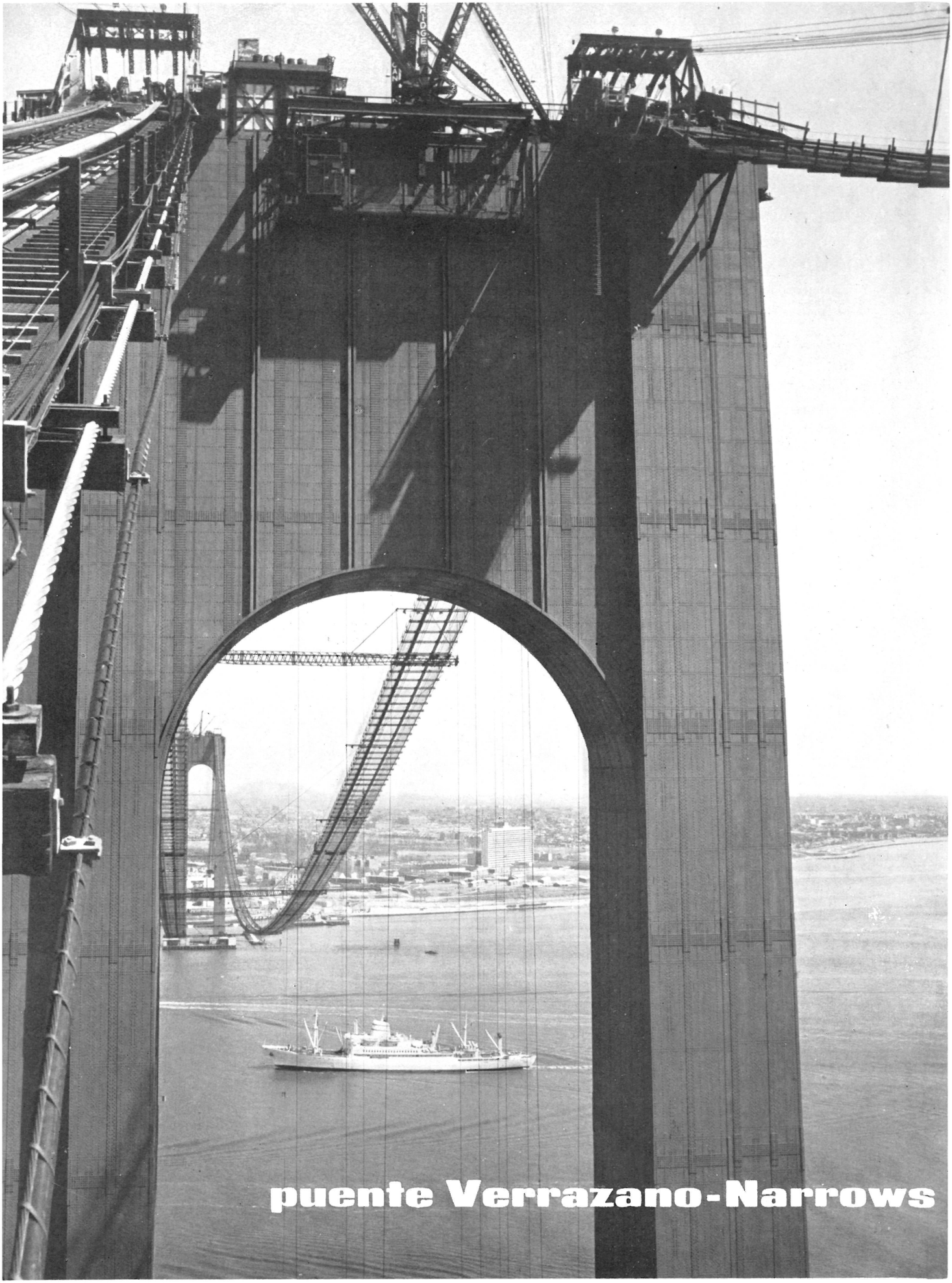
Informes de la Construcción Vol. 17, nº 160
Mayo de 1964



© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

Puente suspendido sobre la bocana del puerto de Nueva York

AMMANN and WHITNEY, autores del proyecto

564 - 17

Información amablemente facilitada por
TRIBOROUGH BRIDGE AND TUNNEL AUTHORITY

sinopsis

Esta destacada obra, suspendida, realizada por la Triborough Bridge and Tunnel Authority, cuenta con una larga gestación que por fin culminó en una realidad y, con ella, a dar solución a una angustiosa situación que el tráfico rodado venía creando progresivamente con sus innumerables embotellamientos. El puente se halla situado entre Brooklyn y Staten Island.

