



A Vertical Garden in Concrete

In one of the most biodiverse cities, a total-concrete residential building rises above the rooftops

by Deborah R. Huso

Bisected by the equator, Ecuador has a consistent, subtropical climate throughout the year, which accounts for its distinction of having more unique plant species per square meter than any other country on the planet. This flora-friendly environment was a significant inspiration for the designers of the IQON apartment building in Quito, one of the highest-elevation cities in the world.

Designed to look like a 130 m (427 ft) stacked flowerpot, the fully cast-in-place concrete residential structure is also the tallest building in the capital city and the third tallest in Ecuador (Fig. 1).

Completed in 2022, the IQON building features an eye-catching façade of stacked concrete “voxels” rotated around the structure’s concrete core to provide private terraces replete with flowing greenery and views of the city below.

“Quito has amazing plant life, and we wanted to accentuate that connection to the outdoors,” explained Lorenz Krisai, Associate at the New York, NY, USA office of Copenhagen, Denmark-based Bjarke Ingels Group (BIG), the building’s primary architect. According to Natalia McLean, Design Director at Quito-based architectural planning, design, and construction company Uribe Schwarzkopf, a major goal of the IQON building’s design was to make it an extension of the adjacent La Carolina Park with the same species of trees and plants climbing up the side of the structure, “like the branch of a tree.”

Designing with Views and Seismic Movement in Mind

The building was designed as a gradually curving “L” so that every apartment would have a view, “like a series of rooms with staggered elements to capture views to the north and south,” said Mario Lafontaine, Director of Seismic Technologies with Santiago, Chile-based René Lagos Engineers. As the building curves into this “L” shape, so do the rooms, always turning to optimize access to sunlight and the views over the rooftops of Quito. Each apartment also has a wall of windows facing mainly both north and south to allow for cross ventilation (Fig. 2).



Fig. 1: The IQON building in Quito, Ecuador (photo courtesy of Uribe Schwarzkopf)



Fig. 2: Each unit of the IQON building has a wall of windows (photo courtesy of BIG)

But that curving design, combined with the structure’s height, created challenges of its own. “This building is the tallest in Quito, so we did a lot of dynamic analysis,” Lafontaine noted, adding that engineers referred to building codes from the seismically active city of Los Angeles, CA, USA, as they designed the structure.

The relocation of Quito’s airport away from the city center allowed the IQON building to be constructed at twice the height previously allowed. But its location in an area with active volcanoes, including Guagua Pichincha at the doorstep of the city, meant height came with risks.

“Seismic design is really important in this area,” Krisai said. “You need a lot of mass and a very strong building.”

According to Fernando Romo, Executive Vice President at Quito-based architectural and engineering consulting firm Fernando Romo Consultores, the geologic faults that establish Quito as a jurisdiction with high seismic risk account for concrete being a primary building material in the region: “Concrete provides rigidity and flexibility at the same time.” In the case of the IQON building, concrete cores in each leg of the “L” work together to provide translational and torsional seismic resistance (Fig. 3).

