



ACTUALIZACIONES NORMATIVAS

NUEVOS ASPECTOS EN CONSTRUCCIÓN DE OBRAS INDUSTRIALES

ALFREDO SAAVEDRA L.
PERIODISTA REVISTA BIT



— Con el objetivo de mantener e incluso mejorar el satisfactorio comportamiento de instalaciones industriales durante eventos sísmicos severos, se presentan modificaciones a la norma NCh2369. Asimismo, la inclusión de una mayor arista arquitectónica en el desarrollo de proyectos de este tipo, llevan a la construcción de obras industriales a avanzar por nuevos horizontes.

E

L AVANCE DE LA TECNOLOGÍA, el desarrollo de nuevos métodos, la innovación en materiales y la experiencia práctica ganada han sido parte del constante progreso del sector de la construcción que ha permitido diversos avances en la amplia gama de proyectos que desarrolla la industria. Es así como esto también se ve reflejado en el caso de las construcciones industriales, las que cumplen roles específicos dependiendo de las necesidades de las actividades para las que son desarrolladas, tomando en cuenta aspectos como los materiales, instalaciones, espacios y diseños, entre otros. “En los proyectos industriales el mayor desafío es reducir el plazo de construcción para así ponerlos en producción y servir a los compromisos financieros del inversionista”, señala Rodolfo Saragoni, ingeniero civil y socio de SyS Ingenieros Consultores. También

Materiales como el acero y el hormigón son usados comúnmente en este tipo de obras. El hormigón prefabricado, por ejemplo, presenta ventajas constructivas gracias a su resistencia a la compresión y características de durabilidad, entre otros.



GENTILEZAS AXIS S.A.

es una preocupación importante para los mandantes que los mayores costos de construcción de los proyectos se enmarquen dentro de límites razonables y que se minimicen los claims.

Y así como los principales materiales utilizados en este tipo de proyectos han presentado diversos avances (como el acero y el hormigón prefabricados), también lo hacen las normativas de construcción, las que deben ir adaptándose a los tiempos, para así mejorar los resultados finales de los proyectos frente a aspectos como resistencia, y respuesta a eventos sísmicos, entre otros. Es así como se ha trabajado en la actualización de normas como la NCh2369 sobre diseño sísmico de estructuras industriales cuyo objetivo es hacer frente de forma óptima a la naturaleza sísmica propia del país.

ACTUALIZACIÓN DE NORMA NCH2369

Una de las modificaciones de norma de gran relevancia para la construcción industrial es la actualización de la NCh2369 “Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales”, que surge como respuesta a las experiencias del terremoto del 27 de febrero de 2010, así como del estado del arte a nivel mundial.

Según se señaló en un seminario sobre este tema, organizado por el Instituto de la Construcción (IC) en noviembre pasado y donde se mostró parte del anteproyecto de actualización de la norma, es una necesidad permanente debido a la realidad y frecuencia sísmica de Chile, característica geográfica que a su vez permite aplicar y evaluar dichas normas, realizando los cambios pertinentes.

En el caso de la actualización a la NCh2369, su importancia radica en contar con un documento que incorpore tanto la experiencia obtenida del comportamiento de las estructuras in-

dustriales durante el sismo de febrero de 2010, como el avance del conocimiento ocurrido en los últimos 15 años. “El mayor avance reciente en el desarrollo de la construcción industrial se produjo a raíz del terremoto del 27F, el cual demostró que la mayoría de las instalaciones industriales diseñadas de acuerdo a la NCh2369. Of. 2003 se comportaron sin daño y cumplieron con el criterio de continuidad de operación después del terremoto de acuerdo a lo prescrito por esta norma, pese a la gran magnitud del evento (8,8 grados Richter)”, comenta Saragoni. Por esta razón, el anteproyecto de actualización de la NCh2369, desarrollado por el Instituto de la Construcción, en un comité integrado también por la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), las Universidades de Chile y Católica y los Ministerios de Vivienda y Urbanismo (Minvu) y Obras Públicas (MOP), tuvo como filosofía no modificar lo que funcionó bien en los terremotos de 1985 y 2010, ya que en general hubo consenso en el comité que había respondido bien al último, por lo que requería solo actualizaciones menores, en temas como corrección de las disposiciones sobre construcciones prefabricadas de hormigón de pobre

Las actualizaciones de la norma NCh2369 propuestas en el anteproyecto tienen por objetivo que las estructuras de edificios industriales tengan una mejor respuesta frente a sismos de gran envergadura, al mismo tiempo que puedan mantenerse operativos los procesos productivos. Dentro de estas actualizaciones hay algunas relacionadas con las disposiciones de diseño de estructuras metálicas y de hormigón prefabricado.



