



1. Vista general del espacio abovedado bajo el puente de Queensboro. Imagen tomada al finalizar su construcción en 1909 (cortesía de la oficina de Historia Metropolitana de Nueva York)

La restauración de las bóvedas cerámicas de Guastavino en el puente de Queensboro*

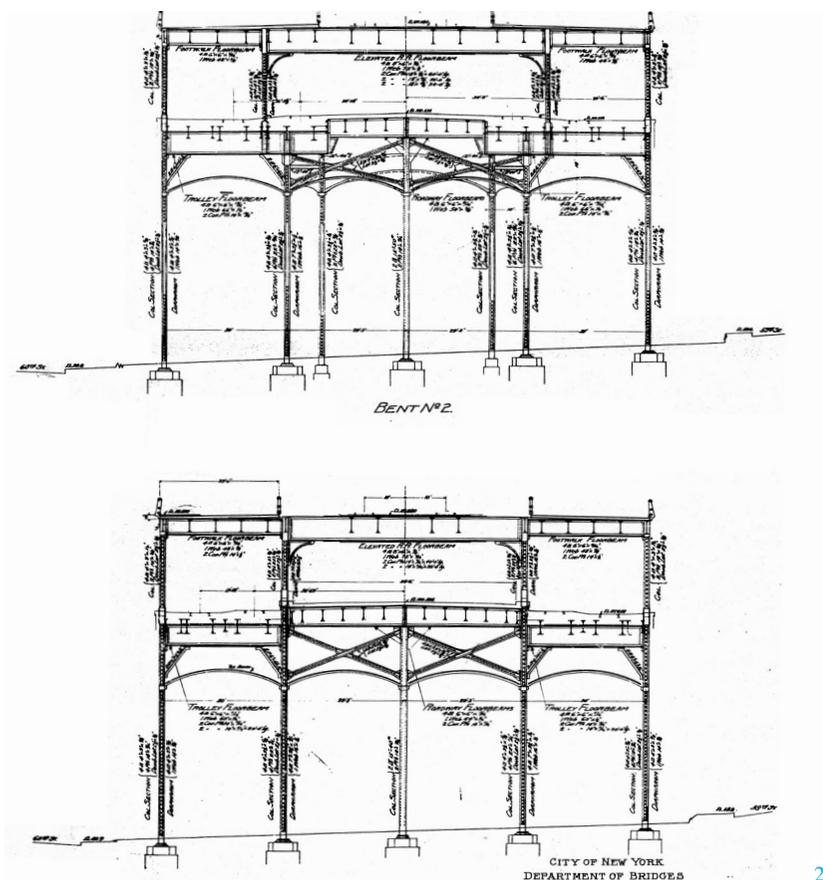
Charles DiSanto**

Las impresionantes bóvedas bajo el acceso en Manhattan de este famoso puente de Nueva York, sometidas durante muchos años a la incuria del olvido y a condiciones extremas de filtraciones de agua y movimientos del tráfico rodado, han demostrado su extraordinaria calidad constructiva en este su primer siglo de existencia. En la restauración de las mismas se emplearon interesantes técnicas innovadoras que asumen y respetan los movimientos estructurales derivados de la estructura del puente y se proveyeron inteligentes sistemas de drenaje para evacuar el agua proveniente de las filtraciones de la calzada superior.

Restoration of the Queensboro bridge Guastavino tile vaults: a case study. The impressive vaults under the Manhattan approach of this famous New York bridge, subjected to neglect and severe water infiltration and the stress of heavy traffic for many years, have demonstrated their extraordinary quality in this first century of their existence. Interesting innovative techniques were used in the restoration of these vaults respecting structural movements in the bridge and intelligent drainage systems were provided to shed the water from infiltration coming from the roadway above.

* Este artículo es la reedición traducida del texto ya publicado en *APT Bulletin, The Journal of Preservation Technology*, Vol. XXX, No. 4, 1999, págs. 27-31. Agradecemos la cortesía del equipo editorial de esta revista que nos ha permitido la reedición del texto en castellano.

**Charles DiSanto es arquitecto especialista en restauración asociado en el estudio de arquitectura de Walter B. Melvin de la ciudad de Nueva York. Este estudio está especializado en restauración de fábricas, cubiertas e impermeabilización de edificios históricos.