La importancia de esta obra, aparte las enormes cantidades de materiales que exige su construcción, consiste en los 1.298 m de luz que tiene su tramo central. Los dos accesos, simétricos, tienen 370 m de luz cada uno. El tablero, suspendido, se compondrá de dos calzadas de seis bandas de circulación cada una, subdivididas en dos direcciones únicas de circulación por medio de un macizo central.

Los anclajes y cimientos han alcanzado profundidades de 30 a 50 m en lo que respecta a las pilas. Las torres que soportan los cables de suspensión tienen 210 m de altura respecto al nivel medio del mar. Su armazón metálica, prefabricada, tiene en su interior un complicado laberinto compuesto de miles de células.

El tablero, de doble calzada en una segunda fase, se halla suspendido de cuatro cables de 0,90 m de diámetro, con péndolas de 55 mm de diámetro. Para la formación del cable sobre las propias torres de apoyo ha sido necesario instalar una verdadera trefilería, de la cual se acompaña un esquema elocuente por sí mismo.

Simultáneamente a la construcción del puente se están realizando una serie de rectificaciones y mejoras en las vías próximas a los accesos, con objeto de encauzar el tráfico que el puente ha de canalizar. Todos estos trabajos, junto con el propio puente, forman un plan general cuyo alcance económico es del orden de 400 millones de dólares.

La seguridad del personal que trabaja en esta obra, cuya terminación se confía para 1964, ha sido estudiada y puesta en juego con gran minucia y firmeza.

Generalidades

El puente de Verrazano-Narrows constituye una atrevida obra de ingeniería cuyo tramo central, con sus 1.298 m de luz, superará en 18 m a la correspondiente del Golden Gate, que hasta la actualidad había sido considerada como la mayor del mundo.

La obra se halla situada en la bocana que da acceso al puerto de Nueva York. Una vez terminado el puente se establecerá una gran vía de comunicaciones terrestres, entre los barrios de Brooklyn y Staten Island, que logrará descongestionar la circulación de vehículos en la zona urbana de Nueva York. El proyecto de esta tremenda obra de ingeniería ha sido redactado por los ingenieros consultores Ammann & Whitney, de Nueva York, bajo los auspicios de la Triborough Bridge and Tunnel Authority y la inspección del Director General, George E. Spargo, y se ha previsto, salvo ulterior complicación, su terminación y entrada en servicio en el año 1964. Para esta fecha la terminación, antes indicada, constituye una primer fase cuyo objetivo comprende la construcción y terminación del primer tablero, ya que en una segunda fase y, a medida que el volumen del tráfico así lo requiera, se construirá un segundo tablero inferior que aportará un aumento considerable en la capacidad de vehículos que podrán utilizarlo.

El coste de esta importante obra de ingeniería se eleva al orden de 325 millones de dólares, suma que cubre todas las obras complementarias de los tramos de acceso e inmediaciones de los mismos. Esta obra ha iniciado su realización en agosto de 1959 y ha seguido su proceso constructivo hasta alcanzar actualmente un 40 por 100 del volumen total de obra previsto.

