

Edificio 8111

Retomando la integralidad arquitectura-estructura

Daniel Bonilla. Taller de Arquitectura de Bogotá TAB>I SAS
Alvaro Jaramillo y Daniel Rodríguez. BASE Property Group SAS
Nicolás Parra. CNI Ingenieros Consultores SAS
Pablo Ruiz. SRC Ingenieros Civiles SA
Cristhian Moreno. GDP Gestión y Desarrollo de Proyectos SAS

Fotos: Cortesía de los autores.



↑ Foto 1. Construcción de la estructura del Edificio 8111.

La arquitectura y la estructura de una edificación han sido lo mismo por muchos siglos, generando estupendas piezas edilicias y la historia así lo demuestra, Tan solo en las últimas décadas estos dos conceptos se han ido desligando, produciendo nuevas oportunidades, pero afectando la relación de integralidad que deberían tener.

El caso particular del Edificio 8111, en Bogotá, originó en sus creadores la idea de probar esta fusión y para hacerlo plantearon un sistema estructural tipo *Diagrid*¹, que permite que la estructura sea la expresión de la misma arquitectura debido a las razones que se enumeran a continuación: la primera es que, al ser un sistema asociado a diagonales y no a columnas rectas y vigas entre placas, la manera como se deben integrar estructura y función es

1: *Diagrid* es un sistema estructural compuesto de marcos de vigas metálicas, de concreto o de madera que se intersecan diagonalmente y se utilizan en la construcción de edificios y cubiertas. Tiene su antecedente en un edificio de 14 pisos para la sede de IBM en Pittsburgh, cuya estructura de diagonales metálicas en fachada fue concebida por el ingeniero Leslie Robertson en 1960. La alternativa de una fachada portante conformada por diagonales ha sido utilizada en los últimos años como una solución para edificios en altura. El sistema recoge también el principio de desplazar hacia el perímetro los elementos que proporcionan rigidez al edificio con el fin de obtener la mayor resistencia ante cargas horizontales, dejando libre el máximo espacio en el interior de la planta.



mucho más exigente, en especial para que las diagonales no interfirieran la flexibilidad del espacio. De otra parte, la eficiencia de los sistemas de malla *Diagrid* está muy ligada a su aplicación en el perímetro de la edificación, de tal manera que implícitamente se convierten en la misma fachada y en la imagen de la arquitectura. Una imagen muy singular, pues se distancia de la tradicional solución de pórticos.

Otro aspecto particular es su materialidad. Estos sistemas están resueltos normalmente con estructuras metálicas y, con menor frecuencia, de concreto. Para el caso del 8111 se optó por la solución de concreto, cuya expresión es más marcada y distintiva y se traduce en una arquitectura única que consolida y aprovecha su localización predominante para generar un edificio icónico en la ciudad.

El diseño del Edificio 8111 acentuó la singularidad del sistema a través de re-escalar el *Diagrid* de su cuerpo típico que envuelve las oficinas, en contraste con las grandes V con que aterriza en su basamento, que son el doble en escala y permiten, además, sacar sutilmente el paramento para aprovechar el voladizo,

↑ Foto 2. Elemento de *Diagrid* en concreto.

➔ Foto 3. La calidad en la construcción del 8111 es el resultado de una integración temprana entre el constructor y el interventor.

La aplicación de una solución **arquitectónica estructural** no convencional aporta al conocimiento **nuevas técnicas** o alternativas y plantea desafíos particulares

dentro del marco normativo. Estas grandes V satisficieron la solicitud de lograr una buena visibilidad de los locales comerciales en primer piso y terminaron por convertirse en una característica singular del *Diagrid* en el edificio bogotano.

La aplicación de una solución arquitectónica-estructural no convencional aporta al conocimiento nuevas técnicas o alternativas y plantea desafíos particulares que serán expresados en los textos que siguen, escritos por cada uno de los participantes del proceso: el desarrollador, el ingeniero calculista, el constructor y el interventor.