GENTILEZAS AXIS S.A.

desempeño, ampliación de las disposiciones sobre el diseño de obras portuarias y proyectos de energía eléctrica. Saragoni menciona que si bien, las construcciones a nivel general respondieron satisfactoriamente ante la catástrofe, “se apreció un pobre comportamiento de los galpones prefabricados de hormigón armado, con uniones secas (unión de elementos prefabricados que no se unen con hormigón fraguado en obra como por ejemplo: uniones soldadas, apernadas, de encaje, etcétera), incluyendo numerosos colapsos que no produjeron víctimas solo porque el terremoto ocurrió un día sábado de madrugada y en vacaciones de verano. “Muchos de estos colapsos se debieron al incumplimiento de las disposiciones de la norma NCh2369. Of. 2003 y a sub clasificaciones de la calidad del suelo de fundación”, agrega el ingeniero.

Respecto de las modificaciones en sí, hay algunas menores en los capítulos que cubren las fuerzas sísmicas de diseño sobre las estructuras y otras mayores en las disposiciones de diseño de estructuras metálicas y de hormigón prefabricado. Además, se incorporan nuevos capítulos o revisiones importantes respecto del diseño de fundaciones, estanques, chimeneas y recipientes de proceso y centrales de generación y transmisión de energía eléctrica.

En el capítulo 4, por ejemplo, hay una nueva forma de especificar las solicitaciones sísmicas en la cual se combina el sismo horizontal de diseño con un 30% del sismo vertical y se combina un 30% del sismo horizontal de diseño con el 100% del sismo vertical. De acuerdo a lo expuesto durante el seminario por Pedro Hidalgo, presidente del comité del anteproyecto de la norma, en el capítulo 5 hay modificaciones en cómo considerar sismo vertical, masa sísmica y aspectos de modelación. “Un primer aspecto nuevo, es que el sismo vertical se considera en todos los casos. La norma en 2003 lo dejaba en algunos casos, ahora es en todos. En el caso de sismo horizontal la norma dice actualmente que “debe considerarse toda la masa sísmica desde el ni-

El acero es uno de los materiales más utilizados en los diferentes tipos de construcciones industriales, por tal motivo, en el anteproyecto de la actualización de norma NCh2369 se amplía el contenido en algunos capítulos y se incorporan otros nuevos para instalaciones antes no abordadas.



GENTILEZA ICHA



vel donde se materializa la totalidad del traspaso del esfuerzo de corte a la fundación”, señaló. El experto también comentó que en general, se desprecia masa sísmica ubicada bajo nivel de suelo natural y que otro punto mencionado en el capítulo es que la masa sísmica asociada a la sobrecarga debe ser “consistente con el valor usado en la combinación de cargas. En el caso sísmico lo lógico es usar una masa sísmica que sea consistente con la que está usada en la sobrecarga dentro de la combinación”. También hay precisiones en la modelación de equipos apoyados en estructuras (capítulo 5.3.1.5) (cuando considerar como equipo o como masa, etcétera) y consideración de la flexibilidad de diafragmas (5.3.1.9).

