

nacional (Termotécnica Coindustrial) y protegidas de los agresores del medio ambiente con tres capas de pintura del sistema Sika a saber: 1 capa de anticorrosivo Imprimente Epóxico Rico en Zinc ref. 133750, una segunda capa con una Barrera Epóxica Gris Ref. 233710 y una tercera capa de acabado con Esmalte Uretano Gris Serie 36. Este sistema de protección de estructuras metálicas se caracteriza por su alta resistencia química y excelente resistencia a los rayos solares.

Las pilonas se unieron a la fundación (caisson rematado en la parte superior con un dado de concreto reforzado) por medio de pernos de acero anclados con el mortero epóxico fluido Sikadur-42 Anclaje.

Metrocable es una obra de ingeniería importante para Medellín y Colombia por su contenido social e innovación. En ella participó lo mejor de la ingeniería extranjera y nacional. Sika contribuyó proporcionando productos de excelente calidad y asesoría técnica para su aplicación.



Panorámica de un vagón en funcionamiento



Las pilonas son columnas metálicas que sostienen el sistema de vagones

**Dueños del Proyecto:**  
Municipio de Medellín y Metro de Medellín.

**Diseñadores del Proyecto:**  
Alpes Etudes, ERIC (Francia) y Bocarejo Ingenieros.

**Constructores:**  
Pomagalski (Francia), Unión Temporal Telecabinas de Medellín, Concreto y Termotécnica Coindustrial.

**Asesoría Sika**  
Departamento Técnico: Ing. Jorge Rendón  
Regional Medellín: Ing. Sandra Zuluaga  
Ing. Oskar Ruiz

## SikaNoticias Reforzamiento de las estaciones de Metrocable en Medellín

### Productos Sika Utilizados:

SikaWrap 300C:	327 ml
Sikadur Hex 300:	32.8 kg
Sikadur-330:	150 kg
Sikadur-32 Primer:	500 kg
Sikadur Gel:	400 kg
Sikadur-42 Anclaje:	150 kg
SikaTop-121:	1.000 kg
SikaTop-122:	600 kg
Sika Chapdur Neutro:	5.000 kg
Sikament N-100:	1.150 kg
Sikament 306:	9.900 kg
Plastiment TM 10:	19.800 kg
Imprimente Epóxico Rico en Zinc Ref. 133750:	235 galones
Barrera Epóxica Gris Ref. 233710:	220 galones
Esmalte Uretano Gris:	70 galones



Panorama del sistema en servicio

**BARRANQUILLA**  
Calle 30 No. 1-25  
Centro Ind. B/quilla.  
Tels.: (5) 334 4932 - 334 4934  
Fax: (5) 334 4953  
E-mail:  
barranquilla.ventas@co.sika.com

**MEDELLIN**  
Km. 34 Autopista  
Medellin - Bogotá  
Rionegro  
PBX: (4) 530 1060  
Fax: (4) 530 1034  
E-mail:  
medellin.ventas@co.sika.com

**BOGOTA**  
Carrera 69B No. 16 - 56  
Tel.: (1) 412 3300  
Tel.: (1) 424 7235  
Bogotá, D.C.  
E-mail:  
bogota.ventas@co.sika.com

**ORIENTE**  
Calle 15A No. 69A - 44  
Tel.: (1) 412 3300  
Ext.: 470/473/474/475/476/477  
Telefax: (1) 412 3300 Ext.: 478  
Bogotá, D.C.  
E-mail: oriente.ventas@co.sika.com

**CALI**  
Calle 13 No. 72 - 14  
Centro Comercial Plaza 72  
Tels.: (2) 330 2171 - 330 2162  
330 2163 - 330 2170  
Fax: (2) 330 5789  
E-mail: cali.ventas@co.sika.com

**PEREIRA**  
Av. 30 de agosto No. 87 - 240  
Tels.: (6) 320 2114 - 320 2144  
Fax: (6) 337 4744  
E-mail:  
pereira.ventas@co.sika.com

**CARTAGENA**  
Albornoz - Via Mamonal  
Carrera 56 No. 3 - 46  
Tel.: (5) 667 2216 - 667 2044  
667 2216  
Fax: (5) 667 2042  
E-mail: cartagena.ventas@co.sika.com

**SANTANDERES**  
Calle 21 No. 27 - 54 Bucaramanga  
Tels.: (7) 645 1032 - 632 7598  
632 7329 - 635 0595  
Fax: (7) 634 1304  
E-mail: santander.ventas@co.sika.com

