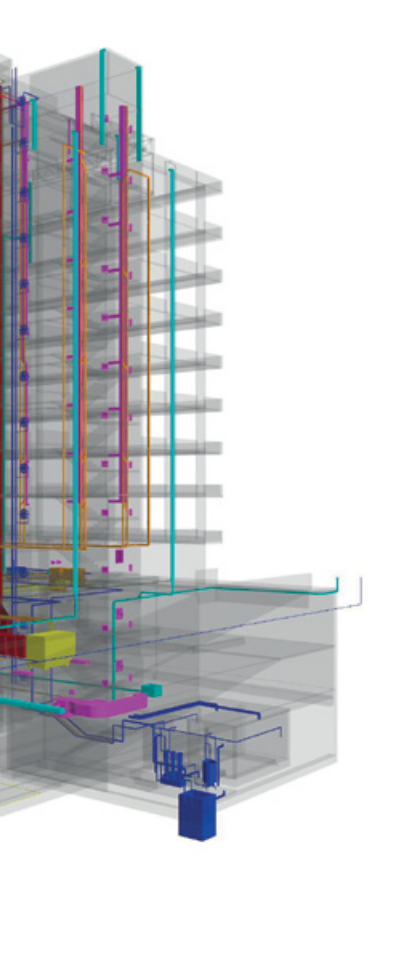


ARTÍCULO CENTRAL

TECNOLOGÍAS Y TENDENCIAS EN LA CONSTRUCCIÓN

AVANCE CONTINUO

ALFREDO SAAVEDRA L.
PERIODISTA REVISTA BIT



— Con el cambio de paradigma que se instala en el sector bajo el concepto de una construcción 4.0, los avances tecnológicos continúan abriéndose paso. Teniendo a la transformación digital e industrialización como puntas de lanza, la industria se prepara para adoptar el progreso no solo a nivel de materiales y procesos, sino también con el desafío de preparar e integrar a su capital humano en la ecuación. Es un avance continuo que no tiene marcha atrás.



LA MODERNIDAD y el avance tecnológico ponen a prueba la capacidad de adaptación de las distintas actividades económicas y el sector de la construcción no es ajeno a ello. En una constante búsqueda por mejorar las cifras de productividad, calidad en sus desarrollos y seguridad, entre otros, el sector avanza en distintos niveles hacia alternativas que ayuden en esos objetivos. Tendencias como la transformación digital o nuevas tecnologías en usos de materiales, reutilización y reciclaje entre otras, son parte de los caminos a seguir.

CONSTRUCCIÓN 4.0

En una era donde la industria busca reducir los costos, la gestión de la información eficiente y habilitar procesos constructivos más rápidos, económicos y seguros, cobran un rol importante en lo que se conoce como construcción 4.0; concepto que deriva de una nueva revolución industrial: la transformación hacia una industria fuertemente digitalizada. Como explicaba Juan Carlos León, gerente general de la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), en Revista BIT 122, “cada vez más se requiere de una industria de la construcción eficiente, productiva y sustentable, que esté llevando a un cambio de paradigma en el sector impulsando la construcción 4.0”. El gerente



El sector avanza hacia un cambio de paradigma que apunta a mejorar la eficiencia, productividad y sustentabilidad. Y así como resulta importante implementar nuevas tecnologías también se debe preparar y hacer parte de estos avances a todo el capital humano involucrado, desde los tomadores de decisiones hasta los trabajadores de obra.

señalaba en la oportunidad, que uno de los desafíos “radica en la integración de la industrialización desde etapas tempranas de los proyectos, vinculando la cadena de valor completa, desde el diseño, planificación hasta el montaje”. Y es que este cambio de paradigma implica además aumentar la trazabilidad y transparencia de la industria, para lo que resulta necesario incorporar tecnologías y facilitar la transformación hacia la digitalización, acortando los plazos para su correcta adopción en el mercado, beneficiándose del hecho que la digitalización permite la ejecución de procesos de maneras que antes no eran posibles. “Cuando se habla de construcción 4.0 hay bastante consenso de industrialización y de transformación digital. En el primer concepto el foco está en trasladar la mayor cantidad de partidas que hoy se realizan en el sitio del proyecto y de manera artesanal a una fábrica, transformando el problema de construcción en un problema de logística y montaje. En el segundo concepto, en tanto, el desafío está en cómo integramos las tecnologías disponibles para usarlas en nuestros procesos, para hacer nuestras faenas más productivas, eficientes y óptimas”, señala Pablo Ivelic, gerente general de Echeverría Izquierdo Ingeniería y Construcción.

Para los expertos consultados, tanto la in-

dustrialización, como la digitalización, resultan claves para la construcción 4.0, ya que la primera conlleva la estandarización de los procesos, producción en masa y prefabricación, teniendo como guía los requerimientos y necesidades del cliente; mientras que la segunda no solo está cambiando la economía, sino también la naturaleza de los mercados de trabajo y de la mano de obra. “La digitalización resulta más lenta de irrumpir porque requiere conocimientos que están fuera del “know how” del negocio. Es por esta razón que tenemos que abrir nuestras fronteras de interacción y aprovechar el ecosistema de innovación que hoy está disponible: startups, emprendedores, aceleradoras de innovación centros de investigación tecnológicos, capitales de riesgo, subsidios semilla, inversores ángeles, etcétera”, explica Ivelic.