Hidalgo mencionó que en el capítulo 6, en tanto, se modifica el cálculo de la deformación sísmica elástica (“debe usarse directamente el espectro elástico de la norma NCh2745”). En cuanto a la separación entre estructuras, señaló que “se usan las deformaciones sísmicas modificadas” y que “se mantienen las deformaciones sísmicas máximas y el límite para considerar el efecto P-Delta”. Sobre el capítulo 7, relacionado al anclaje de estructuras metálicas, indicó que “se actualizan las expresiones de las fuerzas para el diseño sísmico de elementos secundarios y equipos montados sobre estructuras, de acuerdo a la norma NCh3357-2015 “Diseño sísmico de componentes y sistemas no estructurales”. En cuanto al punto de las estructuras de acero, el ingeniero civil, Ramón Montecinos, quien también es miembro del Comité de la norma NCh 2369 y del Comité Técnico del Instituto Chileno del Acero (ICHA), comenta que se reescribió, incorporando la experiencia de los diez años de uso, en que se diseñaron más toneladas de acero que en toda nuestra historia anterior y se interactuó con fabricantes de equipos de todo el mundo. “Se amplía el contenido porque aumenta significativamente algunos capítulos como los de estanques, recipientes de proceso y fundaciones e incorpora capítulos nuevos para instalaciones antes no cubiertas como, los sistemas de generación de energía eléctrica y las estructuras portuarias tipo muelles”, señala Montecinos.

A modo de ejemplo, la norma menciona que la exigencia de soldabilidad del acero debe verificarse con limitaciones al carbono equivalente del acero. “Adicionalmente, también están los requisitos a tenacidad a la fractura, cuestión clave para garantizar que los aceros empleados sean sísmo resistentes y no aceros de usos generales”, explica Juan Carlos Gutiérrez, Director Ejecutivo del Instituto Chileno del Acero (ICHA), agregando que para ello es necesario disponer de ensayos de impacto tipo Charpy sobre el acero a emplear. “Un tercer aspecto a considerar es la limitación de la tensión de fluencia de los aceros sísmo resistentes, a un 85% de la resistencia máxima de estos”, detalla

Gutiérrez. El director ejecutivo indica que estas y otras consideraciones son relevantes en el diseño de la estructura, pero no deben dejarse de lado sus implicancias, especialmente las relacionadas con el control de calidad del acero, así como su cumplimiento. “En este ámbito, es necesario recalcar que en nuestro país existe la obligación legal de los laboratorios inscritos y acreditados, como los únicos entes para certificar los aceros estructurales y no son los profesionales del proyecto los encargados de emitir un parecer respecto de aceptar o no el acero. Así lo explicita la norma de aceros estructurales NCh203 y que actualmente está siendo revisada por un Comité en el ICHA para su actualización”, detalla Gutiérrez.

Tras el envío del anteproyecto por par-

te del Ministerio de Vivienda (Minvu) al Instituto Nacional de Normalización (INN) pasa a la etapa de consulta pública (primeros meses de 2018) y luego a su discusión y eventual aprobación en el comité INN que se constituya para tal efecto. Cabe señalar que el período de discusión en comité dependerá de la profundidad de las observaciones recibidas durante la consulta pública. De acuerdo a los expertos, uno de los aspectos más importantes que se espera tras este trabajo es que las estructuras de edificios industriales tengan una mejor respuesta frente a sismos de gran envergadura, al mismo tiempo que puedan mantenerse operativos sus procesos productivos.

DISEÑO Y ARQUITECTURA

Así como hay avances constantes en el aspecto normativo, también hay algunos en ámbitos relacionados con el diseño y construcción de los proyectos en sí. A modo de ejemplo, el uso de prefabricados. “Estos desarrollos traen enormes beneficios, pero presentan desafíos significativos, como el impacto que provocarán en el trabajo, en las disciplinas de la ingeniería, en los mate-



The image features the Keller logo in the top left corner, consisting of a stylized 'K' made of two overlapping triangles (one yellow, one blue) followed by the word 'KELLER' in bold blue capital letters and the website 'keller.com' below it. The background is a photograph of a construction site under a clear blue sky. Two large yellow and black grouting rigs are positioned on a dirt area. In the background, there are residential buildings, a green fence, and a line of trees. A yellow banner at the bottom of the image contains the text 'Columnas de Grava en Edificación (CHILE)' in blue.

