

# Metro de Doha, abierto al mundo

## Doha Metro, Open to the World

Ignacio Poyales Morales<sup>1\*</sup>

### Resumen

El metro de Doha constituye un hito dentro del nuevo sistema de transporte de Qatar. Su puesta en funcionamiento se ha adelantado un año antes al plazo prefijado en contrato.

El sistema completo tendrá 217 kilómetros, lo que la convertirá en la primera y mayor red ferroviaria del país. La línea Roja cuenta con 40 kilómetros y conectará los estadios para el mundial Catar 2022 de Al Wakrah en el sur y el de Lusail en el norte.

El metro de Doha está considerado como uno de los pilares más importantes del nuevo sistema de transporte integrado de Qatar. Esta infraestructura revoluciona la red de transportes al abrir un medio más económico para desplazarse dentro del país con vagones sin conductor que contarán con WiFi gratuito y que pueden reducir un trayecto en un cincuenta por ciento del tiempo estimado, evitando así el tráfico en las horas punta.

Se prevee que la red de metro se amplie e incluya una línea adicional diseñada para el 2026.

**Palabras clave:** Metro, ciudades, Oriente Medio, conectividad, sostenibilidad.

### Abstract

*Doha metro is a milestone in the new transport system in Qatar. Its start-up has been brought forward a year earlier than the term established in the contract.*

*The complete system will have 217 kilometers, which will make it the first and largest railway network in the country. The Red Line has 40 kilometers and will connect the stadiums for the Qatar World Cup 2022 in Al Wakrah in the south and Lusail in the north.*

*The Doha metro is considered to be one of the most important pillars of Qatar's new integrated transport system. This infrastructure will revolutionize the transport network by opening a cheaper way to move within the country with free-WiFi driverless cars, which will reduce a journey by 50 percent of the estimated time, thus avoiding traffic at rush hours.*

*The metro network is expected to expand and include an additional line designed for 2026.*

**Keywords:** Metro, cities, Middle East, connectivity, sustainability.

## 1. INTRODUCCIÓN

Qatar es un país en crecimiento, y para adaptarse a este crecimiento, se necesitaba una forma nueva, sostenible y eficiente de transportar personas y mercancías en todo el país. Qatar Rail recibió el mandato de diseñar y desarrollar la red ferroviaria del país.

Qatar Rail supervisó la construcción de la red ferroviaria integrada de vanguardia multimillonaria de Qatar. La compañía luego supervisará la administración, operación y mantenimiento de la red ferroviaria del país.

Su misión se basa en posicionarse como empresa de gestión de transporte urbano en Qatar y en la industria ferroviaria internacional.

Tres grandes proyectos conforman las responsabilidades de Qatar Rail: el metro de Doha, el tranvía Lusail y el ferrocarril de larga distancia. La red nacional planificada unificará todos los ferrocarriles en Qatar y se conectará a los países vecinos para crear el primer sistema ferroviario completamente integrado de la región. Una vez que se completen todos los proyectos para 2030, las tres

redes actuarán como un solo sistema integrado, facilitando la transferencia de pasajeros.

Para cumplir con su mandato, Qatar Rail ha recibido la responsabilidad de:

- Desarrollar el marco regulatorio del sector ferroviario. Desarrollar estándares ferroviarios, que incluyan seguridad, medio ambiente y servicio al cliente.
- Administrar costes y viabilidad. Supervisar a los consultores de gestión del programa para garantizar la entrega oportuna y la calidad del servicio.
- Integrar la red ferroviaria con otros modos de transporte existentes en la actualidad.
- Desarrollar políticas y estrategias del sector ferroviario (incluidas las políticas de tarifas) y hacer cumplir las regulaciones y normas para todos los operadores de servicios ferroviarios.

En febrero de 2014, el grupo Fomento de Construcciones y Contratas, S.A. (FCC), fue adjudicatario de un tramo de la nueva red de metro de Doha (Qatar) para Qatar Rail, en concreto de la llamada *Red Line South Elevated and at Grade RLSEAG*.