Así, resulta importante considerar que la transformación digital y todo lo que implica la construcción 4.0, desafía también al capital humano. “Por una parte siempre se piensa que esa transformación tiene que ver solo con la adopción de tecnologías, pero se trata de un cambio genérico de los modelos de negocios de las empresas, que abarca a la industria en relación a todos sus procesos, por lo tanto no solamente debe estar enfocada en capacitar al capital humano en el uso de las tecnologías, sino que también en llevarlo a trabajar con nuevos modos de trabajo y modos más colaborativos”, indica Carolina Briones, directora ejecutiva del Centro Tecnológico para la Innovación en la Construcción (CTeC).

Este punto resulta importante en el sentido que muchas em-

presas se concentran en comprar tecnologías que aparecen como atractivas sin contar con una estrategia y un análisis adecuado para la implementación, ni una mirada del contexto global de la adopción de estas. “Es común que se enfatice el aspecto tecnológico y se descuiden los desafíos de gestión que representa la evolución tecnológica. Por lo anterior, se debe impulsar el desarrollo de competencias de gestión que apoyen la adecuada selección e implementación de las tecnologías disponibles, para que se transformen en mejoramientos efectivos del desempeño de las organizaciones”, explican Luis Fernando Alarcón, director del Centro Interdisciplinario para la Productividad y Construcción sustentable (CIPYCS) y Claudio Mourgues, coordinador del Laboratorio de Experiencias Virtuales Inmersivas (EVI) del mismo centro. Los también académicos de Ingeniería UC,

agregan que las innovaciones tienden a concentrarse en el hardware, tecnologías duras, sistemas constructivos porque es lo que resulta más vistoso y generalmente disponible en las ferias y foros de la construcción. “Nos falta mejorar la parte blanda, los procesos, el cómo involucrar a las personas en estas transformaciones”, señalan.

TRANSFORMACIÓN DIGITAL

Las herramientas tecnológicas juegan un papel fundamental para poder dar el salto hacia la construcción 4.0. Y es que el uso de elementos digitales puede ayudar a recolectar, analizar y usar la información de una manera mucho más efectiva para la toma de decisiones. “Pueden aumentar enormemente nuestra capacidad de implementar y estandarizar mejores procesos y formas de trabajo, mejorar capacidades predictivas para tomar decisiones basadas en datos y aprender de nuestra experiencia pasada”, señalan desde CIPYCS.

En cuanto a las innovaciones para el sector, estas abarcan todo el ciclo de vida del proyecto. Una de las que han tomado mayor impulso en el último tiempo son las tecnologías asociadas a la metodología BIM (Building Information Modeling) como facilitadoras del trabajo colaborativo. La ventaja de BIM es que permite que las distintas especialidades trabajen sobre un mismo proyecto, en tiempo real, coordinándose apenas van



Columnas de Grava en Edificación (CHILE)

Soluciones
Geotécnicas



KELLER CIMENTACIONES

Especialistas en proyectos de Edificación,
a través de soluciones geotécnicas del tipo:

- Columnas de Grava
- Jet Grouting
- Soil Nailing
- Micropilotes

KELLER CIMENTACIONES
AV. Providencia 1.208 – Of 409
Providencia, Santiago (CHILE)
+56 2 25738519

info.chile@keller.com
www.keller-cimentaciones.com



La industrialización, uso de prefabricados y construcción modular, son parte de una tendencia del sector que apunta a mejorar los niveles de productividad y los rendimientos en cuanto se fabrican en un ambiente de mayor control (maestranzas, talleres, fábricas), se disminuyen los traslados (no existen los traslados verticales) y pueden implementar trenes de trabajo, entre otras ventajas.

apareciendo en el diseño. Esto permite lograr significativos ahorros de costos, por ejemplo, en la fase de montaje o edificación. “Tecnologías como BIM y la realidad virtual (RV) tienen múltiples impactos potenciales, ya que ofrecen la capacidad de diseñar y construir proyectos una y otra vez en forma virtual (diseño y construcción virtual) y de esa forma en la ejecución real lograr un resultado mejorado y ojalá óptimo”, explican Alarcón y Mourgues, agregando que en el caso de las experiencias virtuales inmersivas y aumentadas permiten interactuar con la información digital de maneras mucho más efectivas y eficientes, sacando un mayor provecho a la digitalización que está ocurriendo en la industria. Por ejemplo, en vez de revisar y evaluar diseños a través de la visualización de modelos BIM en un monitor, proyector o impresiones, los equipos de proyecto pueden recorrer el modelo como si estuvieran en un proyecto existente, apreciando mejor no solo aspectos duros como atributos y dimensiones, sino también aspectos blandos como sensaciones y emociones producidas por un diseño. Es más, varios miembros del equipo de proyecto pueden recorrer inmersivamente estos espacios al mismo tiempo e interactuar entre ellos como si estuvieran físicamente reunidos, a pesar de estar geográficamente distantes, derribando obstáculos de la colaboración a distancia tradicional. “Nuestro laboratorio EVI dentro de CIPYCS, desarrolló una herramienta que permite a estos equipos de proyecto no solo recorrerlos

