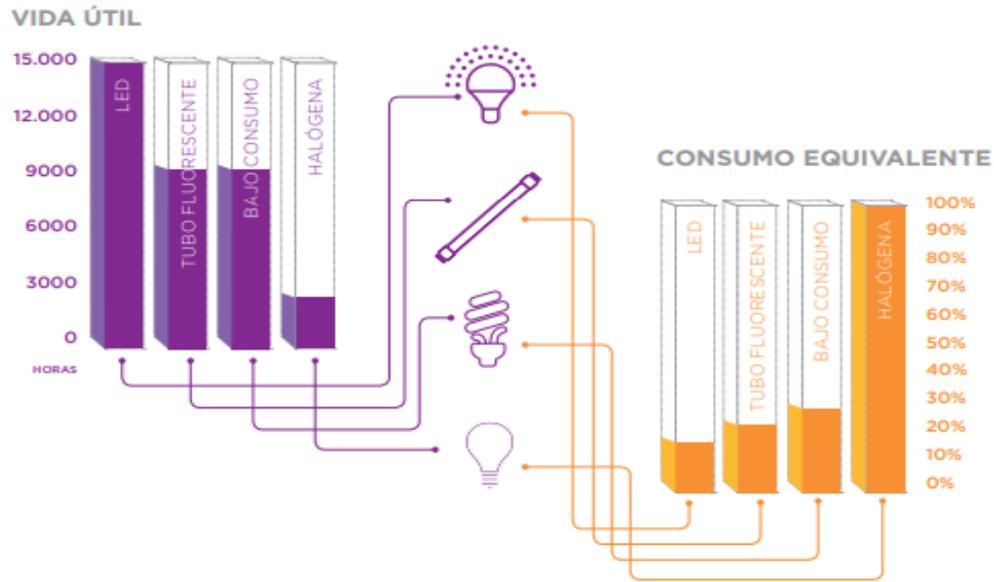


Gráfico 6. Eficiencia de artefactos de iluminación  
Fuente: Manual de Vivienda Sustentable

- D) Agua: con el fin de proteger este recurso tan importante, se requiere de un plan que permita examinar todas las posibilidades para reducir el consumo de agua potable y promover el uso responsable por parte de los usuarios, manteniendo el nivel de confort.

**CONSUMO DE AGUA DOMÉSTICO DIARIO POR PERSONA EN DISTINTOS PAÍSES\***

Dotación por país	Litros por persona / día
Estados Unidos	575
Australia	495
Italia	385
Japón	375
México	365
Francia	285
Alemania	193
Brasil	185
Perú	175
Reino Unido	150
China	85
Nigeria	35
Recomendado por la ONU - 110 l/día	

Tabla 2. Comparación de consumo de agua doméstico.  
Fuente: Manual de Vivienda Sustentable

**Observación:** en Argentina, el consumo doméstico de agua es en promedio de 318 litros por habitante por día. Esto significa un 83% más que la media latinoamericana y 6,3 veces más que los estándares fijados por la OMS.

- E) **Agricultura urbana:** posibilidad de un sistema de agricultura a pequeña escala que pueda llevarse a cabo en techos, paredes, balcones y terrazas de las construcciones, como así también en el espacio público. De utilidad además para la obtención de alimentos.