Gerencia de desarrollo

El desarrollo de un proyecto tan complejo como el Edificio 8111 exige la integración de un grupo multidisciplinario de expertos que sea capaz no solo de trabajar en equipo, sino de entender los objetivos estratégicos del propietario y su visión de negocio. Para el 8111 se buscó diseñar un edificio que maximizara las opciones de oficinas y locales con diferentes áreas, que permitiera ajustar fácilmente sus espacios a las cambiantes necesidades del mercado, que brindara altos estándares de calidad y confort a los ocupantes y que cumpliera especificaciones técnicas, equipos y sistemas enfocados a la optimización de gastos operativos en el largo plazo. La Gerencia concentró su esfuerzo en conformar un grupo idóneo de firmas profesionales, en acatar sus recomendaciones y guiar al equipo interdisciplinario con una visión clara que permitiera alcanzar los objetivos previstos. El equipo abordó con éxito cada uno de los retos y oportunidades de diseño, construcción y logística que presentaba el proyecto, situado en uno de los mejores mercados inmobiliarios de la ciudad.





↑ Foto 3. El mayor desafío fue analizar y justificar el uso de un sistema estructural que no está incluido en la NSR-10.

El diseñador del proyecto, seleccionado entre varias firmas de arquitectura invitadas presentó una propuesta bajo el principio de liberar la planta con una estructura perimetral basada en la innovadora solución *Diagrid* –una de las primeras construcciones de este tipo en América Latina– que ofrecía la flexibilidad requerida. El sistema estructural permite diseñar una planta libre de columnas con una crujía útil de aproximadamente 65 metros de largo por 14 metros de ancho. La planta libre resulta en una eficiencia de casi el 90% en la relación de área útil frente a área construida de cada piso. Esta libertad permite subdividir las plantas en oficinas de varios tamaños y ofrecer más opciones al mercado. Se obtienen, además, mayor flexibilidad y eficiencia en el diseño interior: el área final requerida por los clientes es 15% a 30% menor a la que necesitan en un edificio convencional.

La calidad en la construcción del 8111 es el resultado de una integración temprana entre el constructor y el interventor durante la última etapa de diseño y de un continuo trabajo en equipo durante la construcción, buscando solucionar integralmente los retos de diseño y procesos constructivos con la mayor eficiencia posible. El constructor presentó una propuesta que compartía la visión estratégica del propietario y asumía los complejos retos constructivos, pero aportó nuevas ideas que mejoraron la calidad del edificio y redujeron los costos de construcción. A través de un proceso iterativo de ingeniería de valor –en el cual participan todos los integrantes del equipo– se hicieron los ajustes finales al diseño, mejorando el proceso constructivo, y optimizando el desempeño de la estructura, la fachada y los demás sistemas técnicos para garantizar los niveles de calidad, confort y eficiencia operativa del edificio.

El Edificio 8111 es hoy un ejemplo de innovación y una síntesis del esfuerzo interdisciplinario de trabajo de un equipo enfocado en una clara estrategia de inversión.

Estructura

El proceso de diseño de la estructura del 8111 tuvo varios retos. Desde el principio, el trabajo en estrecha colaboración con los arquitectos para definir el trazado de las diagonales, optimizar su ángulo de inclinación (entre 60 y 70°) y estudiar cada una de las fachadas estructurales, permitió lograr la total integración entre el sistema portante y la forma arquitectónica. Sin embargo, el mayor desafío fue el de analizar y justificar la aplicación de un sistema estructural que no está incluido en la NSR-10. Como sistema, el *Diagrid* cumple los objetivos básicos exigidos por las normas: proporciona una trayectoria de cargas continua y uniforme y, gracias a la interconexión entre elementos en todas las fachadas, constituye un sistema hiperestático. La inclinación de los elementos principales proporciona la resistencia y rigidez suficientes ante cargas horizontales y verticales gracias a la triangulación con las vigas perimetrales de piso. La estructura está conformada por elementos diagonales de concreto reforzado de sección trapezoidal, con placas macizas sobre vigas descolgadas que vencen la luz entre fachadas. La estructura se detalló para un grado de disipación moderado (DMO), y fue diseñada con un factor de ductilidad $R=2.0$.

El proceso de diseño exigió alto nivel de detalle y coordinación para desarrollar los despieces de refuerzo de las diagonales, así como los detalles de armado de los nudos y las intersecciones de acuerdo con la geometría de cada fachada. El Edificio 8111 es un excelente ejemplo del trabajo en equipo entre promotor, diseñadores, constructor e interventoría en el cual cada aporte enriqueció el proyecto y permitió llevarlo a cabo.