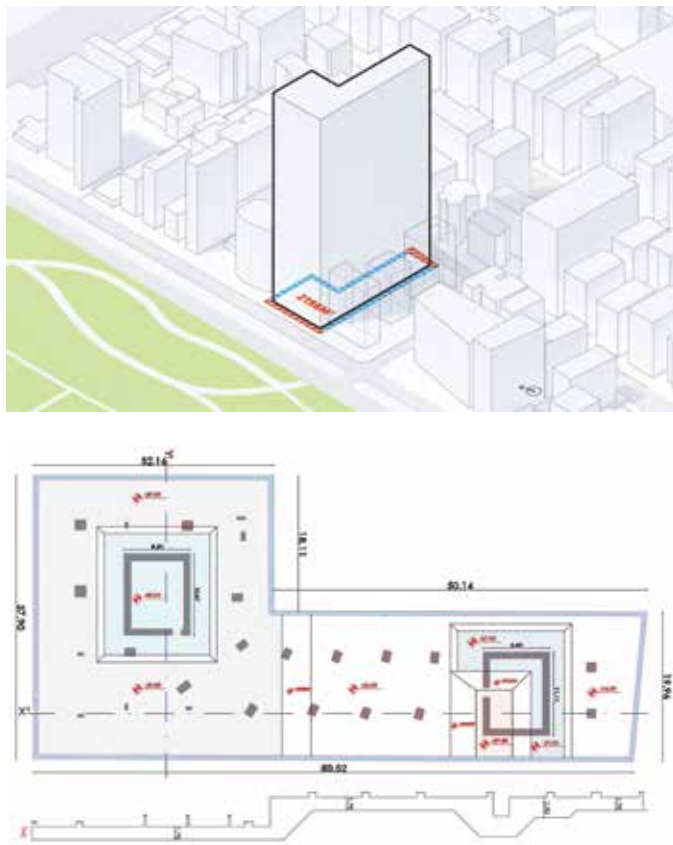


Fig. 3: The IQON building’s mat foundation is stepped, varies in thickness from 2 to 5 m (6 to 16 ft), and has a footprint of 2200 m² (23,680 ft²). Concrete cores in the two legs of the “L” provide seismic resistance for the tower above. *Note: All dimensions are in meters (figures courtesy of BIG and Fernando Romo Consultores)*

Concrete also achieves the necessary fire resistance for apartment buildings because, as Romo noted, “concrete is basically a man-made rock.” Further, Ecuador is not a steel-producing country, so Romo said engineers and builders try to limit the amount of steel that must be imported. Lastly, as the go-to material for construction in Quito, concrete is familiar to local builders and tradespeople.

“This was our first project in Quito and South America in general,” Krisai said, noting that the environment in the Andes offers an array of both opportunities and challenges. “Quito has a perfect climate year-round. The sun rises at 6 a.m. and sets at 6 p.m. every day, and you don’t need to have insulation or air conditioning.” That allowed for design and construction that was “more pure and minimal,” Krisai added.

Concrete construction also allowed for the benefits of thermal mass in a structure without insulation or air conditioning. “It can get a little chilly at night and up to 28°C [82°F] during the day, so the building’s concrete façade and structure help hold heat and cold,” Krisai explained.

Further, concrete construction made it possible to create a building with greenery on its façade. Apartments feature terraces with planters containing one or more trees and plants like those found in adjacent La Carolina Park. “We wanted it to feel like you’re walking into a garden when you step onto your balcony,” Krisai explained. “The only way to do that without raised planters was to take up space in the apartment below, so we placed a structural wall underneath each terrace that essentially occupies space in the living room in the apartment below to give a hollow space for tree roots to grow (Fig. 4). The roots are hidden in the sculptural wall in your neighbor’s living room,” Krisai said, creating a unique architectural feature in concrete in the interior of every apartment.

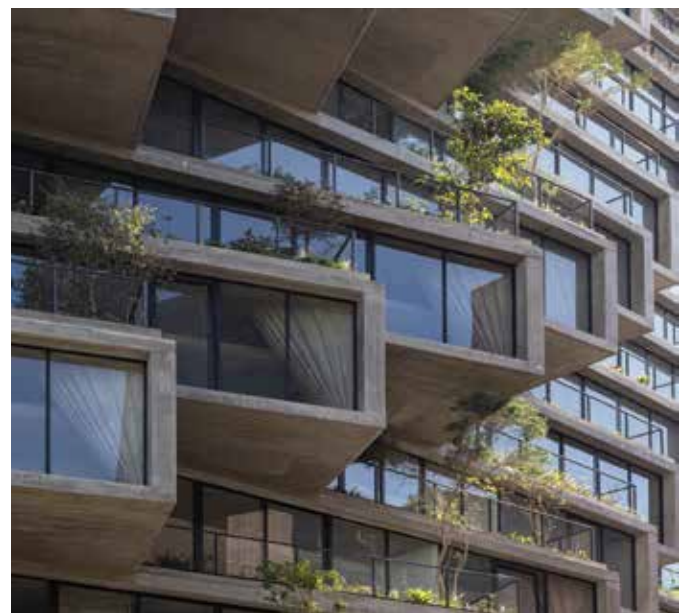


Fig. 4: Planters were created by forming sculptural walls in the apartment below *(photo courtesy of BIG)*