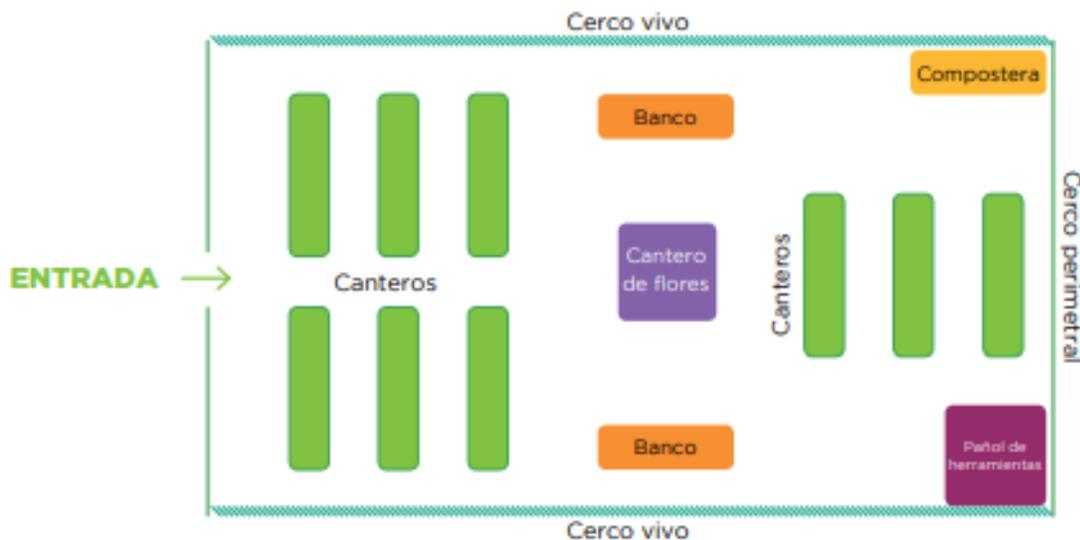


Grafico 7. Prototipo de huerta urbana  
Fuente: Manual de Vivienda Sustentable

- F) **Construcción:** una construcción sustentable debe contar con un Plan de Manejo Ambiental (PMA).



Grafico 8. Aspectos de Plan de Manejo Ambiental  
Fuente: Manual de Vivienda Sustentable

De manera resumida, el PMA debe:

- Contener las medidas de prevención, mitigación o compensación para las actividades que se desprenden del proceso constructivo;
- Detallar las actividades que se desarrollarán, con sus respectivos plazos, responsables, indicadores de seguimiento, costos, etc.; todo esto para cada programa;
- Contar con un cronograma para cada componente asociado con el avance de obra, que sea de utilidad para efectuar un seguimiento de su implementación y de posibles desvíos;
- Servir como herramienta para asegurar la adecuada gestión ambiental, de acuerdo a los impactos identificados y las medidas para abordarlos.
- Incluir los contenidos mínimos que debe atender el operador de obra.

A su vez, se distinguen los siguientes objetivos:

- ✓ Diseñar procedimientos que aseguren la eficiencia, el ahorro energético y el uso racional de los recursos naturales a utilizar en la obra.
- ✓ Promover la reutilización de materiales y productos.
- ✓ Identificar los residuos generados, clasificarlos según su origen, verificar la adecuada manipulación y gestionar su disposición final más apropiada.
- ✓ Reducir el uso de materiales tóxicos y peligrosos.
- ✓ Tener en cuenta a la población circundante evitando ocasionar impactos al entorno y ruidos molestos.
- ✓ Asegurar la protección de la vida y salud de los trabajadores y pobladores locales.

Si bien todas las fases del plan son susceptibles de ser abordadas con IA, es puntualmente la de la construcción la que posee mayor potencial. Al analizar los objetivos descritos, notamos que la IA puede optimizar todos los procesos, debido a que lo que plantea este programa es la innovación

permanente y la promoción de nuevas tecnologías que mejoren los distintos aspectos de la construcción.

De un modo más particular, abordamos distintos ejemplos de aplicación de IA a cada objetivo del PMA desarrollado en el Manual de Vivienda Sustentable.

