



# Túneles con estética: El metro de Washington

↑ La singular arquitectura en las estructuras subterráneas del sistema de Metro de Washington, ha sido ganadora de numerosos premios.  
FLICKR - ELI DUKE

El metro de Washington D.C., en Estados Unidos, es un sistema regional de tránsito rápido que está integrado por seis líneas, 92 estaciones, y unos 190 km de ruta sobre rieles, de los cuales 80 km son subterráneos. Beneficia no solamente al distrito de Columbia sino también a condados vecinos en Maryland y Virginia. La mayor parte de estos tramos están bajo la zona central de Washington y las localidades cercanas, que tienen alta densidad poblacional. Por su arquitectura original e innovadora, el sistema ha obtenido numerosos galardones. En enero de 2014, el Instituto Americano de Arquitectos lo premió por "un diseño arquitectónico de importancia duradera" que "ha resistido la prueba del tiempo al incorporar la excelencia arquitectónica durante más de 25 años".

➔ Además de ayudar al transporte de la población, el metro de Washington se convirtió en atracción turística gracias a su arquitectura y a su estructura con predominio del concreto

FLICKR - CHRISDAG



### La construcción del Metro de Washington

empezó el 9 de diciembre de 1969 y la primera línea fue inaugurada en marzo de 1976. Desde entonces, se han agregado al sistema original diversas ampliaciones. Hay una estación exclusiva para el aeropuerto Internacional Dulles y numerosas líneas que atraviesan el centro de la capital, muchas de ellas en inmediaciones de edificios gubernamentales y de atracciones turísticas. El metro mismo es también una atracción turística por su arquitectura y la estructura en concreto en los túneles del sistema. La frecuencia de paso de los trenes del sistema es alta, especialmente en las horas pico; los trenes pueden alcanzar una velocidad máxima de 120 km/h, aunque rara vez exceden los 95 km/h. Las

líneas se diferencian por colores –rojo, amarillo, verde, azul, naranja y plateado– que se distribuyen por todo el sistema: en las entradas de cada estación hay luces que alumbran el entorno subterráneo, y en el recorrido del metro hay señales iluminadas que orientan a las plataformas de las diferentes rutas. El sistema del metro es totalmente climatizado, tanto en los trenes como en las estaciones subterráneas.

Todas las estaciones tienen acceso a la movilidad exterior con ascensores y/o escaleras eléctricas. Posee un sistema estratégico de vigilancia que incluye un circuito cerrado de cámaras de seguridad, y puntos de información a la entrada de cada estación.

➔ En medio de los carriles de separación de los trenes hay lámparas fluorescentes que dan mayor visibilidad a todo el sistema.

FLICKR - NCINDC



## Construcción y arquitectura

El sistema de metro de Washington comenzó con la línea roja que incluía tan solo cinco estaciones. Para la construcción se subcontrató el trabajo a tres empresas de consultoría: una que trabajara en la arquitectura, otra en la ingeniería y otra en la construcción. La construcción del sistema se completó utilizando una diversidad de técnicas. Muchas secciones se construyeron bajo el sistema tradicional *cut-and-cover*; otras fueron excavadas en lo profundo de la tierra y otras al nivel de la superficie o elevadas.

Las estaciones parecen similares entre sí, pero arquitectónicamente tienen estilos diferentes. Los techos de todas las estaciones subterráneas son abovedados, bien sea en bóvedas de arco, o con diseño de tres espacios diferentes. En las estaciones predominan las plataformas y algunas de ellas cuentan con espacios laterales dobles, dependiendo de las necesidades de cada una. Seis de las estaciones son puntos de transferencia y están diseñadas en dos niveles, y en cuatro de ellas se cruzan dos líneas del metro en diferentes niveles. Las estaciones elevadas y a nivel tienen principalmente cubiertas en ala de gaviota, y varias de ellas tienen techos con picos en el centro. Otras, entre ellas Franconia-Springfield, Huntington, Prince George's Plaza y West Hyattsville tienen diseños únicos.