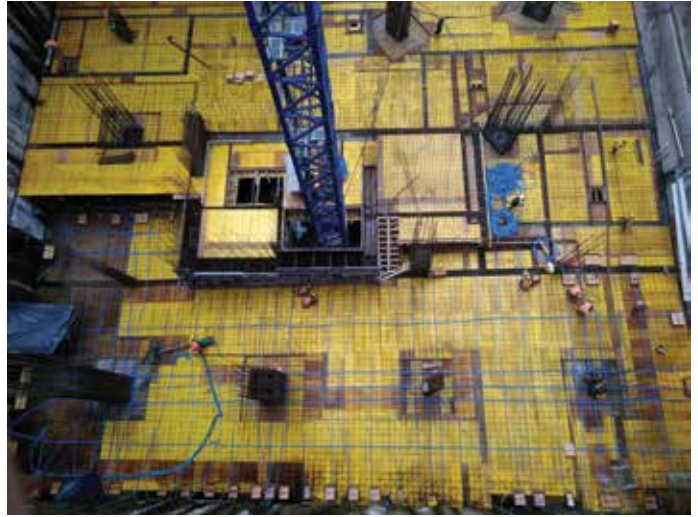


Fig. 5: Views of the mat foundation during construction (photos courtesy of Fernando Romo Consultores)

Deepest Foundation in Quito

The IQON building's distinctive concrete façade was an intentional design feature. "We wanted to be very honest about the material and use it for façade and structure," Krisai explained. "There's something very beautiful in the texture of the concrete. It picks up on the technique of the formwork, which is imprinted on the façade."

The striking 33-story apartment building also includes eight underground levels and is supported by a massive mat foundation placed nearly 30 m (98 ft) below grade (Fig. 3 and 5).

Romo said the IQON building has the deepest foundation for a residential building in the city, which created challenges for excavating deeper into Quito's water table, which is about 14 m (46 ft) below the soil surface. Builders had to abate the water level during excavation by installing wells on the jobsite.

Excavation was incremental. "We excavated [one level at a time] and then constructed perimeter walls," Romo explained. "Then we'd do the next level and so on." That process repeated all the way to the foundation.

From the foundation up, workers built the structure slab by slab. "As the building [went] up, the crane supported itself on the floors already built," Romo explained (Fig. 6). "The concrete mix design was modified gradually as the building was [going up] to maintain final properties but at the same time be viable for pumping at different heights."

"The floor slabs zigzag as they [orient] toward the park," Krisai explained. "There is some repetition with the pattern repeating every three floors." This allowed some of the formwork to be reused. "But it's not a very straightforward grid-like building," Krisai added. "Conceptually, it's one box sitting on another."

Each of the boxes has 300 mm (12 in.) walls and a 600 mm (24 in.) floor slab, although the slab thickness reduces to 300 mm at the terraces and where the soffit is exposed on the exterior of the building, as well as within the interior bay of the building.



Fig. 6: The construction crane was supported by recently completed floors (photo courtesy of Uribe Schwarzkopf)

Concrete Composition for High Elevation and Seismic Shift

The high altitude of Quito at 2850 m (9350 ft) above sea level presented some challenges for placing concrete. Because altitude can affect the curing process of concrete, different types of concrete were used throughout the building.

In most of the above-grade building, the concrete has a compressive strength of 45 MPa (6530 psi), according to Romo. In the case of reinforced columns located in areas of high congestion, the building team used self-consolidating concrete (SCC). The floors are post-tensioned slabs with a compressive strength of 45 MPa. Concrete had to achieve 20 to 25 MPa (2900 to 3625 psi) within 3 days of placing for post-tensioning to be applied. Thermal modeling was used to determine the curing process needed to avoid excessive core

temperatures and thermal differentials in the foundation mat.

The sculptural planters are also constructed with SCC. The design called for three sizes of planters, so the contractor used prefabricated and reusable steel formwork to build the required sculptural walls (Fig. 7). The building features 113 large planters, each with a large tree. “It was a challenge to make that work,” Krisai said. “There’s so much weight in those planters.”

It took 4 years to complete construction of the IQON building, due in part to work stoppages as a result of the COVID-19 pandemic in 2020 and restrictions on the number of workers who could be on site at any given time. The top level of the structure was placed in January 2022, completing this vertical community and extension of La Carolina Park.

By the project’s end, the building team had placed 4500 tonnes (4960 tons) of reinforcement and 39,000 m³ (51,010 yd³) of concrete. The total project cost came in at 45 million USD. The IQON building is also EDGE-certified, having met Green Business Certification Inc. (GBCI) requirements for resource-efficient construction in emerging markets.

Selected for reader interest by the editors.



Fig. 7: Steel formwork was reused to build the terrace planters (photo courtesy of Fernando Romo Consultores)



Deborah R. Huso is Creative Director and Founding Partner of WWM, Farmington, NM, USA. She has written for a variety of trade and consumer publications, such as *Ascent*, *U.S. News & World Report*, *Concrete Construction*, and *Construction Business Owner*. She has provided website development and content strategy for several building products companies, including Cultured Stone and Trex.