<b>Objetivo</b>	<b>Posible intervención de IA</b>
Procedimientos que aseguren la eficiencia, el ahorro energético y el uso racional de los recursos naturales	A través de BIM se integran los diferentes planos del edificio, incluyendo la información estructural, arquitectónica y de instalaciones.
Promover la reutilización de materiales y productos.	Gracias a IA se pueden separar los materiales presentes en los escombros en la construcción (1). El vidrio, los azulejos, los ladrillos y la madera pueden reciclarse y ser utilizados para la construcción. Otro ejemplo: tejas fabricadas con cemento y arena reciclada.
Identificar los residuos generados, clasificarlos según su origen, verificar la adecuada manipulación, etc.	Gestión de residuos, por ejemplo, a través de una aplicación en el teléfono. En unos minutos, el programa informa los pedidos directamente a los conductores cercanos de las empresas regionales de eliminación de residuos. (2)
Reducir el uso de materiales tóxicos y peligrosos.	Sistema que compile detalle de la composición de cada componente con sus posibles reemplazos o recomendaciones.
Tener en cuenta a la población circundante evitando ocasionar impactos al entorno y ruidos molestos	Sistema de análisis de texto (3) - que combine IA con técnicas de análisis de lenguaje - capaz de detectar quejas sobre contaminación acústica y clasificarlas según su origen. Además, permite predecir la aparición de un evento ruidoso molesto, lo que puede ayudar a los equipos a diseñar intervenciones tempranas para evitar molestias a los ciudadanos. Metodología aplicable a la detección de problemas de cualquier otra índole.

Asegurar la protección de la vida y salud de los trabajadores y pobladores locales	Con IA se puede llevar a cabo una monitorización y evaluación continua (sensores, drones, etc) del espacio de construcción, y así, evitar o mitigar los posibles riesgos.
--	---

Tabla 3. Aplicación de Inteligencia Artificial a los objetivos del PMA en la construcción.

Fuente: elaboración propia

**Notas:**

*(1): El sector de robótica de la empresa STAM SRL, diseñó un innovador sistema de clasificación robotizada equipado con sensores avanzados que se concentran en separar de los desechos de la construcción, aquellos materiales que considera imprescindibles para utilizar: azulejos, ladrillos y vidrio. Para más información:*

*<https://www.youtube.com/watch?v=6dE1RQQe8FY&feature=youtu.be>*

*(2): ya existe una app austríaca: Wastebox.biz*

*(3): como el creado por la Universidad Politécnica de Madrid*

**4.1 Caso Globant**

Globant comenzó la construcción de su edificio inteligente en el Polo tecnológico de Tandil, una obra que llevará 18 meses de ejecución, con una inversión estimada en 9 millones de dólares.

La estructura tendrá 4.700 m<sup>2</sup>, y contará con máxima certificación a nivel mundial para edificios sustentables. El proyecto apunta a la creación de "un diseño sustentable, que interprete el clima y que optimice los recursos naturales y los sistemas de la edificación, con el fin de minimizar el impacto ambiental de los edificios sobre el medio ambiente y sus habitantes".

El edificio utilizará tecnología High Tech y materiales simples de bajo mantenimiento.



Imagen 10. Vista externa del edificio inteligente de Globant  
Fuente: [www.plataformaarquitectura.cl](http://www.plataformaarquitectura.cl)

La fachada transparente del edificio permite visualizar distintas las áreas comunes que presentará, tales como espacios verdes, invernaderos, etc.

La transparencia de la fachada también juega un papel importante en la comunicación edificio-comunidad, demostrando variedad de usos y funciones como expansiones,

Cada nivel del edificio cuenta con un núcleo, espacios abiertos de trabajo, anillo de programas complementarios (donde se ubican los baños, Coffee Break, de reunión, terrazas vegetadas, escalera de incendio y de recorrido, entre otros), y un sistema de parasoles.

Una de las partes fundamentales del edificio es el núcleo o Core, el cual posee variadas funciones. Se trata de un espacio de 3x3 metros, en el cual se conduce aire de geotermia y otras instalaciones. En una de sus caras se encuentra el acceso a la sala de servidores, la segunda posee un pre-clasificador de residuos (con sus instructivos de uso). La tercera cara posee indicadores digitales para poder valorar la cantidad de energía generada con los sistemas alternativos, como así también las cantidades ahorradas. Y la última cara está destinada a lograr un espacio de encuentro, con pizarras interactivas de cronogramas, informes corporativos, etc.