Descripción de la obra

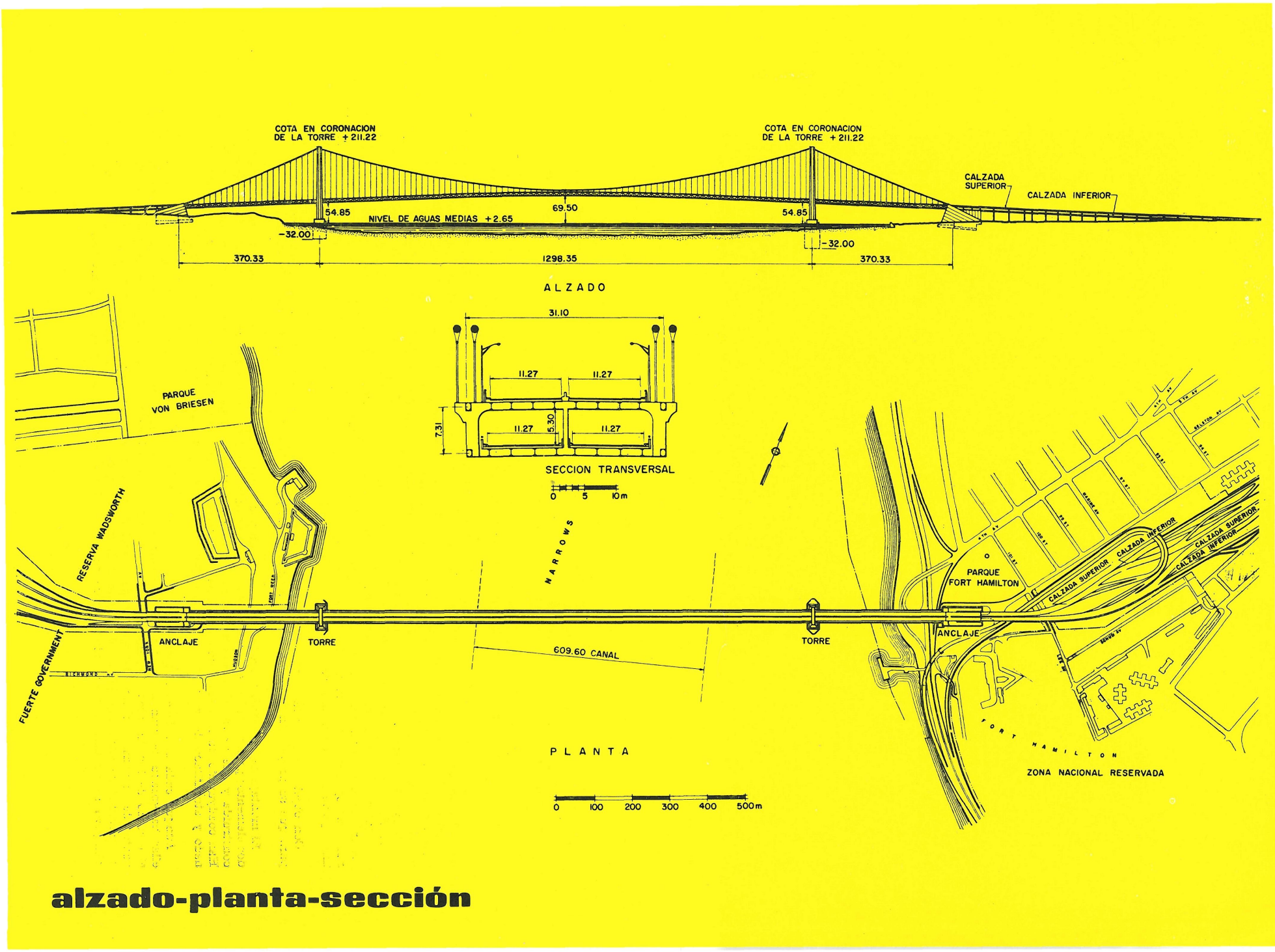
La longitud total del puente, comprendiendo los tramo inmediatos de acceso, será, aproximadamente, de 4.800 metros.

El puente dispondrá de una doble calzada a distintos niveles, de 31 m de anchura total cada una de ellas, con un total de seis bandas de circulación, separadas en cada una de las calzadas por un macizo central que las subdividirá en tres bandas de circulación de sentido único a cada lado del macizo.

La luz del tramo central tendrá 1.298 m y, por tanto, será la de mayor longitud de todos los puentes construidos hasta ahora. Recordemos que la luz máxima lograda, hasta la actualidad, ha correspondido a la obra mundialmente conocida con el nombre de Golden Gate, cuya longitud, en su tramo central, es de 1.280 m. Este puente suspendido tendrá dos tramos laterales, simétricos respecto al eje central del tramo principal, con una luz de 370 m cada uno de ellos. Los anclajes se han situado, uno de ellos en la zona denominada Fort Wadsworth, y el otro en la de Brooklyn, precisamente al oeste de Fort Hamilton y adyacente a la gran vía de comunicaciones denominada Shore Parkway.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)



alzado-planta-sección

http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

El puente antes de empezar el trenzado de los cables.