virtual e inmersivamente, sino que también hacer anotaciones, dimensionamientos, tomar fotografías y otras funcionalidades”, explica Mourgues. Los académicos agregan que por otro lado, las experiencias aumentadas –de un potencial aún mayor que las inmersivas– permiten visualizar e interactuar con la información en el contexto real donde se necesita. “Por ejemplo, un visitante de obras puede estar recorriendo el proyecto y al mirar una puerta podría acceder a información asociada como su costo, marca, modelo, proveedor e incluso visualizar la puerta virtual que está considerada en el modelo. EVI Lab se acaba de adjudicar un proyecto FONDEF donde busca sistematizar el acceso a información virtual en un entorno de realidad aumentada/mixta para apoyar decisiones en proyectos de edificación”, cuentan.

Las herramientas tecnológicas, al incorporar variables como el uso de la información en tiempo real, afectarían de forma positiva en la toma de decisiones. En esto se puede destacar la adopción paulatina del Internet de las Cosas (IoT), computación en la nube (Cloud Computing) y Big Data. Esta última adquiere relevancia en el sentido que tradicionalmente, la industria maneja datos e información dispersos en múltiples documentos de manera poco estructurada e interconectada, además de estar en un porcentaje importante en formato físico (papel). “IoT y Big Data, son tecnologías que nos conectan con la automatización e inteligencia artificial, que pueden ayudarnos a optimizar en tiempo real muchas decisiones y operaciones de construcción, haciendo más confiables y eficientes los



procesos”, explican Alarcón y Mourgues, agregando que la integración de estas tecnologías debería permitir la captura y análisis de datos en tiempo real, automatizando decisiones que hoy implican tiempo valioso en los proyectos de construcción.

Si bien, el uso de datos es una tendencia, el sector nacional aún está en un desarrollo incipiente. Desde CTcC proyectan que la usabilidad de estas tecnologías se potenciará en los siguientes cinco a diez años para lo cual trabajan en la generación de una plataforma que recoge información de diversas fuentes de la industria. “Nuestro Smart Data Construcción, es la primera plataforma en Chile que busca consolidarse como fuente de big data para el sector, lo que será de gran utilidad para orientar a las empresas a entender su estado de gestión, respecto de su competencia a nivel nacional e internacional. Además, las ayudará a tomar decisiones en relación a la situación en tiempo real que esté viviendo el mercado, entre otros beneficios que proporcionará la plataforma”, cuenta Briones.

Para los expertos consultados es importante considerar que si bien hoy hay varias tecnologías disponibles, el desafío estará en entender qué información es relevante, para qué tipo de decisiones y cómo interactuar con esta de manera realista para el contexto de una obra de construcción.