Construcción

Levantar una estructura en concreto a la vista es un reto importante en sí mismo, pero agregar a este reto la geometría única de cada una de sus columnas obligó un alto nivel de planeación y exigencia técnica.

Sótanos. Este proyecto presenta retos constructivos interesantes tanto en la superestructura como en los sótanos. El 8111 tiene la cota de excavación más



↑ Foto 4. Las mejores obras son aquellas que se realizan, que pasan del papel a la realidad.

profunda del sector, que llega a -17,70 m, con el nivel freático a solo 1 m bajo la superficie; una mezcla de factores que precisan trabajar con extrema cautela. Por esto fue clave la coordinación entre todos los equipos de trabajo. Se realizaron constantes reuniones de planeación con participación de los ingenieros estructural y geotécnico, el contratista de la cimentación y el proveedor del concreto. Estos encuentros fueron determinantes para conseguir los resultados esperados, sin afectar en ningún momento el diseño arquitectónico original ni las construcciones vecinas.

A pesar de las dificultades del sótano, el mayor desafío estaba en la construcción de la superestructura. Para lograr la ejecución temprana de las complejas columnas diagonales de 10 m de altura se aplicó el sistema constructivo denominado *Top-Down* en el cual se avanza simultáneamente en la ejecución de los sótanos y los pisos superiores.

Superestructura. El *Diagrid* de este proyecto tiene varias particularidades que lo hacen único: las columnas de 2 pisos de altura que tienen 6 caras diferentes y un núcleo compartido. Esto obligó a hacer vaciados de concreto continuos de hasta 90 m² para un solo grupo de columnas.

La planeación de las formaletas fue compleja debido a que cada fachada tiene inclinaciones diferentes, resultando en que cada formaleta debía ser única. Se realizaron modelos digitales tridimensionales y pruebas a escala real para planear el armado, vaciado y descimbrado, teniendo en cuenta parámetros como la velocidad de vaciado, la temperatura del fraguado y la resistencia mínima para desencofrar, entre otros. Se empleó concreto super fluido y autocompactante, para asegurar que se alcanzara la geometría deseada y “calcar” cada una de las aristas de los trapecios. Las formaletas empleadas debían soportar 24 toneladas de presión hidrostática en la base, muy superior a las típicas.

La construcción de esta estructura fue un éxito gracias a la interacción y la planeación temprana de

cada uno de los grupos interesados del proyecto. Sin esta interacción previa a la fase de construcción habría sido imposible el éxito del primer *Diagrid* de concreto de gran escala en nuestro país.

Interventoría

La asesoría técnica y administrativa de un proyecto de altos estándares como el Edificio 8111 representó complejidades desde el diseño arquitectónico y estructural que se aprecia a simple vista a través de sus fachadas de cristal incoloro, pero también planteó grandes retos de calidad, control y apoyo que sirvieron como complemento a todo el equipo de diseño y construcción.

La interventoría se concibió como un colaborador más dentro de un equipo que veló por la búsqueda continua de soluciones para mejorar los tiempos de construcción y optimizar costos. Por la misma razón, la obra del 8111 abarcó desde su concepción de diseño arquitectónico y estructural bajo la concepción del sistema *Diagrid*, la mejora de la distribución y el aprovechamiento de las áreas rentables, lo cual permitirá que los clientes recuperen su inversión en menor tiempo.

Conclusión

La planeación continua y dinámica de este tipo de proyectos logró que los costos directos tuvieran un incremento de solo 4%, que se compensará con el ahorro energético y la reducción de la huella de carbono que las construcciones deben contemplar para brindar ambientes de trabajo más sanos, que mejoren la calidad de vida y la productividad de los futuros ocupantes quienes, a su vez, valorarán y lo reconocerán económicamente.

Las mejores obras son aquellas que se realizan, las que pasan del papel a la vida real, las que son fruto del esfuerzo responsable. Todos los participantes en la construcción del Edificio 8111 están convencidos de haber recibido nuevos aportes y un gran aprendizaje interdisciplinario. 