ACI Multi-User/Multi-Site Solutions



From a single title, to a custom selection, to ACI’s full collection, the American Concrete Institute partners with leading distributors to provide access to the Institute’s published content for multiple locations and/or multiple users.

**CUSTOMIZABLE COLLECTION MULTIPLE USERS
MULTIPLE LOCATIONS BUNDLE WITH OTHER PUBLISHERS**



Techstreet

MADCAD.com

SAI GLOBAL



American Concrete Institute
Always advancing

www.concrete.org

01

Un Jardín Vertical en Concreto

En una de las ciudades más biodiversas, un edificio residencial completamente de concreto se eleva por encima de las azoteas.

Por Deborah R. Huso



Fig.1: El edificio IQON en Quito, Ecuador (foto cortesía de Uribe Schwarzkopf).



Dividida por la línea ecuatorial, Ecuador tiene un clima subtropical consistente durante todo el año, lo que le confiere la distinción de tener más especies de plantas únicas por metro cuadrado que otro país del mundo. Este entorno de flora amigable fue una inspiración significativa para los diseñadores del edificio de apartamentos IQON en Quito, una de las ciudades de mayor altitud del mundo.

Diseñado para parecerse a un macetero apilado de 130 m de altura (427 pies), la estructura residencial de concreto fundido in situ es también el edificio más alto de la capital y el tercero más alto de Ecuador (Fig. 1).

Completado en 2022, el edificio IQON presenta una fachada llamativa de “vóxeles” de concreto apilados que giran en torno a un núcleo estructural de concreto, ofreciendo terrazas llenas de una vegetación continua y vistas hacia la ciudad.

“Quito posee una increíble vegetación, y nosotros queríamos resaltar esa conexión con el exterior”, explicó Lorenz Krisai, Asociado de la oficina de New York, NY, USA de Bjarke Ingels Group (BIG), la firma de arquitectura principal con sede en Copenhague, Dinamarca. Según Natalia McLean, Directora de Diseño en la compañía de arquitectura Uribe Schwarzkopf con sede en Quito, dedicada a la planificación, diseño y construcción, uno de los principales objetivos de diseño del edificio IQON fue de realizarlo como una extensión del adyacente Parque La Carolina como si las mismas especies de árboles y plantas escalaran por un costado de la estructura, “como la rama de un árbol”.

Diseñando con Vistas y Movimiento Sísmicos en Mente

El edificio fue diseñado como una “L” que curva gradualmente de manera que cada departamento tenga una vista, “una serie de dormitorios como elementos apilados para aprovechar las vistas hacia el norte y el sur” dijo Mario Lafontaine, Director de

Tecnologías Sísmicas de René Lagos Engineers, con sede en Santiago, Chile. A medida que el edificio se curva en esta forma de “L”, también lo hacen las habitaciones, siempre girando para optimizar el acceso de la luz solar y las vistas sobre los tejados de Quito. Cada apartamento también tiene una pared de ventanas orientadas principalmente hacia el norte y el sur para permitir la ventilación cruzada (Fig. 2).

Pero ese diseño curvado, combinado con la altura de la estructura, generó sus propios desafíos. “Este edificio es el más alto de Quito, por lo que realizamos muchos análisis dinámicos”, señaló Lafontaine, agregando que los ingenieros se basaron en los códigos de construcción de la ciudad sísmicamente activa de Los Ángeles, CA, EE.UU., al diseñar la estructura.

La reubicación del aeropuerto de Quito lejos del centro de la ciudad permitió que el edificio IQON se construyera al doble de la altura permitida anteriormente. Pero su ubicación en una zona de alta actividad volcánica, que incluye el Guagua Pichincha muy próximo a la ciudad, significaba que la altura venía con riesgos.

“El diseño sísmico es muy importante en esta área” agregó Krisai. “Necesitas una gran masa y un edificio muy resistente”.

Según Fernando Romo, Vicepresidente Ejecutivo de la firma quiteña consultora de arquitectura e ingeniería Fernando Romo Consultores, las fallas geológicas que establecen a Quito como una jurisdicción de alto riesgo sísmico explican por qué el concreto es un material de construcción principal en la región: “El concreto proporciona rigidez y flexibilidad al mismo tiempo”. En el caso del edificio IQON, los núcleos de concreto en cada sección de la “L” trabajan juntos para proporcionar resistencia sísmica traslacional y torsional (Fig. 3).



