

Restoration of Quay Quarter Tower, Sydney, Australia

Overall winner of the 2023 ACI Excellence in Concrete Construction Awards

Located in the Central Business District of Sydney, NSW, Australia, the 50-story Quay Quarter Tower (QQT) is believed to be the world's largest and tallest adaptive reuse project. The design expanded the tower's size and extended its service

life by 50 years—all while saving time and money and reducing the project's carbon footprint.

"The Quay Quarter Tower is an excellent example of how we can reuse an existing building and save natural resources," said awards judge Roberto Stark, President of Stark + Ortiz, S.C., a consulting firm based in Mexico City, Mexico.

Built in 1976, the skyscraper was reaching the end of its life span by 2020. Rather than demolish and rebuild, the project team chose to upcycle it. They retained 90% of the existing core structure and 65% of the beams, columns, and slabs, which resulted in a savings of 12,000 metric tons (13,230 tons) of embodied carbon. When compared with conventional demolition and rebuilding, the adaptive reuse strategy shaved construction time by 13 months and project costs by 140 million AUD.

Adaptive reuse at such a large scale comes with several engineering and construction complexities. A construction sequence that involved simultaneous demolition and construction activities added another layer of complexity to the project. Stark gave the project team high praise for identifying the important aspects to be considered when embarking on such an expansion.

Project Details

The QQT project involved the redevelopment of the 45-year-old

reinforced concrete building along with the addition of new structural elements—both vertically and horizontally. The project team included developer/owner AMP Capital; engineering firms BG&E, ADG Engineers, and Kasina Consultants (peer reviewers); general contractor Multiplex Construction; architectural firms 3XN Architects and BVN Architecture; concrete contractor De Martin and Gasparini; and concrete supplier Boral Limited.

Construction work included top-down demolition of nearly one-third of each floor, which enabled the extension of concrete core walls (the main lateral stability system) and composite floor plates on the north side of the existing core walls. Every floor was lengthened by about 100 ft (30 m) to the north, which provided an additional 10,800 ft² (1000 m²) of office space per level. Five stories were added on top of the building, increasing its height by approximately 100 ft.

Connecting New Concrete to Old

Concrete was the project team's building material of choice for several reasons, said Reza Hassani, Senior Associate Structural Engineer at BG&E. The material's high strength, stiffness, and durability properties met project requirements to ensure lateral stability of the high-rise. At the same time, using concrete enabled ease of construction as well as cost and time efficiencies.



Quay Quarter Tower is a landmark building in the heart of Sydney, Australia, that offers new work, retail, and social experiences. The project achieved a 6 Star Green Star – Office Design v3 and is targeting a 5.5 Star NABERS Energy rating

However, a major concern was that shrinkage of the fresh concrete in the new construction would pull the existing core and its adjacent columns downward, affecting all facets of construction, including the elevators and the façades. To minimize these adverse effects, the team used a special concrete mixture with low shrinkage, low hydration temperature, and high elasticity.

A pour strip was introduced between the new and existing core walls to leave a temporary gap between the building's old and new portions. The pour strip was fully connected after 42 days, which allowed the new construction to substantially settle before tying the old and new together. To minimize the column shortening in the new structure, the team used concrete-filled steel tubes with low-shrinkage concrete.

Modeling and Testing

"The greatest challenge was predicting the differential horizontal and vertical movements between the old and new towers in the design process," Hassani said. "We overcame this by conducting a rigorous structural analysis along with structural monitoring throughout construction to gain more knowledge about the building behavior and design for the predicted building deformations."

The project team developed a four-dimensional (4-D) time-dependent nonlinear staged finite element model to analyze the structure from its first construction in 1976 to the end of its new life in 2070. The model considered the in-place mechanical and time-dependent material properties of the existing concrete, including strength, modulus of elasticity elements, shrinkage, creep, and aging. To assess the in-place material properties of the existing building, the team used several destructive and nondestructive test methods, including:

- Performing carbonation and chloride diffusion tests to investigate the durability of the existing concrete and ensure the structure's design life could be extended for the next

50 years;

- Installing accelerometers, strain gauges, and inclinometers to measure structural accelerations, strains, and displacements;
- Employing conventional methods like surveying; and
- Taking about 1600 core samples from the concrete elements to determine the mechanical properties of the concrete.

The data captured were used to calibrate the structural model at several milestones. The digital twin became a true representative of the structure, and the calibrated model mitigated the risks associated with existing buildings and dealing with unknown structural parameters. From the detailed structural checks, the team identified where reinforcement was needed to upgrade the structural performance of key elements and extend the overall design life.

As a result, the core walls were strengthened by using externally bonded carbon fiber-reinforced polymer (CFRP) laminates and steel plates to increase their tensile and compressive/shear strength, respectively. The coupling beams were strengthened for axial, shear, and flexural actions with an innovative hybrid system that contained CFRP and steel plates. The capacity of the reinforced concrete columns was improved through concrete jacketing.