El contrato consistía en el diseño y construcción de 6,97 kilómetros de línea de metro elevada y en superficie, con tres estaciones elevadas, con una superficie cada una

\* Mail: [ignacio.poyales.morales@fccco.com](mailto:ignacio.poyales.morales@fccco.com)

<sup>1</sup> Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. FCC Construcción.

de 4.000 metros cuadrados, y dos salidas de emergencia. Los trabajos incluyen además el movimiento de tierras de un patio de mantenimiento de trenes, y la construcción de un paso inferior de un kilómetro de longitud para una autovía de tres carriles por sentido.

El tramo de metro ejecutado por FCC Construcción, fue ganador del galardón “mejor metro del mundo” por la prestigiosa revista internacional ENR (<https://www.enr.com/blogs/13-critical-path/post/47140-enr-announces-2019-global-best-projects-winners>).



**Figura 1.** Vestíbulo de la estación Ras Bu Fontas, de la línea Roja del Metro de Doha.

## 2. METODOLOGÍA

El tramo de metro construido por FCC Construcción es una **línea de transporte ferroviario urbano elevada**. Durante su construcción tuvo un impacto notable sobre el tráfico de la ciudad, constituyendo un factor limitante. Para solventar este factor, se planteó y ejecutó una perfecta coordinación con las infraestructuras de transporte vial en construcción, ya sea compartiendo el mismo corredor (a diferente nivel) o cruzando la línea elevada.

El proyecto incluyó instalaciones electromecánicas y un sistema de comunicación y control, quedando excluidos los trabajos de montaje de vía y sistemas ferroviarios.

Un aspecto destacable del proceso constructivo desarrollado en el tramo de FCC Construcción, es la prefabricación de los elementos constructivos críticos. La puesta en marcha de la fábrica de prefabricados supuso unos destacables ratios de producción y avance del proyecto, permitiendo así cumplir los plazos estrictos fijados por el cliente.

El sistema de ejecución ideado para la obra fue a base de elementos prefabricados, que pudieran ser fácilmente transportables.

La planta diseñada contó con dos líneas largas y tres cortas para la fabricación de dovelas, así como una línea de fabricación de vigas.

Una planta de hormigón de 80 metros cúbicos por hora se instaló junto a la planta de prefabricados, para garantizar el suministro y evitar los largos desplazamientos entre las plantas comerciales de suministro de hormigón y nuestras instalaciones, lo cual es especialmente sensible en este entorno debido a las altas temperaturas que se llegan a alcanzar.

En la planta de prefabricados se generaron: 58 vigas prefabricadas, 180 capiteles y 1120 segmentos constructivos.

Dentro del proyecto destacamos por sus características constructivas, una serie de elementos críticos:

### Viaducto

El proyecto cuenta con la construcción un viaducto de 6.200 metros de longitud y un área de plataforma de puente de 62.000 metros cuadrados.

El total de vanos construidos ascendió a 214 unidades, siendo tres las soluciones empleadas:

- Dovelas prefabricadas de hormigón armado, ancho 10,60 metros a 12,20 metros, instaladas con equipo *launching gantry*, en vanos de 28 a 44 metros de longitud.
- Vigas prefabricadas de hormigón armado, ancho 6,05 metros, instaladas con grúas móviles, en vanos de 24 a 34 metros.
- Puentes construidos *in situ*, en vanos de hasta 108 metros.

Las pilas y cimentaciones fueran ejecutadas *in situ*. Los capiteles en su mayoría fueron prefabricados.



**Figura 2.** Viaducto de acceso a la estación Al Wakra del Metro de Doha.

### Estaciones

Mención aparte requiere el desarrollo de las estaciones de metro: Economic Zone, Ras Bu Fontas, Al Wakra.

Cada estación tiene una configuración arquitectónica y estructural diferente, debido a la posición relativa entre dos vías del metro o las fases de construcción futuras de las carreteras cercanas.