↑ Estaciones tales como: Franconia-Springfield, Huntington, Prince George's Plaza, West Hyattsville, tienen diseños exclusivos y únicos. CORTESÍA OMAR JAVIER SILVA R.

permitieron prescindir de columnas, mejorar las líneas de visión y dar a los espacios una sensación de amplitud. Las bóvedas icónicas en las estaciones subterráneas están revestidas con paneles reticulares prefabricados de concreto, difusamente iluminados por accesorios empotrados detrás y debajo de las plataformas de la estación. En la mayoría de las estaciones se nota el concreto a la vista y el ritmo repetitivo de sus elementos muestra el carácter brutalista del diseño. También reflejan la influencia de la arquitectura neoclásica de Washington en sus cúpulas y techos. Todas las estaciones diseñadas bajo este concepto se encuentran ubicadas en el centro de Washington y los corredores urbanos de Arlington, en Virginia.



Los encargados de la arquitectura del metro, tuvieron una idea visionaria del metropolitano de Washington. Su concepción monumental y limpia pretendía ser la antítesis del metro de Nueva York; se propusieron bóvedas, convirtiendo las estaciones en equivalentes subterráneos de las clásicas estaciones de ferrocarril del siglo XIX, con sus trenes de hierro fundido. Las bóvedas

↑ En la mayoría de las estaciones se nota el concreto a la vista, y el ritmo repetitivo de sus elementos muestra el carácter brutalista del diseño. CORTESÍA OMAR JAVIER SILVA R.

## Estructura

El sistema estructural del metro fue ideado con el fin de mantener la mayor continuidad posible, sosteniendo el movimiento longitudinal de la estructura dentro de los límites de tolerancia de los pasadores de los rieles de los carriles. La construcción de pilares y vigas de vía integrados eliminó la articulación en las intersecciones. El uso de la superestructura continua se logró con la utilización de concreto pretensado que, con las juntas de expansión, ofreció la facilidad de proyectar elementos relativamente superficiales con pequeñas flexiones verticales. Las cargas muertas, el peso propio y las flexiones por deslizamiento son de menor magnitud que las contraflechas de compensación. Al eliminar la necesidad de las contraflechas, la construcción se simplificó consiguiéndose un soporte en las vías mucho más uniforme, lo que contribuyó a mejorar la calidad de los recorridos. Esta modalidad de construcción facilitó introducir las estructuras elevadas y en espiral necesarias en las curvas de las vías.



↑ El uso de la superestructura continua se logró con la utilización de concreto pretensado que, con las juntas de expansión, permitió proyectar elementos relativamente superficiales con pequeñas flexiones verticales.

FLICKR-KEVIN HARBER

Como parte del sistema se integran dos puentes que atraviesan el río Potomac en Virginia y el Anacostia en Maryland. El puente que atraviesa el río Potomac, es de 922,3 m de longitud, consta de 22 vanos con curvas opuestas en los extremos. Los pilares en concreto y las vigas de acero se seleccionaron para actuar como conductos y resistir las cargas torsionales. Tienen una estructura interna cruzada y en la parte superior una barra destinada a mantener la forma del cajón y proporcionar rigidez torsional durante la construcción y vaciado del concreto en el tablero. Se usaron dos tipos de vigas cajón: uno para el tramo recto y otro para los tramos curvos. Las vigas cajón del tramo recto se proyectaron con almas verticales de diferentes espesores y alas horizontales en la parte inferior. La otra viga cajón, simétrica, se acomodó a la variación del peralte.



↑ El puente sobre el río Potomac, está conformado por pilares en concreto y vigas de acero; elementos seleccionados para que actuaran como conductos y resistieran las cargas torsionales.

FLICKR-MATTHEW AND HEATHER

Aunque las vigas cajón generalmente se fabrican unidas, en este caso los tableros de las vigas se hicieron como unidades separadas a 15 mm. En este proyecto se prestó especial importancia a la estética por la importancia simbólica de estar en la capital de Estados Unidos. Las vigas cajón se hicieron en acero y se pintaron de gris claro. El puente sobre el río Anacostia, de 2.330 m y conformado por 55 vanos, fue construido en parte sobre terraplén y otra como estructura aérea. Como se hizo con el puente sobre el Potomac, se escogió concreto para los pilares y acero para el tablero a fin de resistir mejor las cargas torsionales y para que la estructura se integrara visualmente al entorno.