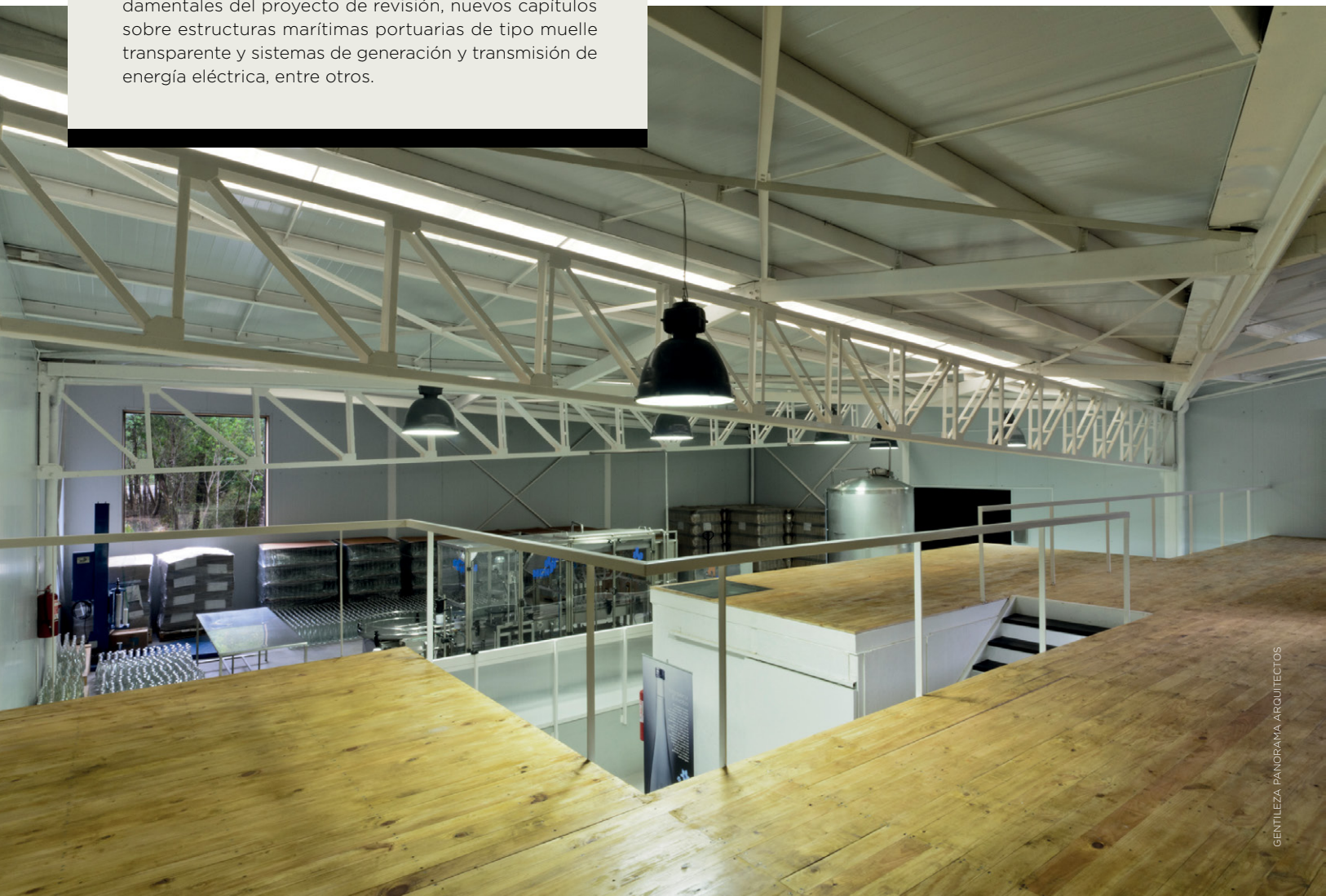
Columnas de Grava en Edificación (CHILE)

SEMINARIO SOBRE ACTUALIZACIÓN NORMA NCH2369

El pasado 16 de noviembre se llevó a cabo, en el auditorio de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), el seminario “Actualización Norma NCh2369: Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales” organizado por el Instituto de la Construcción (IC) y al que asistieron más de 350 personas. La actividad contó con la participación de destacados expositores de diversos ámbitos que entregaron su visión sobre conceptos fundamentales del proyecto de revisión, nuevos capítulos sobre estructuras marítimas portuarias de tipo muelle transparente y sistemas de generación y transmisión de energía eléctrica, entre otros.



Un ejemplo de arquitectura aplicada en construcción industrial es el realizado en la planta embotelladora de agua Ice Swan. La obra cubo de estructura metálica, de 18 m x 18 m y 6 m de alto, revestido en un vidrio serigrafiado negro, capaz de reflejar su entorno y resistir las duras condiciones climáticas.