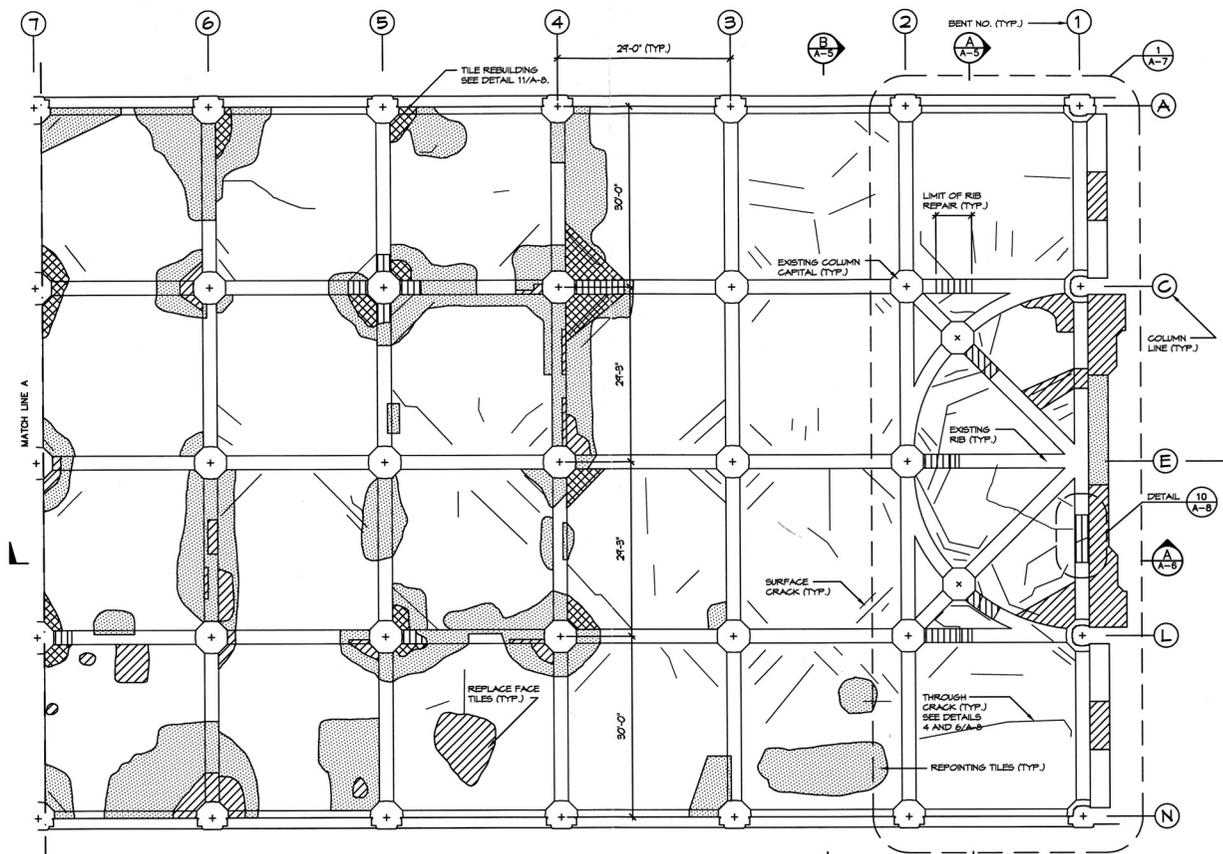
2

El puente de Queensboro, construido entre 1901 y 1909, fue diseñado para soportar el tráfico de caballos, carros y un tren elevado entre Manhattan y Queens, dentro de la consolidación de la Gran Ciudad de Nueva York de 1898 a partir de los cinco barrios históricos. Anteriormente, el transporte entre ambos barrios era sólo posible mediante barcos de transporte, y se esperaba que, con la construcción del puente, se facilitaría la explotación de las tierras baratas de Queens para la pequeña industria y las manufacturas.

Respondiendo al deseo de la ciudad de celebrar la grandiosidad urbana de esta mejora en el transporte, el ingeniero Gustav Lindenthal y el arquitecto Henry H. Hornbostel adornaron los aspectos técnicos e ingenieriles de la estructura con gracia arquitectónica y sensibilidad en el detalle. Esta intención no se reflejó en ninguna parte mejor que en las altas bóvedas del espacio del Mercado del Puente, bajo la calzada de acceso a Manhattan.