Las dos torres de suspensión son metálicas y tienen una altura total de 210 m sobre el nivel de aguas medias. La torre que corresponde a Staten Island se halla separada de la costa, hacia el interior del mar, unos 91 m. La torre opuesta, correspondiente a la otra margen y situada en el paraje denominado Fort Lafayette, se halla separada de la costa, también hacia el interior del mar, una longitud de 243 metros.

La altura libre vertical sobre las aguas del mar y correspondiente al punto central del tramo principal es de 69 m y, por tanto, permitirá el movimiento ininterrumpido de las mayores embarcaciones comerciales actuales.

Los cimientos de las torres descienden a 30 y 50 m de profundidad, respectivamente. Sobre estos cimientos, de hormigón armado, se apoya el dado que sirve de base de fijación de las torres metálicas que sustentan los cables principales de los cuales penden las péndolas que han de sustentar al tablero. Las torres son metálicas, de tipo celular y constituyen un verdadero dédalo, recorrido verticalmente por múltiples escaleras de acceso a los distintos puntos y plataformas de trabajo. Estas células se preparan en talleres de prefabricación, en los que se montan constituyendo elementos de volumen y peso previsto de acuerdo con los medios de transporte, elevación y su capacidad. El montaje en obra de los distintos elementos prefabricados, que constituyen un verdadero enjambre celular en el interior de cada una de las torres, ha sido cuidadosamente preparado numerando los elementos con objeto de evitar que el personal que trabaja en el montaje de los mismos pudiera perderse o extraviarse momentáneamente durante las operaciones de montaje, acceso o salida del trabajo. La forma en planta de cada una de estas torres es una especie de T, cuyas alas se hallan en oposición en cada una de las torres.

Con objeto de dotar las torres de un aspecto estético agradable a la vista, sus dimensiones han sido escorzadas para que su proyección en el espacio se adapte a una perspectiva de silueta agradable a la vista.

El montaje de las torres se ha llevado a cabo con poderosos medios auxiliares de elevación y transporte de los pesados elementos prefabricados. Además, también se han montado grúas móviles deslizantes apoyadas en la parte de obra construida y que se van elevando a medida que ésta avanza hasta llegar a la parte superior o coronación de la torre. Han coadyuvado, facilitando el montaje, una serie de plataformas individuales, suspendidas, utilizadas para el roblonado y atornillado de las placas que constituyen los paramentos vistos exteriores de las torres.

Aunque cada una de estas torres está siendo construida por empresas distintas e independientes, cada una de ellas ha gozado de gran libertad para proyectar aparejos de elevación, más o menos ingeniosos, que permitan, según el escorzo de los distintos elementos prefabricados, disponer de suficiente libertad de movimientos de los cuatro puntos de suspensión dentro del aparejo de elevación, con objeto de que se pudiese situar convenientemente el centro de gravedad de cada uno de los elementos prefabricados y, de forma tal, que la elevación y colocación en su lugar definitivo se realizase conservando siempre su parte inferior en una posición estable y nivelada.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Accesos

Como la capacidad prevista es de 12.600.000 vehículos por año, contando con una sola calzada, y de 48 millones de vehículos, cuando se hallen en pleno rendimiento simultáneo las dos calzadas, inferior y superior, ha sido necesario preconcebir un plan general de encauzamiento del tráfico urbano procedente del centro de la ciudad en las inmediaciones del puente. Dentro de este plan se han incluido todas las modificaciones y mejoras de las distintas arterias generales de tráfico que convergen, directa o indirectamente, a cada una de las extremidades del puente.

Las atenciones para todas estas mejoras y construcción de un nudo de acceso y salida de las dos plataformas en la zona correspondiente a Staten Island, se elevan a 41 millones de dólares: el 90 por 100 corresponde a fondos federales, mientras que el 10 por 100 restante será aportado por el Estado de Nueva York.

Para hacer frente a las modificaciones antes mencionadas y correspondientes al acceso de Brooklyn, estas atenciones se elevan a 90 millones de dólares: el 90 por 100 corresponde al gobierno federal, mientras que el 10 por 100 restante será sufragado por el Estado de Nueva York.

Materiales

La construcción de este puente absorberá, una vez terminado, 43.000 m^3 de hormigón, 160.000 t de acero laminado estructural y 28.000 t de acero para armaduras, sin que en esta cifra se hayen incluidas las 38.500 t de acero de alta resistencia correspondientes a los cables que han de sostener el tablero del puente.