Otro ejemplo es la planta industrial de aceite de oliva, Almazara Olisur. La planta está edificada en base a un sistema de pilares de hormigón armado, construidos en la misma obra. Sobre esa estructura, se instalaron cerchas de madera laminada y en las fachadas de la planta se aplicó un revestimiento de fibrocemento, material cuya principal ventaja es que no le afecta la humedad.



GENTILEZA GUILLERMO HEVIA G / GH+A ARQUITECTOS

riales, en las normas técnicas, en el control de calidad y en las leyes y reglamentos de la construcción sin excepción”, señala el director ejecutivo del ICHA.

De acuerdo a los expertos consultados, “los principales desafíos en obras industriales pasan por el diseño e implementación de la logística para transporte y montaje, la coordinación con las otras partidas realizadas in situ como instalaciones o terminaciones, la definición y control de condiciones de satisfacción (estándares) y tolerancias, la competencia del personal y sistemas de contratación de mano de obra”, señala Marisol Saavedra, subgerente en Gestión de Calidad e Innovación, en Desarrollos Constructivos Axis S.A., agregando por otra parte, que los proyectos requieren de un mayor número de profesionales en obra, lo que se ha tornado un desafío en términos de generar habilidades blandas y liderazgos orientados al trabajo en equipo. “Se debe incorporar a los clientes o mandantes en este nuevo enfoque, ya que ellos son parte importante del diseño, desarrollo y recepción de los proyectos”, detalla la subgerente. Los expertos consultados señalan que en el caso del diseño hay potencial de mayor avance ya que en general son pocos los arquitectos y calculistas que están incluyendo estos cambios. “Hay una tendencia de buena arquitectura industrial, que mediante la incorporación de nuevos materiales, como cerchas de madera laminada, pueden lograr ventajas como grandes luces”, comenta Rodolfo Saragoni de SyS Ingenieros Consultores. Este avance de

la arquitectura también trae consigo la implementación de varias de sus metodologías, herramientas y desarrollos, como por ejemplo, el uso del Building Information Modeling (BIM). “La adecuada aplicación de esta tecnología sirve para mejorar la productividad del sector construcción, que es uno de sus grandes déficit. Además, es una herramienta que está siendo exigida en grandes proyectos, por ejemplo del sector minero”, comenta el ingeniero. Así como sucede en proyectos que aplican BIM como hospitales y edificios, para la construcción industrial presenta la oportunidad de un diseño coordinado y con mejor manejo de los plazos. “BIM nos permite construir virtualmente los proyectos en forma previa, visualizando resultados e interferencias, corregir y posteriormente hacer seguimiento a la ejecución”, señala Saavedra. Asimismo, también se han apreciado (aunque en menor medida aún) aspectos de mayor diseño arquitectónico e implementación de estrategias de eficiencia energética en proyectos industriales.

ALGUNOS CASOS

Un ejemplo de arquitectura aplicada en construcción industrial es el realizado en la planta embotelladora de agua Ice Swan, ubicada en la región de Aysén, donde además de responder a las necesidades propias de la obra, el diseño y la relación con el entorno jugaron un rol preponderante. El proyecto de Panorama Arquitectos consistió en un cubo de estructura metálica, de 18 m x 18 m y 6 m de alto, revestido en un vidrio serigrafado negro, capaz de reflejar el entorno y resistir las duras condiciones climáticas. Los arquitectos levantaron un recinto industrial en medio de bosques vírgenes, en la frontera del Parque Nacional Queulat. El volumen cuadrado está construido sobre la base

CONCLUSIONES

► Los diferentes tipos de obras industriales (como galpones, naves industriales, plantas procesadoras, etcétera) cumplen roles específicos dependiendo de las necesidades de las actividades para las que son desarrolladas, tomando en cuenta aspectos como los materiales, instalaciones, espacios y diseños, entre otros.