El mercado abovedado fue concebido como un mercado público protegido que ocuparía la parte inferior de la calzada de acceso a Manhattan, que de otra forma hubiera quedado inutilizada. Inicialmente, este espacio estuvo abierto a la calle, pero en 1916 se añadieron unos cerramientos de acero. El Mercado del Puente cerró definitivamente en 1930 y cayó en estado de abandono. El tráfico del puente aumentó y la humedad se fue infiltrando en la cubierta del mismo. El Mercado del Puente fue designado Patrimonio de la Ciudad de Nueva York en 1974.

2. Sección original del espacio abovedado del mercado del puente de Queensboro (cortesía de los archivos de la concejalía de transportes de Nueva York)

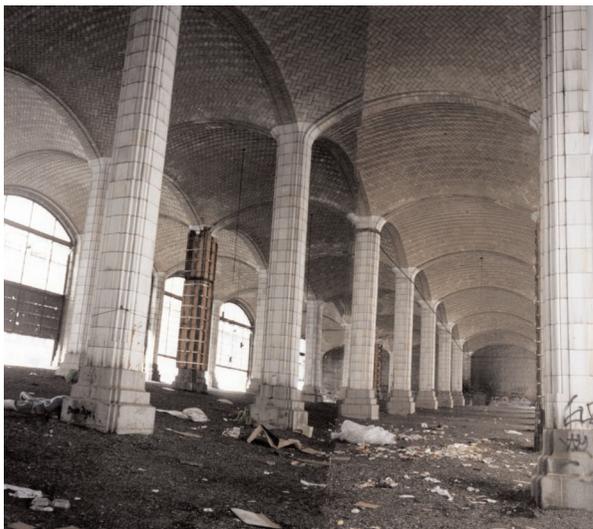


3

El acceso a Manhattan y las bóvedas de Guastavino

El acceso a Manhattan está comprendido entre la Segunda Avenida con la Calle 59 en su lado Este y los embarcaderos de Manhattan, cerca de New York Avenue. Incluye rampas tanto rodadas como peatonales, grandes muros de carga en granito, y cuatro áreas distintas cubiertas con bóvedas cerámicas de Guastavino. De estas áreas, la mayor y más prominente (con aproximadamente 3.000 m²) corresponde al Mercado del Puente, situado entre los muelles y la Primera Avenida (fig.1).

4



La obra de Guastavino comprende las bóvedas del paso elevado sobre la First Avenue, las que cubren el almacén y zona de mantenimiento (12 crujiás) y el pabellón de entrada para carros. En total, aproximadamente 5.600 m² de magníficas bóvedas vistas amparan la parte inferior de la calzada del puente. Encontramos nada menos que cinco tipos geométricos de bóveda: vaída, vaída modificada (en la zona del almacén), elíptica segmentada, cañón recto y cañón curvo o toral.

Todas las bóvedas están acabadas con el aparejo en espina de pez típico de Guastavino, con rasilla vidriada (15,24 cm x 30,48 cm x 1,9 cm), con dos o tres rasillas cerámicas de base de mayor formato. La matriz de la bóveda está formada por un conglomerado cerámico con mortero de cemento de aproximadamente 11 cm de espesor total. El grosor de las bóvedas varía de dos capas de rasilla cerámica más el acabado en la parte superior a como máximo nueve capas en los estribos. Mientras las cuatro crujiás de la Primera Avenida

se sustentan en vigas arqueadas aplacadas en granito con luces de 36 m por encima de la calle, la mayor parte de las bóvedas vaídas se sustentan en nervios cerámicos que a su vez reposan mediante angulares en los pilares en celosía de acero revestidos de placas cerámicas (fig. 2). Estos pilares sobrepasan el nivel de las bóvedas para alcanzar y soportar la calzada del acceso a Manhattan.

Las bóvedas vaídas del Mercado del Puente son el resultado del corte de una cúpula de 6,7 m de diámetro por planos verticales de 1,5 m, de modo que encajen en vanos de 9,15 m de lado. Hay 34 bóvedas de este tipo. Las dos restantes, situadas en el extremo Este, junto al muelle de Manhattan, fueron modificadas respecto al proyecto original debido a la supresión de uno de los pilares centrales para permitir una visión ininterrumpida del centro estructural del conjunto. La bóveda resultante se desarrolla pues en dos crujías, y está terminada en borde libre mediante un arco elíptico que soporta cuatro secciones triangulares de bóveda en abanico. Vistas en conjunto, estas cuatro bóvedas emulan aproximadamente la forma de media cúpula (fig. 3).