Tendido y trenzado de los cables de suspensión del tablero

El trenzado de los cables de suspensión, la preparación y fijación de péndolas y el tendido de los primeros cables que constituyen el apoyo y plataforma de trabajo del personal encargado del trenzado de los cables principales de sustentación, han constituido el gravamen económico de mayor consideración en la construcción de esta obra: 57 millones de dólares. Todo el trabajo correspondiente a la colocación y trenzado de cables ha sido adjudicado a la American Bridge Division of Unites States Steel Corporation con un presupuesto total de 33.650.000 dólares.

La ingeniosa técnica empleada y desarrollada en el trenzado de este tipo de cables, destinados a servir de apoyo de las péndolas que han de suspender el tablero del puente, ha experimentado un cambio apenas sensible desde que aparecieron los puentes suspendidos de grandes luces, como, por ejemplo, el ya famoso de Brooklyn, que fue construido hace ya ochenta años.

El conjunto de las operaciones necesarias para el trenzado de los referidos cables viene constituyendo, y continuará durante los próximos seis meses, un espectáculo fascinador, durante el cual se formarán los cuatro cables o paquetes de alambres—del espesor de un lapicero cada uno—y diámetro total de 0,91 m, destinados

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

a la suspensión del puente de Verrazano-Narrows. A los habitantes de Nueva York se les ofreció, hace tres años, durante la construcción del puente Throgs Neck Bridge, la oportunidad de presenciar otro espectáculo semejante al que actualmente se está desarrollando para el trenzado de los cuatro cables anteriormente mencionados. Sin embargo, veintidós años antes a la construcción de este último puente se introdujo, por primera vez, el actual sistema de trenzado. El puente a que nos estamos refiriendo es el de Bronx-Whitestone.

La compleja operación que actualmente se está llevando a cabo sobre el puente Verrazano-Narrows se realiza bajo la dirección y personal de la conocida acerería americana denominada American Bridge Division of the United States Steel Corporation, altamente especializada en el campo de esta específica operación. Entre otras cosas notables resalta la precisión rítmica necesaria y estrictamente observada que viene garantizando el éxito de este tipo de obras.

El término trenzado, como normalmente denominan los ingenieros, conduce a una imagen distinta de lo que realmente significa, ya que este término sugiere la fabricación de un cierto tejido o madeja, mientras que el proceso tiene cierta similitud con un paquete no retorcido formado por un conjunto de hilos no retorcidos, tal que cada uno de ellos se hubiese sustituido por alambres de acero. Los carretes en que se ha enrollado el alambre tienen un peso de 24 t y una longitud total de cable del orden de 144.841 m. Cada uno de los distintos paquetes parciales que constituyen el cable está formado por otros 428 cables de 2.194 m de longitud. Estos cables, tendidos provisionalmente sobre las dos torres principales, terminan en una y otra extremidad en los anclajes correspondientes, en los que se amarran sobre las gargantas de sillas habilitadas en las extremidades de las barras de acero que sirven para su anclaje. Un cable completo consta de 71 cordones.

La primer operación auxiliar realizada para el tendido y formación de los cuatro cables principales ha consistido en construir dos plataformas de trabajo, suspendidas, de 6 m de anchura y a todo lo largo del puente. Estas dos plataformas, de ejes paralelos, convenientemente arriostradas para defenderse mejor de la acción directa del viento sobre ellas, se han complementado con barandillas de seguridad, teléfonos y catenarias que sirven de apoyo a los carritos que suspenden las poleas, de 1,20 m de diámetro, necesarias para el transporte de los alambres que constituyen cada uno de los cordones y, además, de una magnífica plataforma para el personal que ha de permanecer escalonadamente sobre ella para asegurar la buena disposición durante el transporte, flecha y colocación de cada uno de los alambres durante las operaciones de formación del gran paquete de cables.