# Concrelab

MEDICIÓN CONFIABLE

Laboratorio especializado en la elaboración de ensayos de concreto y prefabricados.

Más de 40 años de EXPERIENCIA

Realizamos ensayos sobre materiales para la construcción e industria. De igual manera, calibramos equipos de medición en fuerza, masa y longitud.



Extracción de núcleos

Contamos con ensayos acreditados por:



Conozca nuestro portafolio de servicios:

- ☑ Geotecnia ☑ Patología
- ☑ Laboratorio Satélite ☑ Ensayos Mecánicos
- ☑ Pavimentos ☑ Metrología

**Sede Bogotá**

Calle 63D No 71A- 70  
PBX: (571) 223 5656

**Sede Barranquilla**

Carrera 15 Sur No 76 - 82 Bod.2  
Avenida Circunvalar  
PBX: (575) 385 5169

[www.concrelab.com](http://www.concrelab.com) | Síguenos   



↑ El puente sobre el río Anacostia, de 2.330,2 m y conformado por 55 vanos, fue construido en parte sobre terraplén y otra como estructura aérea.

FLICKR - MR.TINDC

El sistema del metro de Washington tiene aproximadamente 24 km de túneles perforados en roca, 20,6 km de túneles de tierra y 35,4 km de túneles realizados mediante una zanja que después se cubrió. Para los túneles de roca se usaron métodos convencionales de laboreo de minas, pero las limitaciones también llevaron a emplear técnicas automáticas y explosivos; por ejemplo, en un tramo bajo la Avenida Connecticut, una de las principales arterias de la ciudad, se utilizó una máquina que alcanzó velocidades notables de penetración y logró con éxito la estructura subterránea. Uno de los tramos más exigentes pasa por debajo del río Anacostia (en Maryland), y fue construido con unidades prefabricadas de concreto. Los demás tramos del sistema en túneles poco profundos, con estaciones de cubiertas, abiertas o en trinchera, fueron construidos con concreto reforzado y cubiertos con elementos prefabricados.



↑ Hay seis estaciones como puntos de transferencias, las cuales cuentan con diseños de dos niveles, y en cuatro de estas estaciones por ejemplo dos líneas del metro se cruzan en diferentes niveles.

FLICKR - VIA TSUJI

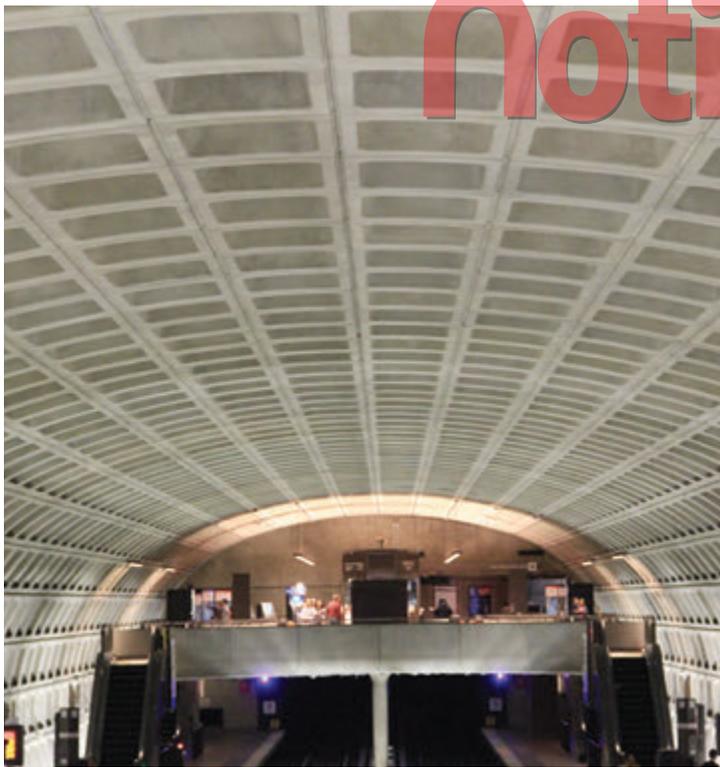
### Detalles y materiales

El material más usado en esta construcción fue el concreto, especialmente en los túneles, las estaciones subterráneas y en los pilares que soportan las estructuras elevadas. Las áreas de todas las plataformas están compuestas por azulejos hexagonales de gres y una superficie antideslizante. Los bordes de las plataformas son de granito y sobre ellas tienen luces