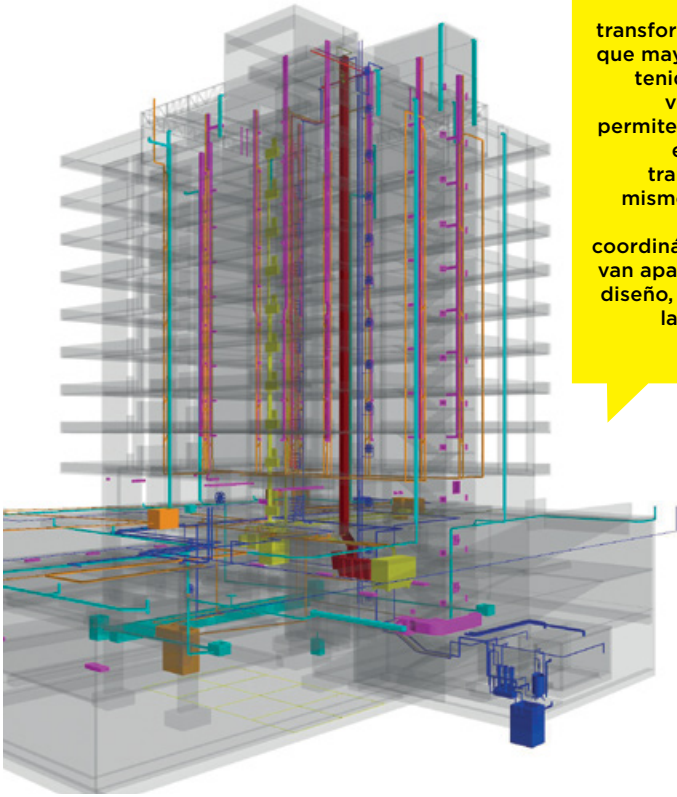
AVANCE DE TECNOLOGÍAS

Una de las líneas importantes que trae consigo la transformación digital, tiene que ver con la construcción “off site”, la que se realiza fuera del lugar de la obra en sí (fábricas, talleres) y que trae diversas ventajas. “Por un lado se logra disminuir la cantidad de trabajadores en la obra, lo que significa disminuir: la exposición al riesgo de los trabajadores y los requerimientos de supervisión, de instalación de faenas y de consumo. Asimismo, se logran mejores rendimientos puesto que en una fábrica existe un ambiente de mayor control, se disminuyen los traslados (no existen los traslados verticales) y se pueden implementar trenes de trabajo”, explica Ivelic, agregando que además es factible automatizar procesos y eventualmente robotizar tareas y disminuir los desperdicios o escombros de producción. El eje-

cutivo señala que existen distintos niveles de industrialización, desde el más básico relacionado con el uso de materiales compuestos (como una malla electrosoldada) al más complejo como la construcción modular donde se fabrican módulos con todas sus terminaciones ejecutadas que se ensamblan en obra. “Cualquier iniciativa que incluya industrialización, aún en los niveles básicos, generará los beneficios enumerados anteriormente”, sostiene.

Sumado a esto, la robótica, puede ofrecer la oportunidad de hacerse cargo de trabajos riesgosos y de gran demanda física, si se usa de forma inteligente e incluso puede transformar el cómo se desarrolla la construcción en sitio. A modo de ejemplo, desde CIPYCS señalan que tecnologías como la impresión 3D aplicada a la construcción ofrecen la oportunidad de reducir drásticamente plazos de construcción y de experimentar con nuevos diseños que antes eran impensables. Y es que el concepto de industrialización está permeando algunos proyectos de manera integral ya que según explican desde CDT, tiene que ver con una mirada sistémica del proyecto, pasar de una aproximación lineal por etapas, a una perspectiva de ciclo de vida, donde las decisiones desde etapas tempranas del diseño impactan en el desempeño total del proyecto, tanto durante la construcción como en la operación. “Cada vez toma más fuerza el cambio en la aproximación a los proyectos, con la integración de diseño para la manufactura de partes y piezas y cambios desde construcción tradicional in situ, a montaje”, explica Katherine Martínez, subgerenta de Sustentabilidad de la Corporación de Desarrollo Tecnológico. En este sentido, CDT busca promover mejores prácticas en el sector a través de diversas iniciativas para impulsar la industrialización a lo largo de Chile: seminarios, los Encuentros Construcción Universidad (ECU), a través de contenidos en medios digitales y misiones tecnológicas internacionales. Entre las iniciativas específicas de mayor alcance, CDT lidera el programa BIM Forum Chile, el Centro de Extensionismo Tecnológico de la Construcción que atiende a Pymes desde Concepción a Puerto Montt, Nodos tecnológicos en la zona norte, y desde RM, el programa de difusión tecnológica “+Industrialización”. Adicionalmente, CDT es parte del consejo directivo de iniciativas como Construye2025 de Corfo y lidera la secretaría ejecutiva del Consejo de

La metodología BIM es una de las tendencias en transformación digital que mayor impulso ha tenido. Una de sus ventajas es que permite a las distintas especialidades trabajar sobre un mismo proyecto, en tiempo real, coordinándose apenas van apareciendo en el diseño, fomentando a la vez el trabajo colaborativo.



Construcción Industrializada (CCI), el que nace como una iniciativa impulsada por el programa Construye2025, con el fin de promover industrialización como una estrategia que permita apoyar el desarrollo de la industria de la construcción nacional, propiciando su avance en productividad y sustentabilidad (más detalles en www.construccionindustrializada.cl).

TECNOLOGÍA EN MATERIALES: USOS, RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN

Los avances tecnológicos también se aprecian en las innovaciones aplicadas a los materiales con casos que van desde ladrillos a cementos, materiales que mejoran el acondicionamiento térmico e impresión 3D que genera materiales propios, etcétera. A modo de ejemplo, se puede mencionar la investigación realizada en la Universidad Tecnológica de Delft en Holanda, de un bio-hormigón que se “auto repara”. Para su preparación, se mezcla el concreto tradicional con cepas de la bacteria *bacillus pseudofirmus*, que en estado natural puede habitar incluso en ambientes tan hostiles como cráteres de volcanes activos. A esa mezcla se añade lactato de calcio, que es lo que comen estas bacterias. Cuando la humedad penetra en las fisuras, despierta a los microorganismos que se alimentan del lactato de calcio y secretan piedra caliza como producto final de su digestión. Este material sella las fisuras hasta en tres semanas. Eso sí, las grietas no deben tener una amplitud mayor a 8 milímetros. Otros ejemplos incluyen bio ladrillos o materiales extra fuertes. En el caso del primero investigadores de la Universidad del Cabo, Sudáfrica, exploraron la posibilidad de emplear la orina humana en la creación de un bloque sólido. Para esto, se inspiraron en un proceso natural, similar al de las conchas marinas, llamado precipitación de carbonato microbiano, donde la arena suelta se coloniza con bacterias que producen ureasa, enzima

que descompone la urea en la orina, mientras produce carbonato de calcio a través de una reacción química compleja, cementando la arena. En el caso del material extra fuerte, en tanto, investigadores de las universidades de Pensilvania, Illinois en Urbana-Champaign y Cambridge, desarrollaron un material celular a partir del níquel que sería tan fuerte como el titanio, pero hasta cinco veces más liviano. Compuesto por poros a nanoescala, su aspecto y su naturaleza celular, es similar a la de la madera y se compone de casi un 70% de espacio vacío. Esto le entregaría una densidad tan baja en relación a su resistencia que incluso podría flotar en el agua.