Fig.2: Cada unidad del edificio IQON posee una pared de ventanas (foto cortesía de BIG).

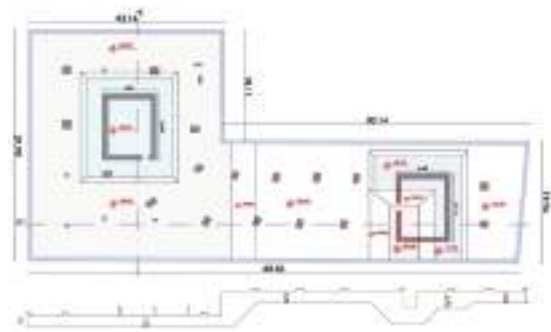


Fig. 3: La losa de cimentación del edificio IQON es escalonda, varía en espesor de 2 a 5 m (6 to 16 ft), y abarca una área de 2,200 m² (23,680 ft²). Los núcleos de concreto en las dos secciones de la “L” proporcionan resistencia sísmica para la torre. Nota: Todas las dimensiones se encuentran en metros. (Figuras cortesía de BIG y Fernando Romo Consultores).

El concreto también logra la resistencia al fuego necesaria para edificios de apartamentos porque, como señaló Romo, “el concreto es básicamente una roca hecha por el hombre”. Adicionalmente, Ecuador no es un país productor de acero, a lo que Romo agregó que los ingenieros y constructores intentan limitar la cantidad de acero que debe ser importada. Por último, como material para construcción de preferencia en Quito, el concreto es conocido por los constructores y comerciantes locales.

“Este fue nuestro primer proyecto en Quito y en Sudamérica en general”, dijo Krisai, señalando que el entorno en los Andes ofrece una variedad de oportunidades y desafíos. “Quito tiene un clima

perfecto durante todo el año. El sol sale a las 6 a.m. y se pone a las 6 p.m. todos los días, y no necesitas tener aislamiento o aire acondicionado”. Eso permitió un diseño y construcción “más puro y minimalista”, añadió Krisai.

La construcción en concreto también permitió los beneficios de masa térmica en una estructura sin aislamiento ni aire acondicionado. “Durante la noche se puede poner un poco frío y durante el día llegar a una temperatura de 28°C [82°F], de manera que la fachada y estructura de concreto del edificio ayuden a retener el calor y el frío”, explicó Krisai.

Además, la construcción en concreto hizo posible crear un edificio con vegetación en su fachada. Los apartamentos cuentan con terrazas con jardineras que contienen uno o más árboles y plantas como las que se encuentran en el adyacente Parque La Carolina. “Queríamos que se sintiera como si estuvieras entrando en un jardín cuando salieras a tu balcón”, explicó Krisai. “La única manera de realizar eso sin jardineras elevadas era ocupar espacio en el apartamento inferior, así que colocamos una pared estructural debajo de cada terraza que esencialmente ocupa espacio en la sala del apartamento de abajo para dar un espacio hueco para que crezcan las raíces de los árboles (Fig. 4). Las raíces están ocultas en la pared escultórica en la sala de tu vecino”, dijo Krisai, creando un detalle arquitectónico único en concreto en el interior de cada apartamento.

La Cimentación más Profunda de Quito

La distintiva fachada de concreto del edificio IQON fue un rasgo intencional de diseño. “Queríamos ser muy honestos con el material y usarlo tanto para la fachada como para la estructura”, explicó Krisai.

“Hay algo muy hermoso en la textura del concreto. Captura la técnica del encofrado, que se imprime en la fachada”.

El impresionante edificio de apartamentos de 33 pisos de altura también incluye ocho niveles subterráneos y está soportado por una enorme losa de cimentación ubicada casi 30 m (98 ft) por debajo del nivel del suelo (Figs. 3 y 5).

Romo mencionó que el edificio IQON tiene la cimentación más profunda para un edificio residencial en la ciudad, lo que generó desafíos al excavar dentro de la capa freática de Quito, que se encuentra a unos 14 m (46 ft) bajo la superficie del suelo. Los constructores tuvieron que disminuir el nivel del agua durante la excavación instalando pozos en el lugar de trabajo.

La excavación se realizó gradualmente. “Excavamos un nivel a la vez y luego construimos paredes en el perímetro”, explicó Romo. “Luego hacíamos el siguiente nivel y así sucesivamente”. Ese proceso se repitió hasta llegar a la cimentación. Desde la cimentación hacia arriba, los trabajadores construyeron la estructura losa por losa. “Mientras el edificio subía, la grúa se apoyaba en los pisos ya construidos”, explicó Romo (Fig. 6). “El diseño de la mezcla de concreto se modificó gradualmente a medida que el edificio iba creciendo para mantener las propiedades finales, pero al mismo tiempo que fuera viable para bombear a distintas alturas”.