► **Como todo el sector, las obras industriales también deben cumplir con normas de diseño y construcción para su correcto desarrollo y desempeño. A modo de ejemplo, actualmente se trabaja en la actualización de la NCh2369, norma sobre el diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales. Dentro de las modificaciones se encuentran cambios menores en los capítulos que cubren las fuerzas sísmicas de diseño sobre las estructuras y otras mayores en las disposiciones de diseño de estructuras metálicas y de hormigón prefabricado.**

► El objetivo de estas actualizaciones es que los profesionales que desarrollen proyectos de diseño de estructuras y/o equipos industriales cuenten con una normativa moderna que permita mantener y/o mejorar el comportamiento sísmico de este tipo de instalaciones durante eventos sísmicos de gran magnitud con un criterio de continuidad de operación post sismo.

► **Aspectos de diseño y arquitectónicos se han ido integrando en el desarrollo de estos proyectos. Así, la consideración del entorno, el diseño de estrategias de sostenibilidad energética y el uso de herramientas como el BIM, entre otros, son parte de elementos que se aplican para dar nuevos aires a estas construcciones.**

de una estructura metálica, completamente apertada, como un mecano. Con esto se quería que fuera totalmente desmontable. Por su parte, al interior de la obra se encuentra la máquina embotelladora (en una zona libre), mientras que el resto de los recintos de administración, como la sala de ventas y visita, están dispuestos en módulos de menor altura, con sus muros y pisos revestidos en madera para entregar una sensación de calidez. Los paneles interiores son aislantes, de tipo frigorífico, en base a placa de aglomerado pintadas. Se plantearon además, aperturas hacia el exterior desde los diferentes recintos de trabajo, haciendo presente la cascada, de modo de minimizar la sensación de encierro por las duras condiciones climáticas. Debido a su ubicación en el lecho del río Queulat, el lugar tenía un suelo pantanoso con una alta acumulación de agua. Para que el suelo fuera viable para la construcción se removió una capa importante de terreno y se trajo tierra apta desde Coyhaique. Sobre esta, se hicieron fundaciones perimetrales corridas, de acuerdo a las especificaciones de cálculo y los radieres, siendo estos los únicos elementos de toda la obra en hormigón. El talud de tierra, de 1 m de altura, fue recubierto con especies vegetales para evitar su erosión, lo que a su vez permite enfrentar posibles inundaciones (más detalles de la obra en Revista BiT N°92).

Otro caso en el que la arquitectura tuvo un rol preponderante es en la planta industrial de aceite de oliva, Almazara Olisur; una obra diseñada por GH+A Arquitectos y construida en sintonía con su entorno. Y es que de acuerdo a los arquitectos, el edificio tomó una forma en que las líneas de plantación parecieran dibujarse en la fachada, además de poseer una armonía cromática, (es decir, va “cambiando” de color con la luz del sol). La obra fue diseñada en base al proceso que tiene la aceituna para convertirse en aceite de oliva (esto es, un sistema lineal, que puede realizarse en parte por gravedad) por lo que se aprovechó el desnivel del terreno para disminuir la utilización de bombas para la impulsión. La planta está edificada en base a un sistema de pilares de hormigón armado de 60x60 cm que se construyeron en la misma obra. Sobre esa estructura, se instalaron 21 cerchas Poloceaux de madera laminada. En las fachadas de la planta se aplicó un revestimiento de fibrocemento, material que cuenta con vetas tipo madera y cuya principal ventaja es que no le afecta la humedad. También destaca la implementación en la planta de un sistema de bioclima lo que permite regular la temperatura en base a energías renovables. El sistema se basa en el soterramiento de una tubería a una profundidad tal que las temperaturas se hacen más estables, lo que permite lograr flujos de aire climatizados en distintas estaciones del año (más detalles de esta obra en Revista BiT N°86).

Así, la construcción industrial avanza y se complementa tanto con el aporte que el desarrollo arquitectónico puede agregar a los diseños, como de las actualizaciones normativas que le permiten mejorar sus procesos constructivos y su vida útil en general. ■





¡Di adiós al radier de hormigón!
Con VolcanBoard Entrepiso puedes generar pisos ventilados y sin problemas de humedad.

VOLCANBOARD **ENTREPISO**

**GENERANDO ESPACIOS PARA HACER
TU VIDA MÁS FÁCIL**

Láminas de fibrocemento de alto espesor, diseñadas para dividir horizontalmente dos niveles en una edificación

ENCUÉNTRANOS EN
LAS CONDES
DESIGN
SHOWROOM PLAZA

www.volcan.cl / contacto (56-9) 8768 2408