A ejemplos como los anteriores, se suma lo que se puede lograr con el uso de nuevas tecnologías. “Se utilizan actualmente máquinas de impresión 3D que son capaces de crear materiales compuestos con mejores propiedades y performance, según las actuales necesidades y futuras regulaciones. También hemos detectado un alza importante a nivel de investigación, emprendimientos y startups, en torno al reciclaje y su uso para crear nuevas soluciones más eficientes”, cuenta Briones, agregando que “la Economía Circular juega un rol fundamental en el contexto actual, ya que se ocupa de la generación de productos y servicios bajo el concepto de ciclo de vida completo. CTeC apoyará el testeo y prototipado de ese tipo de innovaciones, de manera de poder medir, evaluar y certificar el comportamiento de estas soluciones. De esta forma, nuestro centro impulsará estos desarrollos como una institución técnica imparcial que promueve metodologías validadas”, explica la arquitecta.

En materia de sustentabilidad en construcción, desde CDT indican que hay tendencias que tienen que ver con satisfacer las necesidades de edificación, con el menor impacto ambiental y optimizando la calidad de vida de las personas, equilibrando aspectos económicos. Así, por ejemplo, existe un avance desde la perspectiva de edificios que reducen el impacto ambiental, a edificaciones que ayudan a restaurar recursos, generan energía, reducen emisiones, favorecen la biodiversidad y poseen



cadena de suministro de materiales y productos que consideren enfoque de ciclo de vida y economía circular. Por otra parte, el foco en las personas se relaciona a generar espacios que sean diversos e inclusivos, accesibles, que favorezcan salud y bienestar y la creación de comunidades. Todo esto, para hacer confluir innovación y desarrollo en favor de ciudades resilientes y que favorezcan eficiencia y calidad de vida.

DESAÍOS A FUTURO

Tanto los cambios tecnológicos como la transformación digital implican un profundo cambio cultural y a nivel de empresas, lo cual es un gran desafío. “No solo se trata del uso de tecnologías, si no que implica nuevas formas de abordar los proyectos, esquemas distintos de trabajo e incluso modelos de negocio diferentes. Uno de los temas críticos es el involucramiento temprano de la cadena de suministros y especialistas en el desarrollo de proyectos, bajo modelos colaborativos”, explica Katherine Martínez, agregando que esto requiere de un cambio en la forma en que se abordan los proyectos, pasando desde construcción vista como un proceso lineal, a una perspectiva de ciclo de vida. “Para ello es necesario el diseño integrado y la comunicación fluida y la colaboración entre actores, lo cual es facilitado por las tecnologías de información y herramientas como BIM”, señala la subgerente de Sustentabilidad de la CDT.

Como todo cambio, es importante gestionar la resistencia ya que también son procesos transformacionales que involucran a las personas, desde los principales tomadores de decisiones hasta los trabajadores de obra. “Quien quiera llevar adelante un proceso de innovación y crea que solo empujando será capaz de lograr el éxito estará equivocado. Hay que trabajar con los colaboradores de manera colectiva, tienen que apropiarse de los cambios, tienen que sentirlos propios y le tienen que encontrar sentido a la innovación”, indica Ivelic, agregando que también es necesario entender que las transformaciones requieren una metodología de trabajo (detectar, idear, pilotear, implementar, escalar) y disciplina en su implementación.

El sector construcción ha evolucionado en el uso de diversas tecnologías tanto en las operaciones como en la gestión de los proyectos, aunque según indican algunos de los entrevistados, esta evolución ha sido dispareja e incompleta. “Hay empresas que destacan por su participación en esta evolución, pero en términos generales, son pocas las que concentran el liderazgo en la innovación” señalan desde CIPYCS, agregando que se podría observar a países como Inglaterra o Finlandia, donde se desarrollan estrategias conjuntas con el sector privado y público para acelerar los cambios y asumir riesgos compartidos. En la misma línea, desde CTeC observan que los avances se dan con más rapidez desde la arquitectura e ingeniería, mientras que las constructoras van un poco más atrás a diferencia de otros escenarios internacionales como Estados Unidos, donde la innovación va de la mano, testeando desarrollos en las mismas obras. “Esto es un tremendo desafío y oportunidad de fomentar innovación e investigación aplicada, especialmente para las grandes empresas, ya que en Chile esto sucede poco y al no haber una retroalimentación entre los avances a nivel universitario versus lo que pasa en la “vida real” en el sector, se produ-

CONCLUSIONES

El avance de las tecnologías y la digitalización de procesos en la industria son parte de las tendencias más importantes que se implementan en el sector. El concepto de esta construcción 4.0 apunta a un cambio de paradigma que busca mejorar la eficiencia, productividad y sustentabilidad. Uno de los desafíos radica en la integración de la industrialización desde etapas tempranas de los proyectos, vinculando la cadena de valor completa, desde el diseño, planificación hasta el montaje.