“Las losas de piso zigzaguean a medida que se orientan hacia el parque”, explicó Krisai.

“Existe una cierta repetición con el patrón repitiéndose cada tres pisos”. Esto permitió reutilizar una parte del encofrado. “Pero no es un edificio con una trama cuadrículada sencilla”, añadió Krisai.



Fig. 5: Vistas de la losa de cimentación durante la construcción (fotos cortesía de Fernando Romo Consultores).

“Conceptualmente, es una caja sobre otra”.

Cada una de las cajas tiene paredes de 300 mm (12 in.) y losa de piso de 600 mm (24 in.), aunque el grosor de la losa se reduce a 300 mm en las terrazas y donde los volados están expuestos al exterior del edificio, así como dentro de la bahía interior del edificio.

Composición del Concreto para Altitudes Elevadas y Desplazamientos Sísmicos

La gran altitud de Quito, a 2,850 m (9,350 ft) sobre el nivel del mar, presentó algunos desafíos al colocar el concreto.

Debido a que la altitud puede afectar el proceso de curado del concreto, se utilizaron diferentes tipos de concreto en todo el edificio.

En la mayor parte del edificio sobre el nivel del suelo, el concreto tiene una resistencia a la compresión de 45 MPa (6,530 psi), según Romo. En el caso de las columnas reforzadas ubicadas en áreas de alta congestión, el equipo de construcción utilizó concreto autocompactante (SCC).

Los pisos son losas postensadas con una resistencia a la compresión de 45 MPa. El concreto tenía que alcanzar de 20 a 25 MPa (2,900 a 3,625 psi) dentro de los 3 días de su colocación para que se pudiera aplicar el pos-tensado. Se utilizó modelado térmico para determinar el proceso de curado necesario para evitar temperaturas excesivas en el núcleo y diferenciales térmicos en la losa de cimentación.

Las jardineras esculturales también están construidas con SCC. El diseño requería tres tamaños de jardineras, por lo que el contratista utilizó encofrado de acero prefabricado y reutilizable para construir las paredes esculturales requeridas (Fig. 7). El edificio cuenta con 113 jardineras, cada una con un árbol grande. “Fue un desafío hacer que eso funcionara”, dijo Krisai. “Existe un gran peso en esas jardineras”.

La construcción del edificio IQON tardó 4 años en completarse, en parte debido a las interrupciones ocasionadas por la pandemia de COVID-19 en 2020 y las restricciones sobre el número de trabajadores que podían estar en el sitio en un momento dado. El último piso de la estructura se colocó en enero de 2022, completando esta comunidad vertical y extensión del Parque La Carolina.

Al final del proyecto, el equipo de construcción había colocado 4,500 tonnes (4,690 tons) de refuerzo y 39,000 m³ (51,010 yd³) de concreto.

El costo total del proyecto fue de 45 millones de dólares. El edificio IQON también cuenta con la certificación EDGE, habiendo cumplido con los requisitos de Green Business Certification Inc. (GBCI) para la construcción eficiente en recursos en mercados emergentes.



Fig. 6: La grúa de construcción estuvo apoyada en los pisos ya terminados (fotos cortesía de Uribe Schwarzkopf).



Fig. 7: El encofrado de acero se reutilizó para construir las jardineras de las terrazas (foto cortesía de Fernando Romo Consultores).

Deborah R. Huso es Directora Creativa y Socia Fundadora de la empresa WWM, en Farmington, Nuevo México, Estados Unidos. Ha escrito para una gran variedad de publicaciones sobre comercio y consumo, tales como *Ascent, U.S. News & World Report, Concrete Construction* y *Construction Business Owner*. También ha colaborado en el desarrollo de sitios de internet y las estrategias de definición y generación de contenidos para diversas empresas proveedoras de la industria de la construcción de edificios, incluida la empresa Cultured Stone and Trex.



Título original en inglés:
A Vertical Garden in Concrete.

In one of the most biodiverse cities, a total-concrete residential building rises above the rooftops

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo de Ecuador Centro y Sur



Traductor:
Cristian Vallejo Delgado



Revisor Técnico:
Ing. Santiago Velez Guayasamín
MSc. DIC