Necesidades del proyecto y del programa

Debido a que el Puente de Queensboro y el acceso a Manhattan están catalogados como Patrimonio de la Ciudad, todo trabajo relativo al puente requiere una inspección y aprobación de la Landmarks Preservation Commission (Comisión de Preservación del Patrimonio). El New York City Department on Transportation's Bureau of Bridges (Oficina de Puentes del Departamento de Transportes de Nueva York) administra y mantiene el puente y, por tanto, asumió el papel de promotor. En 1992, Steinman Engineering contrató como consultora al estudio del arquitecto Walter B. Melvin, a fin de que realizara los análisis, diseños y reparaciones específicas de los elementos arquitectónicos del acceso a Manhattan, incluyendo una nueva rampa de acceso peatonal, y que además gestionara el proceso de revisión en la oficina municipal, incluyendo el proceso de aprobación por parte de las comisiones de Patrimonio.

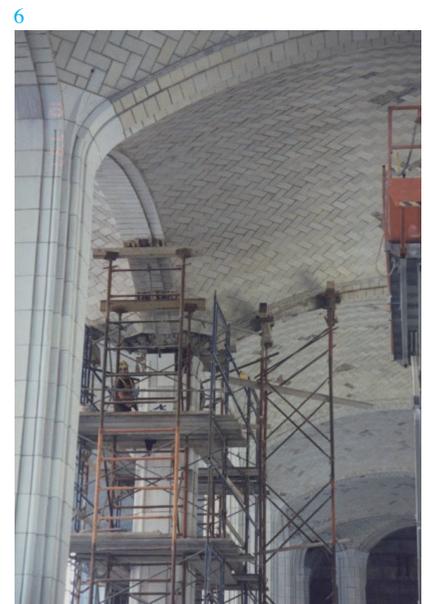
El encargo del arquitecto consistió en cubrir los requerimientos prácticos del Department on Transportation con respecto a las reparaciones estructurales, reponer el material perdido y estabilizar la construcción existente, siempre respetando las características arquitectónicas del espacio y de los materiales. El proyecto se concibió inicialmente como una estabilización de la estructura, pero se interpretó siempre desde la perspectiva de la preservación.

Análisis y condiciones observadas

Al iniciar el proyecto en 1992, las bóvedas, arcos y columnas de todo el conjunto se encontraban en un estado de deterioro considerable. En 1993 se iniciaron los trabajos de prospección en todas las bóvedas, así como en las 56 columnas revestidas de cerámica del Mercado del Puente y las zonas de almacén. El trabajo de investigación se desarrolló en dos niveles de aproximación y con un estudio en paralelo de los materiales empleados. El intradós de todas las bóvedas se inspeccionó desde el suelo y, cuando fue necesario,



5



6

3. Plano del proyecto de restauración que muestra la distribución de las patologías encontradas (cortesía de Walter B. Melvin, arquitecto)

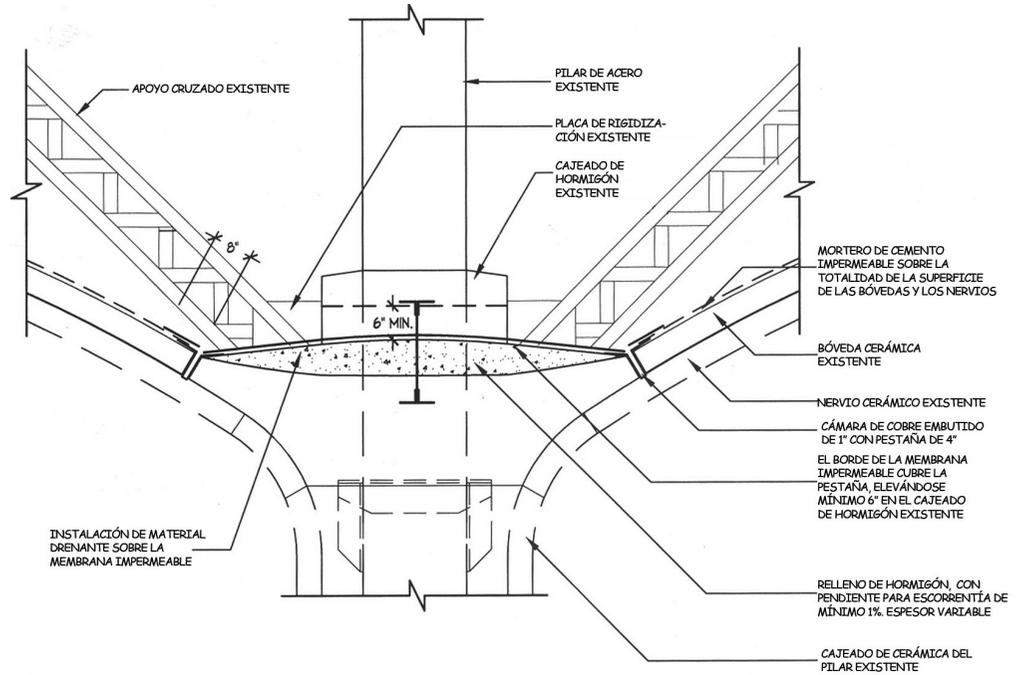
4. Vista interior del mercado del puente antes de su análisis donde destaca la columna empesillada (foto: Charles DiSanto)