La estación Ras Bu Fontas se caracteriza por las vías del metro en dos niveles diferentes, con una cimentación directa desde la cual arrancan unos pórticos de hormigón, dispuestos cada 10 metros y transversalmente al eje de la estación; la estructura secundaria se realiza mediante forjados mixtos o placa prefabricada.

Economic Zone Station tiene una solución estándar con ambas vías en el mismo nivel, parecido a Ras Bu Fontas pero con pórticos cada 20 m. Entre estos marcos, la estructura secundaria de vigas materializa losas a diferentes niveles.

Finalmente, el diseño de la estación Al Wakra tiene que considerar la construcción de dos túneles para carreteras, uno a cada lado de la estación, con el metro funcionando, túneles que incluso se superponen con la huella de la estación misma. Para permitir la excavación en exteriores

hasta 8 metros por debajo del nivel del suelo actual, la solución final consiste en la cimentación de pilotes, desde la cual arranca un fuste central y unos brazos en voladizo, que recogen los pórticos transversales.

Para el diseño de las estaciones se siguió unas guías desarrolladas por el cliente, en las que se establecían formas, colores, materiales, etc., que pretendían respetar la cultura y tradiciones locales a la vez que lanzando un mensaje de modernidad.

Todo ello ha llevado a realizar un diseño icónico tanto del interior como del exterior, fácilmente identificable por el usuario.

A nivel funcional, las estaciones son de aproximadamente 10.000 metros cuadrados con dos o tres niveles en función de las características del trazado del viaducto en cada una de ellas. A todas ellas se acceden a nivel y por pasarelas peatonales.

La estructura de las estaciones fue construida principalmente con hormigón armado. La estructura soporte de la cubierta fue realizada a base de perfiles metálicos.

Los materiales empleados para el exterior han sido principalmente cristal, aluminio y GRP (*Glass Reinforced Polymer*).

Las estaciones cuentan con unas instalaciones electro-mecánicas de primer nivel, tanto a nivel de climatización, como de seguridad al fuego, medios de transporte (escaleras mecánicas, ascensores, cintas mecánicas), sistemas de comunicación y control.

Un factor muy importante en el diseño fue la durabilidad, ya que, como solicitó Qatar Rail, la vida útil del edificio debería ser de 120 años, lo cual es muy significativo dentro de las condiciones ambientales de Doha.

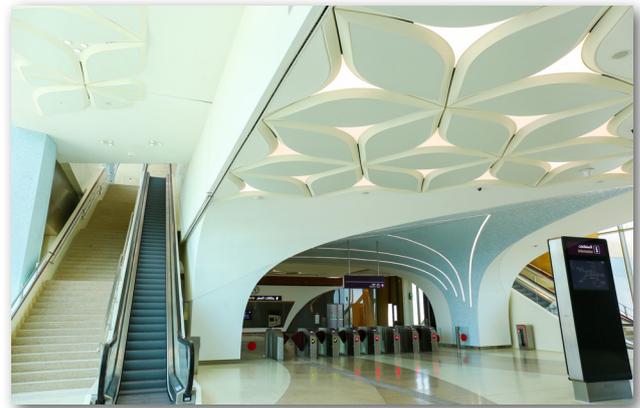


Figura 3. Estación Al Wakra de la línea Roja del Metro de Doha.

### 3. RESULTADOS OBTENIDOS

Gracias a la implantación del modelo constructivo de prefabricación se obtuvieron resultados óptimos en cuanto a reducción y cumplimiento de plazos, y ajuste económico del proyecto.

Es importante destacar la correcta ejecución de los tableros mediante dovelas prefabricadas colocadas con equipos launching gantry.

El equipo launching gantry es una grúa soportada por raíles transversales, diseñada para elevar, rotar y colocar segmentos con objeto de construir un vano del puente. Todos los segmentos que componen el vano son elevados, permaneciendo colgados de unas barras. Posteriormente se procede a su acoplamiento a lo largo del vano, para finalmente pretensarlos todos juntos por medio de tendones externos.