Al mismo tiempo, la transformación digital juega un rol preponderante en lo anterior ya que el uso de elementos digitales puede ayudar a recolectar, analizar y usar la información de una manera mucho más efectiva para la toma de decisiones. Uso de metodologías como BIM y de tecnologías como realidad virtual, IoT y Big Data, son algunos ejemplos.

La innovación en materiales o la reutilización de los mismos, son parte de tendencias que tienen que ver con satisfacer las necesidades de edificación, con el menor impacto ambiental y optimizando la calidad de vida de las personas, equilibrando aspectos económicos.

ce mucho desfase entre la academia y la industria”, explica Briones, agregando que por este motivo CTeC trabaja como un centro tecnológico que acompaña a las empresas en todo este proceso de transformación digital, a través de diferentes líneas de acción. “En nuestro futuro Parque de Innovación CTeC, que estará emplazado en Laguna Carén, se pondrán a disposición lotes donde las empresas podrán testear y pilotear esas tecnologías, simulando ambientes según los requerimientos de cada proyecto (emplazamiento, condiciones climáticas, etcétera), además se podrán levantar datos que permitirán saber cómo las innovaciones pueden ayudar en sus procesos permitiéndoles mejorar de esta forma su productividad. La idea es que exista por primera vez un laboratorio a escala real, donde se puedan integrar las distintas soluciones constructivas, mejorando el desarrollo y tiempos de los proyectos inmobiliarios”, explica la arquitecta.

Otros aspectos importantes a tener en cuenta en la transformación digital, son los relacionados a soporte y ciberseguridad. “Se debe asegurar un tema de red y conectividad, avanzando de forma robusta, salvaguardando los temas de seguridad, acompañado de leyes y normativas a nivel país”, agrega Briones.

Así, la industria avanza hacia una nueva era en la construcción, al mismo tiempo que debe enfrentar desafíos y oportunidades, apoyada en las tecnologías que siguen su camino a paso firme. ■



EL AVANCE DE LAS CIENCIAS OBSERVABLES EN LA ARQUITECTURA

NO ES NOVEDAD que en la presente era que nos toca vivir, el factor cambio se ha convertido no solo en un dato duro inapelable, sino además en un pilar estratégico para abordar el incierto futuro inmediato. Avances exponenciales de las tecnologías fluyen como parte del quehacer y conforman la universalidad de información que enfrentamos.

Todo este contexto en nuestras áreas, ha generado nuevas maneras de usar el espacio físico, de proyectar y formas arquitectónicas por lo demás impensadas hace unas décadas. Esto se refleja en la conformación de nuestras jóvenes ciudades. Observar en un recorrido por barrios en que se mezclan intervenciones de arquitectura de tiempos distantes entre ellos, basta para reafirmar esta aseveración. Nos podemos dar cuenta del paso de pocos años o décadas, de avance o retroceso, según como se evalúe la calidad de la muestra. Factor intangible pero perceptible.

Uno de los mayores retos hoy, es poder filtrar la información que disponemos para rescatar lo esencial y ver cómo implementar ese conocimiento en nuestras obras, distinguiendo lo gratuito o modas intrascendentes, de la buena implementación.

PARÁMETROS POR CONSIDERAR

Alta calidad de materialidad, ahorro de recursos, sustentabilidad en su amplio espectro de aplicación y procedimientos inteligentes para construir, se nos presentan hoy como paradigmas al momento de concebir un proyecto. Las ingenierías, los procesos constructivos y su integración a la obra, nos orientan hacia la selectividad de la técnica y cómo implementarla en nuestra realidad local, casi siempre recurriendo al ingenio, puesto que, aún no somos país que produzca o exporte techno-

logía de punta. Con pocos recursos, pero con imaginación, podemos hacer obras de gran significado y reconocimiento.

CASO CONCRETO

Resultará ilustrativo el caso del reciente proyecto y construcción de la Torre Santa María 2, finalizado en 2017 y que resumo a continuación:

1. Es una muestra de cómo impacta a una comuna, a un barrio, a una memoria colectiva del habitante y finalmente a la ciudad, pero también cómo se abordó un diseño luego de treinta años de evolución en todo aspecto.

2. Para comprensión cabal de este ejemplo, se señala que la Torre 1 construida en

acogidos como factor relevante. Tal experiencia es, como sabemos, una práctica habitual en países con más historia que el nuestro, en los cuales se contemplan opiniones de individuos con poder y decisión o simples habitantes del lugar.