Setting a New Standard for Sustainable Design

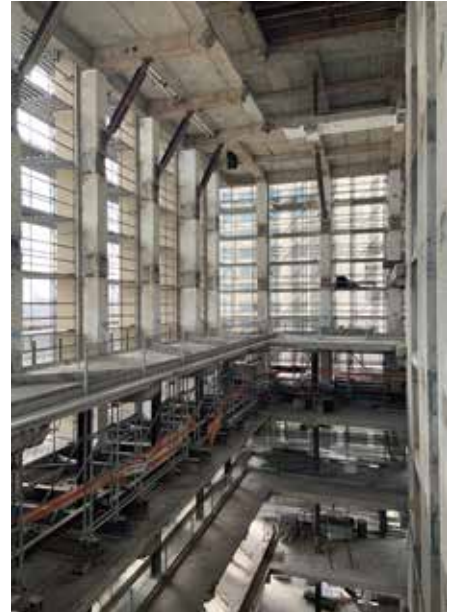
"This project was both innovative and creative. The project team of architects, engineers, and contractors addressed many unique challenges to deliver a world-class sustainable building," said awards judge Ron Burg, former ACI Executive Vice President.

The upcycled tower was completed in 2022 and was built with future transformation in mind. Now standing 709 ft (216 m) tall with a doubled floor-plate size, the structure provides an additional 480,000 ft² (45,000 m²) of new office space. The project team's use of innovative materials and solutions has set a new global standard for the

conservation and service life extension of tall concrete buildings.

"This project is now a benchmark for the sustainable design of future high-rise buildings," Hassani said.

Selected for reader interest by the editors.



Quay Quarter Tower under construction

Restauración de la Torre Quay Quarter, Sídney, Australia

Ganador absoluto de los Premios ACI a la Excelencia en la Construcción de Concreto 2023



La Torre Quay Quarter es un edificio emblemático en el corazón de Sídney (Australia) que ofrece nuevas experiencias laborales, comerciales y sociales. El proyecto obtuvo 6 estrellas Green Star - Office Design v3 y aspira a una calificación energética de 5.5 estrellas NABERS.

Ubicada en el distrito financiero central de Sídney (Nueva Gales del Sur, Australia), la Torre Quay Quarter de 50 pisos (QQT, por sus siglas en inglés) es el proyecto de reutilización adaptativa más grande y alto del mundo. El diseño amplió el tamaño de la torre y extendió su servicio 50 años, al tiempo que se ahorra tiempo y dinero, y se reduce la huella de carbono del proyecto.

“La Torre Quay Quarter es un excelente ejemplo de cómo podemos reutilizar un edificio existente y ahorrar recursos naturales”, ha declarado Roberto Stark, miembro del jurado de los premios, y presidente de Stark + Ortiz, S.C., empresa consultora con sede en Ciudad de México (México).

Construido en 1976, el rascacielos llegaba al final de su vida útil en 2020. En lugar de demolerlo y reconstruirlo, el equipo del proyecto optó por reciclarlo. Conservaron el 90% de la estructura principal existente y el 65% de las vigas, columnas y losas, con lo que se consiguió un ahorro de 12,000 toneladas métricas (13,230 toneladas) de carbono incorporado. En comparación con la demolición y reconstrucción convencionales, la estrategia de reutilización adaptativa redujo el tiempo de construcción por 13 meses y los costos del proyecto por 140 millones de dólares australianos.

La reutilización adaptativa a tan gran escala conlleva varias complejidades de ingeniería y construcción. Una secuencia de construcción que implicaba actividades simultáneas de demolición y construcción añadía otra capa de complejidad al proyecto. Stark elogió al equipo del proyecto por identificar los aspectos importantes que debían tenerse en cuenta al embarcarse en una ampliación de este tipo.



Torre Quay Quarter en construcción.

Detalles del proyecto

El proyecto QQT consistió en la remodelación de un edificio de concreto armado de 45 años y la adición de nuevos elementos estructurales, tanto verticales como horizontales. El equipo del proyecto estaba formado por el desarrollador/propietario AMP Capital; las firmas de ingeniería BG&E, ADG Engineers y Kasina Consultants (revisores); el contratista general Multiplex Construction; los arquitectos 3XN Architects y BVN Architecture; el contratista de concreto De Martin and Gasparini; y el proveedor de concreto Boral Limited.

Los trabajos de construcción incluyeron la demolición de arriba-abajo de casi un tercio de cada piso, lo que permitió ampliar las paredes principales de concreto (el principal sistema de estabilidad lateral) y los pisos compuestos en el lado norte de los muros centrales existentes. Cada piso se alargó unos 100 pies (30 m) hacia el norte, lo que proporcionó más de 10,800 pies cuadrados (1,000 metros cuadrados) de espacio de oficinas por nivel. Se añadieron cinco pisos sobre el edificio, aumentando su altura por unos 100 pies (30.48 m).