## NÚCLEO \_ CORE

Pre Clasificador Residuos - Indicador Energético

Servers - Pizarra Organizadora

Grafico 9. Esquemático del Core

El edificio también cuenta con una red de parasoles, los cuales poseen cuatro configuraciones posibles que varían su ritmo e inclinación.

También yacen otros sistemas que captan la energía solar, dando como resultado un ahorro energético importante. Los paneles fotovoltaicos acumulan la energía en baterías, transformándola en electricidad usada en los servers, computadoras e iluminación, entre otros. Asimismo, los precalentadores de agua ahorran miles de metros cúbicos de gas por año para usos sanitarios. Los invernaderos también influyen, brindando calor en las épocas frías, y funcionando como filtro solar en el verano.

En lo referente a la calidad del aire, la ventilación genera un gran confort a baja energía. Asimismo, el calor del ambiente es aprovechado para aumentar aún más el ahorro energético. En este punto, la utilización de un sistema de captación geotérmica de extracción y reinyección abierta, es esencial para disminuir los requerimientos de acondicionamiento.

Como vemos, se trata de una obra de gran envergadura que toma en consideración el uso adecuado de los recursos.

### 4.2 Caso Coca Cola

Otra empresa que incursionó en la construcción inteligente, una inversión de 50 millones de USD, fue Coca Cola. En el 2018 inauguró en Saavedra, su nuevo edificio, una construcción innovadora que recibió la certificación LEED Platinum (Leadership in Energy & Environmental Design): la máxima distinción a nivel mundial para edificios sustentables, convirtiéndose en el primer proyecto en certificar con un puntaje tan alto en Argentina: 91 de 100 puntos.



Imagen11. Edificio inteligente de Coca Cola  
Fuente: innovarsustentabilidad.com

La estructura – que posee 15.000 m<sup>2</sup> y 14 pisos - cuenta con los más altos estándares en lo concerniente a eficiencia energética, lumínica e hídrica: uso de energías renovables, sensores de presencia y de luz natural, sistemas automatizados de cortinas y terrazas verdes, entre otras características. Los paneles solares también colaboran con la eficiencia energética del edificio. Asimismo, y fin de reutilizar el agua, el espacio con vegetación permite la absorción de buena parte del agua de lluvia, la cual es derivada a un tanque de aguas grises donde se filtra para volver al edificio para uso de sanitarios, riego y torres de enfriamiento.



Imagen 12. Sistema de recolección de agua de lluvia  
Fuente: innovarsustentabilidad.com

Con este sistema, la edificación evita trasladar a la red pluvial de la Ciudad, toda el agua de lluvia que recolecta y reutiliza.

De esta manera, podemos agregar otro ejemplo de construcción inteligente y sustentable en Argentina. Para mayor información, se puede consultar la Certificación LEED con el detalle de empresas con dicha mención.

EN PROCESO DE DISEÑO

EN PROCESO DE DISEÑO

## 5 - Conclusión

Se denomina Smart Construction o “construcción eficiente” al diseño, la construcción y la operación de activos, llevados a cabo a través de asociaciones colaborativas que efectúan un uso completo de las tecnologías digitales y las técnicas de fabricación industrializadas. Con el objetivo de mejorar la productividad (empresa), mejorar la sostenibilidad (sociedad) y maximizar los beneficios de los usuarios (cliente). No sólo se trata del anteproyecto y construcción, sino también del post: cómo pueden obtener los usuarios una vivienda, edificación accesible y cómo pueden obtener el máximo nivel de confort en ellas.

Como se vio a lo largo de este informe, el sector de la construcción necesita un cambio para pasar de un ecosistema altamente complejo, fragmentado y orientado al proyecto hacia uno estandarizado, consolidado y con foco en el producto. Esa transformación digital es Smart Construction.