que destellan cuando los trenes se acercan. En medio de los carriles de separación de los trenes se encuentran lámparas fluorescentes que dan mayor visibilidad a todo el sistema. Algunos ductos para el aire acondicionado están localizados en los pilares de concreto para el caso de las estaciones de metro elevadas, y en las otras se encuentran en las bases de las paredes. En techos, entradas, paredes de túneles y otros lugares hay paneles acústicos que ofrecen al sistema un buen grado de reducción del ruido. La iluminación de las estaciones combina lámparas de vapor de mercurio (parte superior de los pilares) y tubos fluorescentes (en la base de las paredes de las estaciones). También posee detectores de fuego que, junto con el concreto, funcionan eficientemente en caso de emergencia.

### Conclusiones

El metro de Washington D.C., además de ser un gran ejemplo de arquitectura única, innovadora y perdurable, es una realización memorable para la ingeniería. Los trabajos que acudieron principalmente al concreto para las obras subterráneas y para dar mayor estética a las formas arquitectónicas garantizan la durabilidad exigida y dan resistencia a todo el sistema. 



↑ En techos, entradas, paredes de túneles y algunos otros lugares hay paneles acústicos que ofrecen al sistema un buen grado de reducción del ruido.

CORTESÍA OMAR JAVIER SILVA R.

### Referencias

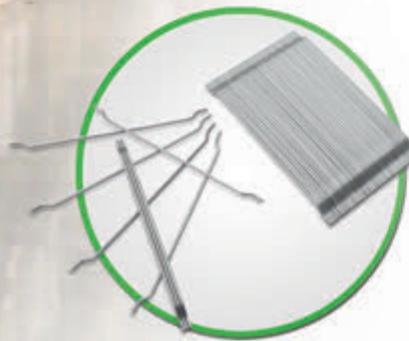
[http://www.nycsubway.org/wiki/Washington,\\_D.C](http://www.nycsubway.org/wiki/Washington,_D.C)  
<http://informesdeconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdeconstruccion/article/viewFile/2455/2767>  
<http://architectofthecapital.org/posts/2016/6/22/metro-under-construction>



**Por su mayor eficiencia,  
rapidez y facilidad,**

**Noticias Diga Sí**

**a las fibras  
de acero**



### Ventajas de las fibras de acero SUPERCAM:

- ✓ Reemplaza la malla electrosoldada reduciendo horas de trabajo y espacio de almacenamiento.
- ✓ Aumenta el desempeño de las estructuras gracias al efecto de refuerzo en todo el espesor de las losas.
- ✓ Aumenta la resistencia a la abrasión de los pavimentos exteriores, parqueaderos residenciales y comerciales.
- ✓ Cuenta con asesoría especializada para cada proyecto.
- ✓ Mayor rapidez en la ejecución de sus proyectos.

Producido y distribuido por

**Supercam**  
fibras de acero para concreto



Tel(57-4)4446767  
ventas@camejia.com · Marinilla - Colombia

# ¿SU ÚLTIMA IMPERMEABILIZACIÓN DEJÓ UNA GRIETA EN SU REPUTACIÓN?



noticreto

PINTUCO® TRAE A COLOMBIA LA NOVEDOSA TECNOLOGÍA  
**AUTO-SELLANTE KRYTON®**  
QUE IMPERMEABILIZA SU CONCRETO  
**DEFINITIVAMENTE.**



Única tecnología capaz de auto-sellar fisuras nuevas que aparezcan.



Impermeabiliza a altas presiones hidrostáticas, Certificado British Board of Agreement (BBA) N°05/4217.

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO PARA COLOMBIA  
[www.pintuco.com](http://www.pintuco.com)  @pintucocolombia

 pintucocolombia  pintucocolombia

Servicio al cliente 

018000 111 247  
Desde Medellín al 325 25 23  
Pintuco Colombia S.A.



CONSTRUCCIÓN