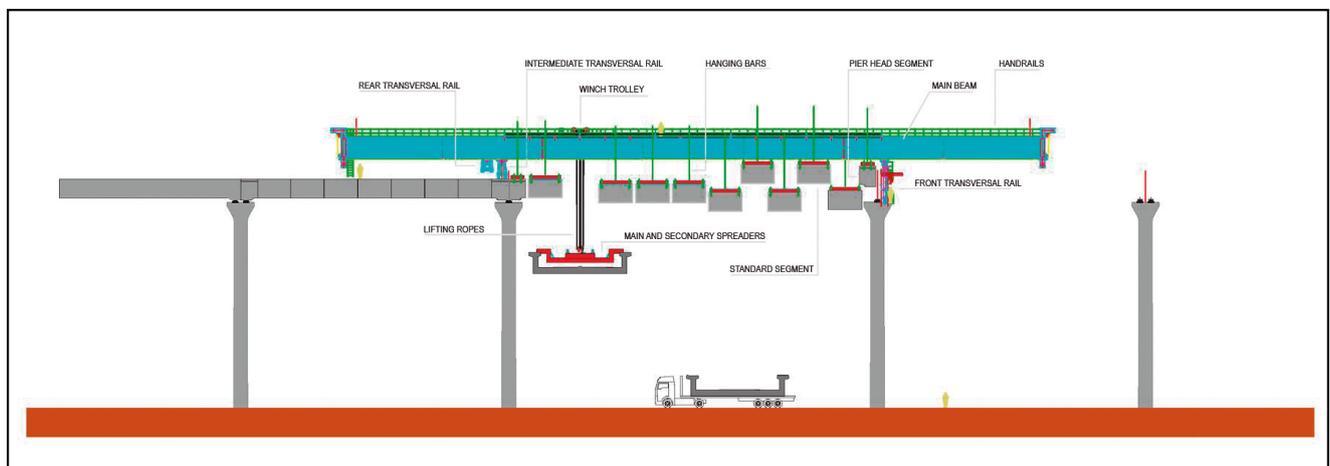


Figura 4. Método de lanzamiento segmentado de prefabricados.

Una vez que el vano está completado, el tablero se apoya en los capiteles y el launching gantry se mueve al siguiente vano.

Con este sistema se llegaron a obtener rendimientos de 3 días por vano, lo que constituye un auténtico hito constructivo.

Es importante resaltar que este sistema constructivo es muy efectivo siempre y cuando haya continuidad en la ejecución de las pilas. En caso contrario, el equipo debe parar y/o ser desmontado y montado de nuevo al otro lado de la pila afectada. Dicha operación puede durar aproximadamente un mes.



**Figura 5.** Distintas fases de construcción de viaducto del tramo línea Roja del Metro de Doha.

#### 4. CONCLUSIONES

El tramo del metro de Doha ejecutado por FCC Construcción reúne una serie de características que distinguen al proyecto de forma especial:

- Innovación constructiva gracias al uso de planta de prefabricados.
- Cumplimiento de plazos.
- Desarrollo del proyecto con una fuerte interacción con el día a día de los ciudadanos.
- Soluciones innovadoras para la resolución de problemas de una amplia complejidad técnica.
- Conceptualización de “industrialización” del proyecto constructivo.
- El proyecto desarrollado por FCC Construcción supone, sin duda, la consolidación de la compañía como referente constructivo de infraestructuras de transporte urbano.



**Figura 6.** Distintas tomas de estación Economic Zone del Metro de Doha.

#### 5. REFERENCIAS

Normas adoptadas y otras regulaciones:

- Engineering News-Record (ENR). <https://www.enr.com/>  
 Euro Norms (EN) (1991). *Acciones en Edificación*.  
 NFPA y ASHRAE (2010). *International Standards and Codes of Practice*. *Qatar Construction Specifications (QCS)*.