La tabla 4 es un resumen de las características de las necesidades de cambio y como las irrupciones emergentes conforman la dinámica futura de la industria. En este sentido, se listan 9 aspectos en los cuales que se desarrollaron a lo largo del trabajo.

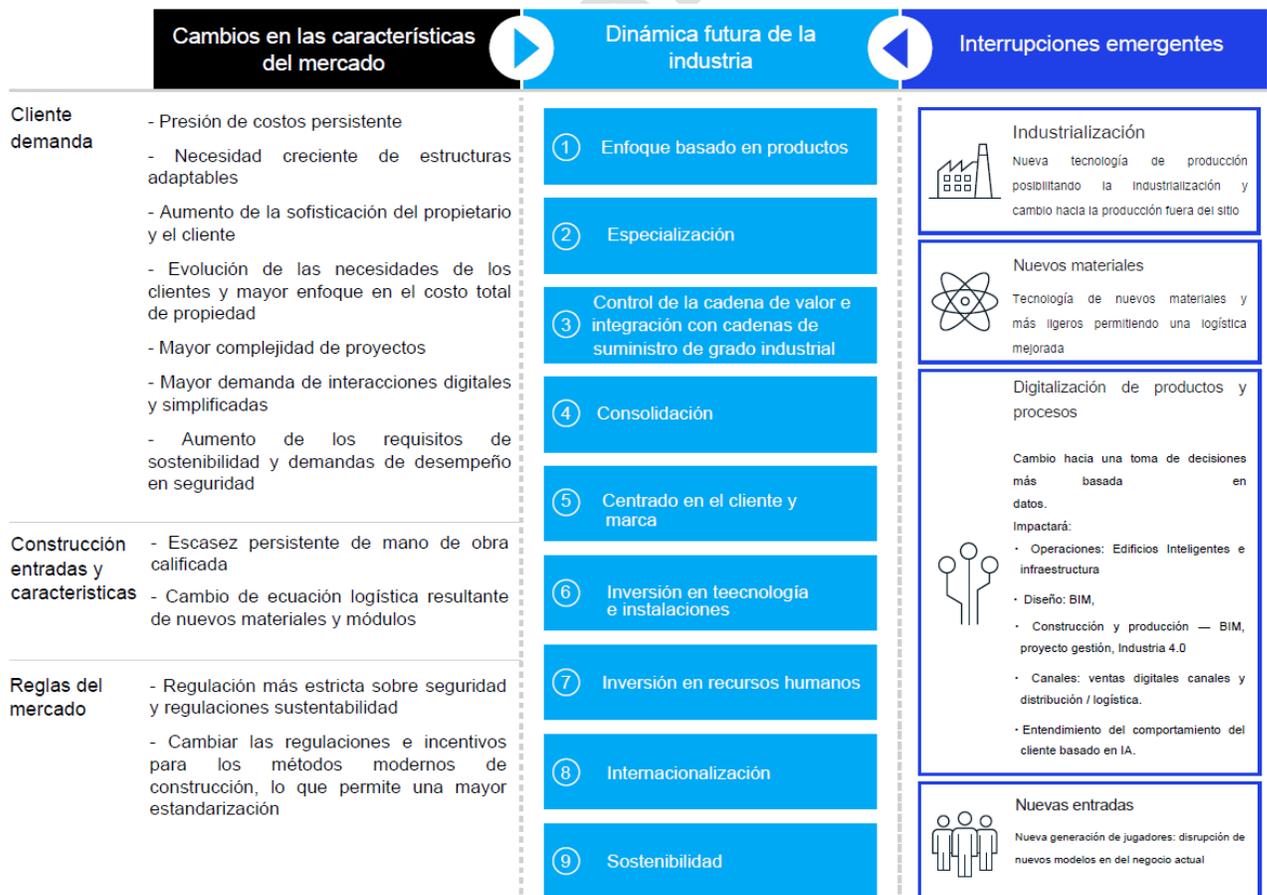


Tabla 4. Características de las necesidades de cambio.