### Sika Colombia S.A.

Internet: [www.sika.com.co](http://www.sika.com.co) • E-mail: [sika\\_colombia@co.sika.com](mailto:sika_colombia@co.sika.com) • Asistencia técnica telefónica: 01-800-0117452 y en Bogotá 424 7250

Construcción



ISSN-0122-0586

## SikaNoticias Reforzamiento de las estaciones de Metrocable en Medellín

Sika®

Sika®



DCT-SN-056-10-2004

Sika®



# Reforzamiento de las estaciones de Metrocable en Medellín



Llegada de los vagones a una de las estaciones intermedias

## Descripción del proyecto Metrocable

En Julio de 2003 se dio al servicio Metrocable, la nueva línea del Metro de Medellín, que ampliará la cobertura de este servicio a unas 150.000 personas de varios barrios de la parte alta nororiental de la ciudad. Es una de las obras más importantes de Medellín y Colombia en los últimos años por el gran contenido social y por la inversión económica que implicó.

El proyecto de Metrocable nace de la necesidad de mejorar las condiciones de movilidad de los habitantes de los barrios de la parte alta nororiental de Medellín, que usan el sistema de transporte Metro cada día, y que debían caminar grandes distancias o utilizar buses de servicio público para llegar a las estaciones del Metro. Con Metrocable se mantiene la calidad de servicio del Metro a lo largo de un corredor aéreo, que moviliza a esas personas de manera rápida, segura y más económica. Con este proyecto se mejora la calidad de vida de la población de menores ingresos y permite a las zonas de más difícil acceso vehicular, un transporte público adecuado con tarifas razonables.



Vagón en funcionamiento

La estructura del proyecto Metrocable está conformada por 20 columnas de sostenimiento de acero de altura variable (entre 11m y 33m), que sostienen los cables donde van los 93 vagones con capacidad para 10 usuarios cada uno, que permiten movilizar 25.000 personas en un día típico laboral. En total son 4 estaciones a lo largo de la ruta, cubriendo una distancia de 2.072 m, con un desnivel de 400m y una pendiente máxima de 49%. El proyecto Metrocable se construyó en 14 meses con un costo de 68 mil millones de pesos.

## Estrategia de reforzamiento

Metrocable cuenta con 3 estaciones nuevas que se integran al Metro en la estación Acevedo. Por este motivo, debió hacerse una modificación estructural y arquitectónica en esta estación para empalmar el sistema aéreo de Metrocable con el sistema del Metro. Se construyó un segundo nivel de losa sobre las vías del Metro al que llegan las cabinas provenientes de la primera estación llamada Andalucía. La modificación incluyó la instalación de un ascensor que comunica los dos niveles facilitando el desplazamiento de personas con movilidad reducida.

La adición de este segundo nivel implicó la construcción de nuevas vigas apoyadas sobre las existentes, que no estaban en capacidad de soportar el peso adicional y por lo tanto debían ser reforzadas para no arriesgar la seguridad de la es-

tructura. Se pretendía que este reforzamiento fuese lo más rápido, limpio y que comprometiera en lo más mínimo la arquitectura y estética de la estructura. No se querían hacer engrosamientos de las vigas existentes con camisas en concreto reforzado ya que las vigas reforzadas lucirían de tamaño diferente a las no reforzadas. Se escogió el tejido de fibra de carbono SikaWrap 300C que colocado en forma de U en tres de las cuatro caras de las vigas comprometidas evitaba que el esfuerzo de corte lesionara su estructura.

El SikaWrap 300C es un tejido de fibra de carbono, con una resistencia última a la tensión de 39.000 kg/cm<sup>2</sup> (9 veces más resistente que el acero convencional que tiene solamente 4.200 kg/cm<sup>2</sup>), su espesor es de tan sólo 0.17mm (1 mm incluyendo la resina epóxica con la cual se adhiere al elemento estructural), además se instala de manera muy rápida, se puede pintar, pañetar y la estructura se puede dar al servicio al día siguiente. La figura 1 muestra la estrategia de reforzamiento en Metrocable.