4. Se trataba de presentar en la comuna, en este nuevo diseño, una intervención centrada en los conceptos originales del proyecto; vale decir, no contradecir un “mensaje” formal ya internalizado en la memoria del habitante del sector e, incluso, en el habitante del país.

5. Por lo mismo, el diseño en su totalidad se orientó hacia un sistema estructural y también a una forma y textura expresiva sobre la base del concepto

Hoy, los tiempos se acortan notablemente. No son necesarios 30 años para mostrar los avances de las ciencias en nuestras disciplinas, lo cual nos plantea el desafío de pensar más allá de nuestro presente y sus reales opciones de implementación en el proceso-tiempo del pensamiento de un proyecto.

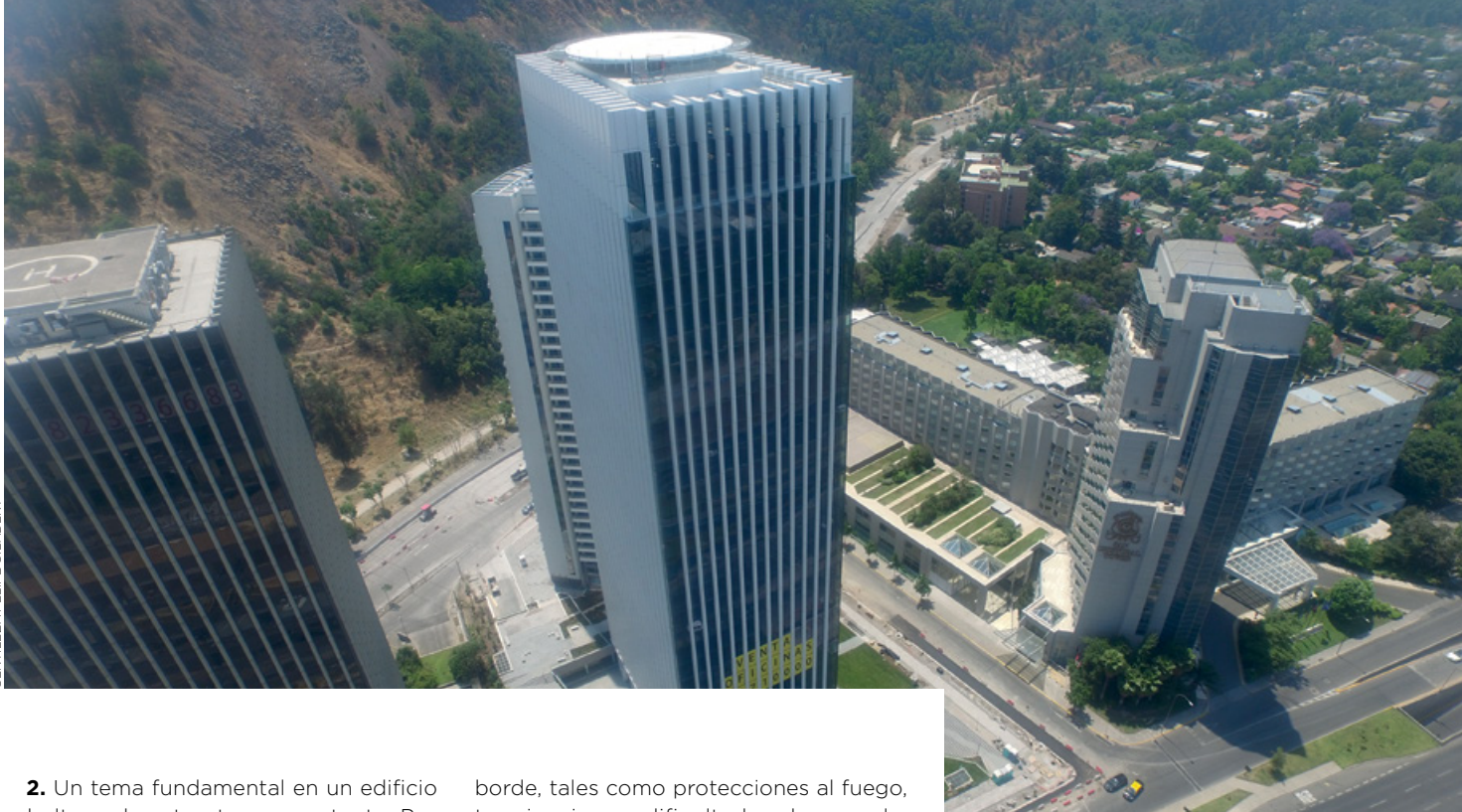
los años 80, siempre consideró una torre gemela que conformaba el conjunto final. En esa década, no más de 8 o 9 especialidades en su conjunto conformaban el proyecto y su resultado fue un ícono formidable y gran muestra de nuestro estatus tecnológico en el ámbito local y a la par con la experiencia internacional de la época.