Dos grandes tambores, colocados en la parte trasera de uno de los anclajes, son los encargados del suministro de alambre durante las operaciones del trenzado. Una de las extremidades se amarra sobre una silla situada en la extremidad de una barra, y los dos cables se colocan en las gargantas de las poleas que se utilizan en el trenzado y para el transporte de los cables a lo largo de toda la longitud del puente. Estas dos poleas, de 1,20 m de diámetro, van provistas de una garganta doble y van dejando simultáneamente, a partir de cada uno de los anclajes, dos bucles, cada uno de ellos conseguido por viajes de dos minutos de duración y pasando por la parte superior de las torres hasta llegar al anclaje opuesto al de partida. A la llegada de las poleas a cada uno de los anclajes, se sacan los alambres de las gargantas en las que estaban colocados durante el viaje y se ponían en las sillas montadas en las extremidades de cada una de las barras de anclaje.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc) http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

strucción
uno de los
esos.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

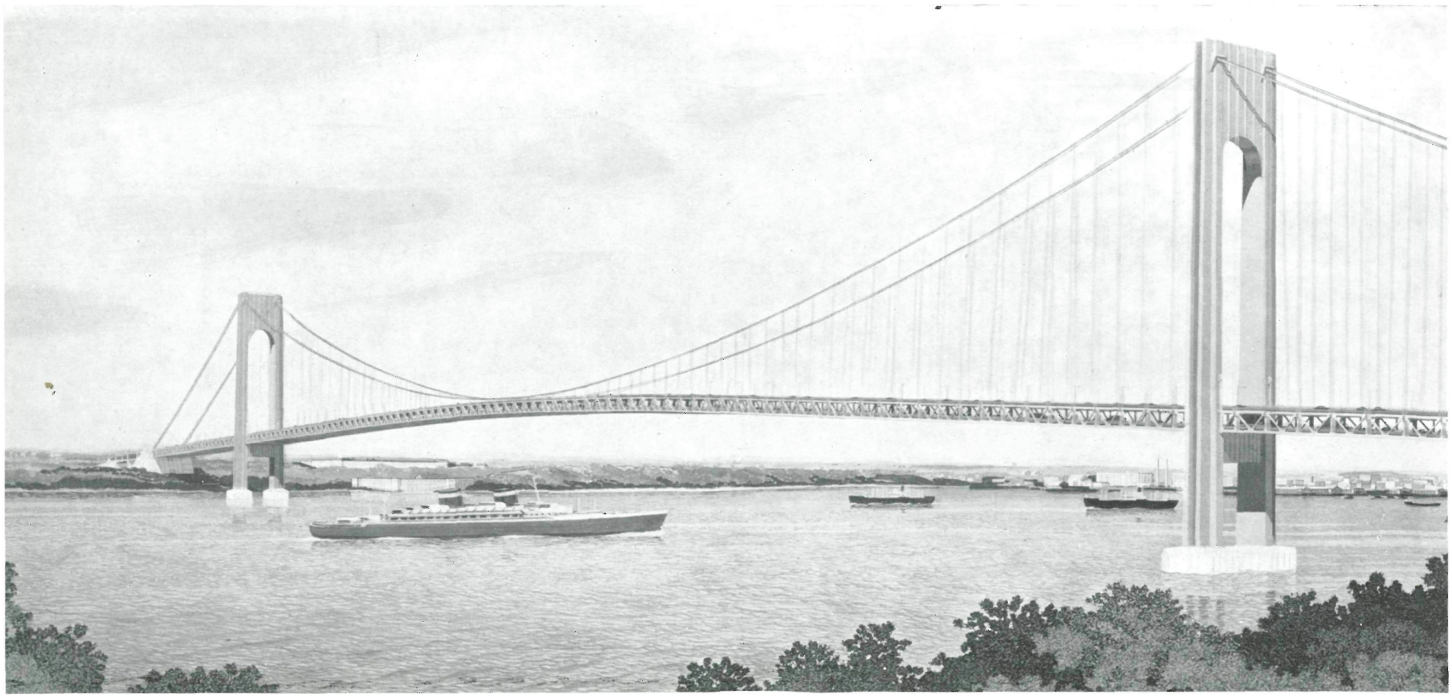
Perspectiva del tablero y torres.

De esta manera se consigue que cada una de las poleas haya tendido cuatro alambres correspondientes a dos cordones distintos. En el viaje de regreso las poleas cambian de alambres, ya que cada cordón se alimenta, única y exclusivamente, a partir del anclaje que dio origen a su punto de partida.

Cada uno de los cordones absorbe seis carretes y medio de alambre para su terminación. Las dos extremidades del alambre que está enrollado en cada uno de los carretes se han fileteado convenientemente y, al llegar a la extremidad del alambre desenrollado de cada uno de los carretes, y por medio de un manguito de unión, se acoplan las dos extremidades del alambre: la correspondiente al carrete anterior y la otra del nuevo carrete. Al terminarse un cordón se corta el alambre, se filetea su extremidad y se la une al alambre sin tensión del bucle que arrastran las poleas al iniciar el nuevo cordón. De esta manera se logra la terminación simultánea de cuatro cordones, a la vez, y permite continuar la operación del trenzado en otro cable mientras los cuatro cordones se sujetan con bandas metálicas y se ajustan debidamente.