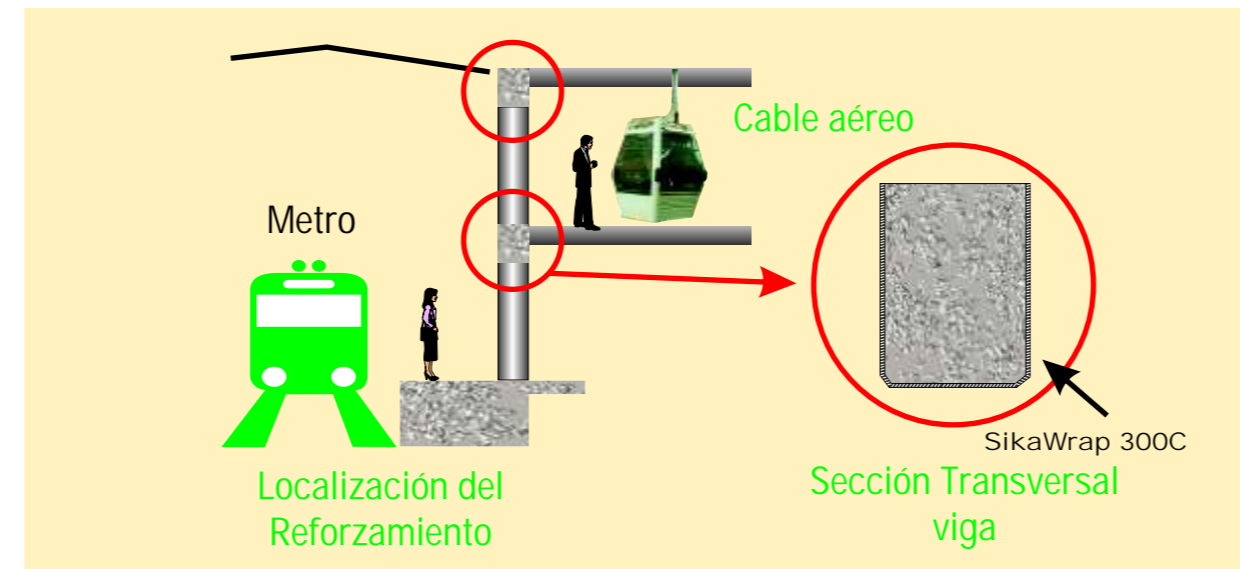


Figura 1. Localización del reforzamiento con tejido de fibra de carbono SikaWrap 300C.



Figura 2. Limpieza y preparación de la superficie de las vigas aéreas.



Figura 3. Colocación del tejido de fibra de carbono SikaWrap 300C.

El proceso de colocación del tejido de fibra de carbono SikaWrap 300C en las vigas implicó unos trabajos previos de preparación de la superficie como: redondeado de las aristas de las vigas para evitar concentración de esfuerzos en el tejido, limpieza de la superficie con pulidora para quitar rebabas, agentes desmoldantes y corregir imperfecciones.

La figura 2 muestra el proceso de limpieza de la superficie de concreto de las vigas aéreas previo a la instalación del tejido de fibra de carbono SikaWrap 300C; la figura 3 muestra la instalación del SikaWrap 300C envolviendo 3 de las 4 caras de algunas de las vigas aéreas.

## Otros trabajos en Metrocable

Para la construcción de estructura nueva (losa de piso del segundo nivel) se especificaron concretos con resistencia a la compresión de 280 kg/cm<sup>2</sup>, muy fluidos para facilitar su colocación y con suficiente retardador en su inicio de fraguado para dar tiempo de fundir la estructura. Se utilizaron los aditivos Sikament-306 superplastificante reductor de alto poder y levemente retardante, el Plastiment TM 10 plastificante-reductor de agua-retardante y el Sikament N-100 superplastificante reductor de agua de alto poder. En total se fabricaron 9.300 m<sup>3</sup> de concreto con estos aditivos.

El concreto nuevo de la losa iba unido a las vigas del segundo nivel en su perímetro por medio del adhesivo epóxico para la pega de concreto fresco a endurecido Sikadur-32 Primer, y sus aceros de refuerzo se anclaron con el adhesivo epóxico para anclajes estructurales Sikadur Gel. Se utilizó el endurecedor de pisos Sika Chapdur color neutro sobre el concreto

de la losa para proporcionarle gran resistencia al desgaste una vez se pusiera en servicio.

Para reparar las desportilladuras de los elementos estructurales como vigas, losas y columnas, se utilizó el mortero de reparación acrílico de alta adherencia y resistencia SikaTop-122.

Las 20 columnas metálicas, denominadas pilonas, que sostienen los cables por donde circulan los vagones son estructuras muy importantes del proyecto Metrocable. Su cuerpo está hecho de acero al carbono, con forma circular y con altura variable entre 11m y 33 m. Fueron fabricadas por la industria



Zona de abordaje de los vagones



Estación