5. Importantes grietas en las bóvedas. Obsérvese la capa impermeable visible (foto: Charles DiSanto)

6. Apuntalamiento de los arcos de las bóvedas durante la restauración (foto: Charles DiSanto)



7



8

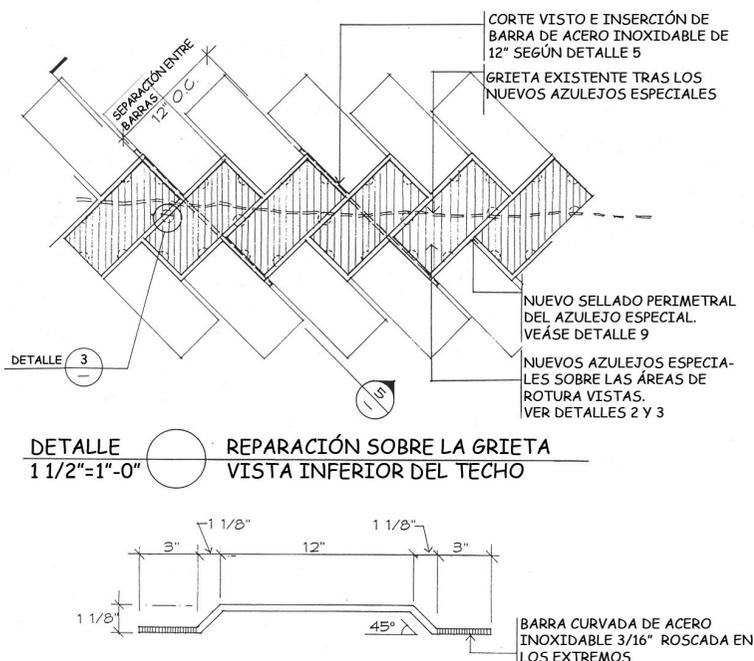
en contacto directo mediante equipos de elevación y personal especializado. Además, se accedió al extradós de las mismas, a fin de observar las condiciones en las que se encontraban, tanto éstas como la calzada. Al mismo tiempo se estudiaron los dibujos constructivos originales y se tomaron también muestras de la bóveda que más tarde fueron analizadas en el laboratorio para obtener las características de los materiales constituyentes.

Se recopiló la información del trabajo de prospección y se plasmó en diagramas y planos de cada una de las bóvedas, representando el típico aparejo en espiga y los arcos perimetrales del vano de 9,13 m x 9,13 m. Se identificaron, cuantificaron y registraron en los planos del estudio previo todas las áreas visibles con eflorescencias, deterioro de las juntas, desprendimientos, laminación de la cerámica, roturas y pérdidas de material (fig. 3). Estos planos fueron recopilados posteriormente para elaborar los planos de reconstrucción de las áreas abovedadas.

9



La investigación incluyó también un test de materiales para la cerámica y el mortero. La pieza cerámica de acabado resultó tener una resistencia media a compresión de 2.250 kg/cm² y una succión del 9% (tras 24 horas empapada). La pieza cerámica de soporte dio como resultados 1.300 kg/cm² de resistencia a compresión y un 8% de succión. Ambas piezas cumplían con la norma ASTM C62, en grado de clima severo. El mortero se reconoció como ASTM Tipo N, y no se encontró evidencia alguna de ataque de sulfatos. El mortero de rejuntado original se reconoció como ASTM Tipo S. La revisión de los documentos originales proporcionó una información fundamental sobre la intención de los detalles constructivos, en especial con respecto a la relación de las bóvedas con la superestructura del puente.



10

El estado de deterioro de las bóvedas se debía a tres causas: la filtración de agua y sus efectos, los movimientos de origen térmico en los pórticos estructurales del puente (la superestructura) y los esfuerzos por vibración originados en la calzada y conducidos hasta las bóvedas.