Cuando se han trenzado los 26.108 alambres, el cable tiene una sección transversal cuyo perímetro presenta una forma hexagonal. La operación inmediata consiste en comprimir fuertemente la masa de alambres que constituye el paquete hasta conseguir darle una forma cilíndrica. Para mantener esta forma cilíndrica se utilizan bandas metálicas a guisa de enzunchado que asegura la referida forma. En los puntos de fijación de las péndolas de suspensión del tablero se acoplan los manguitos metálicos que servirán de amarre posteriormente a las péndolas de suspensión.

Vista general del puente.



© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

La operación siguiente consiste en la fijación de las péndolas de suspensión o cables metálicos, de 55 mm de diámetro, a los manguitos anteriormente mencionados. Los cables principales se recubren, finalmente, con un alambre continuo, formando espiral, que se constituye en una especie de vaina protectora del cable contra los agentes atmosféricos.

Vista panorámica con el puente en primer plano y Nueva York al fondo.

Medidas de seguridad

Las distintas y variadas operaciones que constituyen el montaje de este puente han exigido un delicado y minucioso estudio de las disposiciones generales que debían adoptarse para garantizar la seguridad y evitar, en la medida de lo posible, toda clase de accidentes, generalmente mortales, en este tipo de obras, del personal que está contribuyendo a la construcción de esta importante y arriesgada labor.

Aun tratándose de alturas no corrientes y exposición abierta a los embates del viento, la seguridad del personal que trabaja sobre las plataformas auxiliares se halla comprendida en el campo normal de los riesgos de otras profesiones que trabajan en lugares aparentemente más seguros.

Otra de las grandes complicaciones para la seguridad y buen orden del personal es la vigilancia, próxima y estrecha, de los accesos y salidas del interior de un verdadero dédalo formado en el interior de cada una de las torres por los múltiples y variados elementos prefabricados. Para garantizar aún más, si esto cabe, la seguridad del personal, se ha formado un equipo de inspectores con la única misión de mantener, en cada instante y distintas fases de las maniobras de montaje, un riguroso control sobre estas seguridades.

De momento, y esto colma de satisfacción a las empresas constructoras, la gravedad y número de accidentes ha sido reducida a un límite que no es aventurado admitir como inferior a lo que sucede en otras obras de menor riesgo aparente.

Fotos: LENOX

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Le pont Verrazano-Narrows

Amman et Whitney, auteurs du projet.
Triborough Bridge and Tunnel Authority, constructeurs.

Après une longue préparation, le pont suspendu de Verrazano-Narrows, ouvrage réalisé par la Toborough Bridge and Tunnel Authority et situé entre Brookling et Staten Island, est maintenant une réalité qui donne la solution à l'angoissante situation créée par le trafic routier croissant et ses innombrables embouteillages.

L'importance de cet ouvrage, en plus des énormes quantités de matériaux exigés pour sa construction, est due aux 1.298 m de portée que totalise son tronçon central. Les deux accès, symétriques, ont, chacun, 370 m de portée. Le tablier, suspendu, sera composé de deux chaussées à 6 bandes de circulation chacune avec une séparation centrale.

Les ancrages et les fondations ont atteint des profondeurs de 30 à 50 m en ce qui concerne les piles. Les tours qui supportent les câbles de suspension ont 210 m de haut par rapport au niveau moyen de la mer. Son ossature métallique, préfabriquée, se compose, à l'intérieur, d'un labyrinthe compliqué, formé par des milliers de cellules.

Le tablier, à double chaussée, dans une seconde phase, est suspendu par quatre câbles de 0,90 m de diamètre, à l'aide de câbles de 55 mm de diamètre. Pour la réalisation de chaque câble, sur les tours d'appui, elles-mêmes, il a été nécessaire d'installer une véritable tréfilerie dont le schéma éloquent par lui-même, donnera une idée.