3. Para el diseño de la Torre 2 Nueva Santa María, aparte de las 25 especialidades que concurren, se agregó entre los factores la participación del “habitante histórico” del lugar. En efecto, las personas con sus pareceres, requerimientos y sensibilidades, fueron parte imperceptible del resultado. Desde la academia, representada por la Facultad de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica, hasta el ciudadano usuario del sector, fueron

concebido por sus creadores para la Torre 1 hace 30 años. Esto es, en términos concretos para el entendimiento nuestro, núcleo y perímetro estructuralmente solidarios; resistentes y con expresión formal rotunda; es decir, lo que se ve que sustenta, efectivamente es el soporte. Se resuelve como tubo dentro de tubo, conectado por membranas de losas. Lo anterior, acompañado de todas las otras ingenierías actualizadas.

MATERIALIDAD Y NORMATIVAS

1. Transcurrieron esos años entre Torre y Torre. Las normativas tanto de seguridad como todas las demás, lógicamente evolucionaron de manera natural, siendo hoy mucho más exigentes para el diseño en su conjunto.



2. Un tema fundamental en un edificio esbelto es la estructura soportante. Por ejemplo, la relación columnas y vigas cortas, entonces al tratar de emular la solución original 100% hormigón armado (H.A.), con la actual normativa, producía resultados dimensionales inaceptables en la relación soporte, área servida, iluminación natural y otros. Por tal razón, desarrolladores, ingenieros, constructores y arquitectos debieron converger en estudios alternativos estructurales sin abandonar el concepto inicial.

3. Por otro lado, al evaluar costos y plazos, el factor mano de obra disponible para la actual construcción impactaba negativamente en la relación tiempo v/s velocidad de avance pensando en, a modo de ejemplo, enfierradores en terreno e infraestructura operativa. Viene al caso precisar que el perímetro considera en ambos casos, 56 columnas perimetrales, lo que implicaba apoyo de equipos en un borde restringido por el terreno y también por la necesaria operatividad de la Torre 1 durante el proceso. Todo lo anterior resultaba ser de una complejidad inadmisibles y poco eficiente.

4. Dadas esas consideraciones, se analizaron las alternativas de materialidad al alcance y se optó por una solución estructural similar a la original, pero con la variante del “tubo” exterior materializado en acero prefabricado manteniendo el tubo interior en H.A., el cual incluiría los elementos insertos para acoger las losas y conexiones y también tener la responsabilidad del avance vertical.

Los mayores costos directos del acero en este caso, más sus implicancias de

borde, tales como protecciones al fuego, terminaciones, dificultades de armado, mano de obra especializada, normativas, resultó ser una opción viable al juntar todas las variables del análisis.

5. Se aprovechó también la experiencia del equipo en este tipo de construcciones mixtas H.A. y Acero para integrar el soporte primario de la torre y posteriormente el revestimiento con todo lo que ello implicaba lo cual no es menor en cuanto a coordinación.

FASE CONSTRUCTIVA

Cómo se procedió con el montaje e integración entre dos sistemas y el comportamiento elástico de los dos materiales, es tema nuevo para el rubro de la ingeniería y motivo de un análisis específico en detalle. Menciono algunos aspectos para analizar. Desviaciones dimensionales por contracción de losas postensadas asociadas al H.A. en oposición a desviaciones aceptables en la construcción en acero. Esto orienta a estudiar normativamente el comportamiento dinámico en conexiones núcleo perímetro durante la fase construcción en este tipo de estructuras y otros diseños que consideren diversidad de materiales. Tolerancias dimensionales del acero notablemente menores que el hormigón, implica estrategias de montaje caso a caso en particular.

Importante señalar que la velocidad de prefabricación de estructuras en acero compensa en la práctica factores en contra. Toda la estructura de acero en este caso fue prefabricada en maestranza, almacenado y transportado a terreno según estrategia de avance del núcleo cen-

tral de H.A., el cual se mantuvo como responsable del avance y tiempos de término.

PROYECCIÓN

Hoy, los tiempos se acortan notablemente. No son necesarios 30 años para mostrar los avances de las ciencias en nuestras disciplinas, lo cual nos plantea el desafío de pensar más allá de nuestro presente y sus reales opciones de implementación en el proceso-tiempo del pensamiento de un proyecto. Nos obliga, además, a situarnos en mentes que se adelantan, que son audaces y que crean diversas maneras de abordar los espacios, que los cambian y que también son capaces de imaginar lo impredecible.

En ese aspecto, los desarrolladores exigen condiciones que superan la simple aplicación de tecnologías. Hoy se exige una proyección de la arquitectura para mantener la vigencia del edificio en su vida útil y una resiliencia hacia lo insospechado. El uso de espacios, incluidos los destinados a subsuelos, plantas comerciales, estacionamientos (¿para automóviles actuales, individuales y otros?), deben proyectarse con posibles destinos alternativos. Un desafío especulativo multisistémico basado en el desarrollo de la ciencia y la información. También tema para otro análisis en este espacio.

“Lo más seguro para equivocarnos, es predecir el futuro científico”
(Isaac Asimov).