Conectar el concreto nuevo con el viejo

El concreto fue el material de construcción elegido por el equipo del proyecto por varias razones, dijo Reza Hassani, Ingeniero Estructural Asociado de BG&E. Las propiedades de alta resistencia, rigidez y durabilidad del material cumplían con los requisitos del proyecto para garantizar la estabilidad lateral del rascacielos. Al mismo tiempo, el uso del concreto facilitaba la construcción y ahorra tiempo y dinero.

Sin embargo, una de las principales preocupaciones era que la contracción del concreto fresco de la nueva construcción pudiese jalar hacia abajo al núcleo existente y sus columnas adyacentes, lo que afectaría todas las facetas de la construcción, incluyendo los ascensores y las fachadas. Para minimizar estos efectos adversos, el equipo utilizó una mezcla especial de concreto con baja retracción, baja temperatura de hidratación y alta elasticidad.

Se introdujo una ventana para el vertido entre los muros nuevos y el núcleo existente para dejar un hueco temporal entre las partes antiguas y nuevas del edificio. La ventana para el vertido se conectó completamente al cabo de 42 días, lo que permitió que la nueva construcción se asentara sustancialmente antes de unir lo viejo y lo nuevo. Para minimizar el acortamiento de los pilares de la nueva estructura, el equipo usó tubos de acero rellenos de concreto de baja retracción.

Modelado y pruebas

“En el proceso de diseño, el mayor reto fue predecir los movimientos horizontales y verticales diferenciales entre las torres antigua y nueva”, dijo Hassani. “Lo superamos realizando un riguroso análisis estructural junto con una supervisión estructural a lo largo de la construcción para obtener más conocimientos sobre el comportamiento del edificio y diseñar para las deformaciones previstas para el edificio.”

El equipo del proyecto elaboró un modelo de elementos finitos no lineales por etapas en cuatro dimensiones (4-D), dependiente del tiempo para analizar la estructura desde su primera construcción en 1976 hasta el final de su nueva vida útil en 2070. Para el concreto existente, el modelo consideró las propiedades mecánicas en el lugar y las propiedades dependientes del tiempo, incluyendo la resistencia, el módulo de elasticidad, la contracción, el flujo plástico y el envejecimiento. Para evaluar las propiedades de los materiales in-situ del edificio existente, el equipo utilizó varios métodos de pruebas destructivas y no destructivas, entre ellas:

- Realización de pruebas de carbonatación y difusión de cloruros para investigar la durabilidad del concreto existente y garantizar que la vida útil de la estructura pueda prolongarse durante los próximos 50 años;
- Instalación de acelerómetros, medidores de tensión e inclinómetros para medir aceleraciones, tensiones y desplazamientos estructurales;
- Empleando métodos convencionales como la topografía; y
- Extracción de aproximadamente 1600 núcleos de los elementos de concreto para determinar las propiedades mecánicas del concreto.

Los datos capturados se utilizaron para calibrar el modelo estructural en varias etapas. El gemelo digital se convirtió en un verdadero representante de la estructura, y el modelo calibrado mitigó los riesgos asociados con los edificios existentes, al lidiar con parámetros estructurales desconocidos. A partir de las comprobaciones estructurales detalladas, el equipo determinó dónde era necesario reforzar para mejorar el desempeño estructural de los elementos clave y ampliar la vida útil general del diseño.

Como resultado, los muros del núcleo se reforzaron usando láminas de polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP, por sus siglas en inglés) unidos externamente y placas de acero para aumentar su resistencia a tensión y a compresión/cortante, respectivamente. Las vigas de acoplamiento se reforzaron para acciones axiales, cortantes y de flexión con un innovador sistema híbrido que contenía CFRP y placas de acero. La capacidad de los pilares de concreto armado se mejoró mediante un encamisado de concreto.

Un nuevo estándar de diseño sostenible

“Este proyecto fue innovador y creativo. El equipo del proyecto, formado por arquitectos, ingenieros y contratistas, afrontó muchos retos únicos para conseguir un edificio sostenible de primera clase”, afirmó Ron Burg, antiguo Vicepresidente Ejecutivo de ACI.

La torre reciclada se completó en 2022 y se construyó pensando en su futura transformación. Ahora, con 709 pies (216 metros) de altura y el doble de superficie construida, la estructura ofrece 480,000 pies cuadrados (45,000 metros cuadrados) adicionales de espacio de oficinas. El uso de materiales y soluciones innovadores por parte del equipo del proyecto ha establecido un nuevo estándar mundial para la conservación y prolongación de la vida útil de los edificios altos de concreto.

“Este proyecto se ha convertido en una referencia para el diseño sostenible de futuros rascacielos” declaró Hassani.

Seleccionados por los editores por su interés para el lector.

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo de Puerto Rico

Título: Restauración de la Torre Quay Quarter, Sídney, Australia



*Traductora:
Nicole
Mejía Borrero*



*Revisor Técnico:
José M.
Mejía Borrero*