Simultanément à la construction du pont, une série de rectifications et d'améliorations sont réalisées sur les voies proches des accès, afin de canaliser le trafic qui l'utilisera. Tous ces travaux, joints au pont lui-même, forment un plan général dont la portée économique est de l'ordre de 400 millions de dollars.

La sécurité du personnel travaillant à cet ouvrage, que l'on espère terminer en 1964, a été étudiée et mise en pratique d'une manière aussi ferme que minutieuse.

The Verrazano Narrows Bridge

Amman & Whitney, project authors.
Triborough Bridge & Tunnel Authority, contractors.

This outstanding suspension bridge underwent a long process of preparation, and it has finally served to solve a most urgent and intense problem of communication between Brookling and Staten Island.

This bridge represents an exceptional engineering achievement firstly because of the 1,298 m span between its two towers, and the two side spans of 370 m; secondly due to the vast amounts of materials involved in its construction.

The suspended deck will have two directions of traffic, each consisting of six lanes, the two directions separated by a central division.

The anchorage and foundations reach down to a depth of 50 m. The towers supporting the main suspension cables are 210 m high above the mean sea level. Their prefabricated external metal shell contain inside a complex system of thousands of metal cells.

The deck hangs from four main suspension cables, each 90 cm in diameter. Hanger cables, each 55 cm in diameter, support the deck. The cable spinning over the main towers was a difficult and highly complicated operation. Details of this are given in the accompanying diagrams.

Simultaneous with the construction of the bridge, the main access roads to it have been improved and altered, in order to chanalise the heavy traffic more effectively towards it. The whole project, including the construction of the bridge and alterations to the approaches, has amounted to a total costs of the order of 400 million dollars.

The safety of the personnel working on this project has been very carefully studied. Ellaborate arrangements are being rigidly enforced for the protection of human lives.

It is hoped that this huge project will be completed within the present year.

Die Verrazano-Narrows Brücke

Amman & Whitney, Authoren des Projektes.
Triborough Bridge and Tunnel Authority, Erbauer.

Dieses aussergewöhnliche Vorhaben, das von der Triborough Bridge and Tunnel Authority durchgeführt wird, wurde lange geplant und soll endlich einer Situation ein Ende bereiten, die durch den ständing ansteigenden Verkehr und seine unzähligen Verstopfungen geradezu beängstigenden geworden war. Es handelt sich um die Hängebrücke zwischen Brookling und Staten Island.

Die Bedeutung dieser Brücke liegt, neben den ungeheuren Mengen von notwendigem Material für den Bau, in der ausserordentlichen Spannweite von 1.298 m des mittleren Brückenabschnittes, der durch zwei symmetrische Auffahrten mit einer Spannweite von je 370 m zugänglich gemacht wird. Der Fahrdamm soll aus zwei Fahrbahnen bestehen, die in je 6 Fahrspuren unterteilt sind. Von diesen 6 Spuren verlaufen wieder drei in derselben Richtung und sind durch einen festen Mittelstreifen von den in entgegengesetzter Richtung verlaufenden Spuren getrennt.

Die Gründungspfeiler der Brücke wurden bis zu 30 bis 50 m tief in die Erde eingelassen und die Türme, über die die Hängekabel verlaufen, haben im Vergleich zum mittleren Meeresspiegel eine Höhe von 210 m. Das vorgefertigte Gerüst der Brücke stellt ein einziges Labyrinth von Eisenteilen dar.

Der Fahrdamm, der in einer zweiten Etappe eine doppelte Fahrbahn erhalten soll, wird durch vier Kabel mit einem Durchmesser von 0,90 m und von Hängestangen von 55 m Durchmesser getragen. Zur Herstellung des Hängekabels war es notwendig auf den Stütztürmen einen Spezialapparat einzubauen, von dem eine Skizze beigefügt ist, die für sich selbst spricht.

Gleichzeitig mit dem Bau der Brücke werden eine Reihe von Änderungen und Verbesserungen der Zufahrtsstrassen vorgenommen, die einen reibungslosen Übergang des Verkehrs auf die Brücke garantieren sollen.

Die Gesamtkosten dieses ganzen Vorhabens einschliesslich der Nebenarbeiten belaufen sich auf 400 Millionen Dollar.

Für die Sicherheit der am Bau beschäftigten Arbeiter wurden genau geprüfte und einwandfreie Massnahmen getroffen.

Man hofft mit einer Beendigung der Bauarbeiten im Jahr 1964.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es