La inteligencia Artificial juega un papel central en el desarrollo de las aplicaciones que son necesarias para esta transformación. Al digitalizar el proceso, los datos pueden ser transformados para obtener de ellos información útil en post de mejorar la eficiencia del sector. En esta línea se desarrollaron distintas aplicaciones en el ámbito de Smart Construction:

- Mantenimiento predictivo
- Diseño y optimización del proyecto
- Mitigación de riesgos
- Mayor productividad en sitio
- Seguridad en la construcción
- Construcción acelerada fuera de sitio
- Manipulación y automatización de grandes cantidades de datos

Como reflexión final, en respuesta a la transformación de la industria que se detalla a lo largo de este informe, las empresas deberán reinventarse, redefinir sus estrategias y modelos operativos y comerciales.

EN PROCESO DE DISEÑO

## 6 –Bibliografía

“Indicadores de coyuntura de la actividad de la construcción”; Instituto Nacional de Estadística y Censos, agosto 2020.

<https://www.ccifa.com.ar/es/noticias/n/news/la-industria-de-la-construccion-en-la-argentina-situacion-y-perspectivas.html>

“Smart Construction, a Guide for Housing Clientes”; Construction Leadership Council; 2018.

[https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Smart\\_construction](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Smart_construction)

[https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Artificial\\_intelligence](https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Artificial_intelligence)

<https://www.gbreuer.com.ar/index.php/2020/01/02/inteligencia-artificial-en-argentina/>

<http://www.invonto.com/insights/drones-in-construction-commercial-projects/>

<https://constructible.trimble.com/construction-industry/the-benefits-of-ai-in-construction>

<https://www.osha.gov/data/commonstats#:~:text=The%20leading%20causes%20of%20private,deaths%20in%202018%2C%20BLS%20reports.>

<https://www.pagina12.com.ar/262869-una-apuesta-a-la-inteligencia-artificial>

<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/desarrollo-sostenible/vivienda/manual>

<https://www.upm.es/UPM/SalaPrensa/NoticiasPortada/Contenido?fmt=detail&prefmt=articulo&id=855f150b63099610VgnVCM10000009c7648a>

<https://www.retema.es/noticia/inteligencia-artificial-en-la-gestion-de-residuos-XEOs>

<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/791685/primer-lugar-concurso-internacional-globant-iconic-building-buenos-aires-argentina>

<https://innovarsustentabilidad.com/coca-cola-inauguro-su-edificio-inteligente/>

<https://www.cocacoladeargentina.com.ar/historias/nuestra-gente-certificaci-n-leed-platinum-el-edificio-de-coca-cola-en-argentina-es-el-m-s-sustentable-del-pa-s>

<https://www.invonto.com/insights/machine-learning-trends-in-2020/>

<https://tdgiespana.com/mantenimiento-predictivo-en-infraestructuras-y-edificios/>

<https://constructionreviewonline.com/2020/09/build-a-data-driven-construction-business/>

<https://interestingengineering.com/smart-construction-7-ways-ai-will-change-construction>

<https://www.rolandberger.com/en/Point-of-View/Artificial-intelligence-in-the-construction-industry.html#:~:text=AI%20based%20solutions%20can%20help,productivity%20within%20construction%20execution%20itself.>

<https://constructionreviewonline.com/2020/04/7-advantages-of-using-a-3d-printer-in-construction-projects/>

[https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-357233/en-detalle-sistema-de-impresion-3d-construccion-por-contornos?ad\\_source=search&ad\\_medium=search\\_result\\_all](https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-357233/en-detalle-sistema-de-impresion-3d-construccion-por-contornos?ad_source=search&ad_medium=search_result_all)

<https://smartbuildingsmagazine.com/features/the-house-thats-built-smart-from-the-start>

<https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Capital%20Projects%20and%20Infrastructure/Our%20Insights/The%20next%20normal%20in%20construction/The-next-normal-in-construction.pdf>

EN PROCESO DE DISEÑO