Las infiltraciones de agua desde la calzada se produjeron sobre todo en las zonas perimetrales y a través de juntas de dilatación de la calzada faltas de mantenimiento. Sus efectos fueron la saturación de las fábricas de las bóvedas, la corrosión de los angulares donde se soportaban las mismas (alzando los estribos de vanos y arcos), la acumulación de sales y los daños por hielo/deshielo. La geometría de las bóvedas permitió que el agua circulase desde su parte superior hasta el área de las columnas (puntos bajos), causando movimientos en las piezas de revestimiento de cerámica debidos a las fuerzas expansivas de corrosión y congelación de los pilares internos en celosía. Estaba muy claro que cualquier esfuerzo para restaurar el lugar tenía que atender esta preocupación primordial.

La influencia de la superestructura del puente es otra causa del deterioro de las bóvedas. Los pilares y jácenas que sostienen la calzada situada por encima de las bóvedas transmiten esfuerzos de origen térmico y vibratorio a las delgadas bóvedas de cerámica, que afectan en algunas zonas a la celosía de las columnas (estas condiciones se observaron físicamente desde la parte superior en momentos de tráfico moderado a elevado). La filtración de humedad y los esfuerzos de origen térmico y vibratorio combinados con años de escaso mantenimiento originaron las condiciones de deterioro descritas durante la prospección (figs. 4y 5).

7. Diversas barras de refuerzo utilizadas en la reconstrucción de la bóveda (foto: Charles DiSanto)
8. Detalle de la impermeabilización en la parte inferior de la bóveda (cortesía de Walter B. Melvin, arquitecto)
9. Apuntalado de nervios durante la reconstrucción de las bóvedas (foto: Charles DiSanto)
10. Detalle de junta flexible y refuerzo sobre la grieta (cortesía de Walter B. Melvin, arquitecto)



11



12

Aproximación general a la intervención y metodología

El programa de restauración identificó la extensión de la problemática de las bóvedas y persiguió una reparación efectiva que debía contemplar los siguientes retos:

- Salvar y preservar tanto material original como fuera posible.
- Utilizar materiales de reparación y reposición con comportamientos físicos compatibles con los existentes.
- Prevenir el futuro deterioro de las bóvedas y columnas donde fuera posible, mediante la incorporación de controles de escorrentía y drenaje, así como de juntas selladas blandas de tipo elastomérico.
- Utilizar materiales y técnicas modernas donde se hubieran observado dificultades inherentes al diseño original

La reparación y restauración de las bóvedas de Guastavino en el Puente de Queensboro contemplaron la utilización de materiales y técnicas tanto tradicionales como modernas. Los materiales modernos empleados fueron barras de acero inoxidable (fig. 7), materiales de sellado flexibles e impermeabilizantes a base de poliuretano. El resto de materiales utilizados en la restauración fueron la cerámica tradicional y los componentes propios del mortero. El cuadro general de las reparaciones se muestra en la Tabla I.

Un primer análisis estableció las reconstrucciones prioritarias, la ubicación de las lesiones y las amplias zonas con eflorescencias y riesgo de laminación de la cerámica. Apenas se hubieron limpiado las bóvedas desde abajo, se programó un nivel adicional de reparación, basado en los criterios fijados por los ingenieros inspectores de la municipalidad. Estos criterios incluyeron las siguientes observaciones de características físicas: sondeo con maceta acrílica o de madera, identificación de la cantidad y distribución de las lesiones en la superficie vidriada de la cerámica y resistencia del mortero a la incidencia del cuchillo. Estas sencillas pruebas de campo aplicadas pieza por pieza tuvieron como consecuencia la localización detallada de un mayor número de piezas cerámicas que debían ser sustituidas, así como de juntas que requerían ser retacadas. Esta inspección específica aplicada a cada pieza fue fundamental para poder identificar este tipo de reparaciones.

Tabla I. Escalas de reparación

Tipos de reparación	Medición aproximada
Reconstrucción de fragmentos de bóvedas y arcos	50 m ²
Reparación de grietas profundas en bóvedas	335 ml
Reparación de grietas superficiales en bóvedas y arcos	120 ml
Sustitución de rasillas vidriadas en bóvedas y arcos	930 m ²
Reparación de arcos	45 ml
Retacado de juntas	1.115 m ²
Impermeabilización y sistemas de drenaje en el extradós de las bóvedas	5.600 m ²

Impermeabilización y control de la filtración de humedades

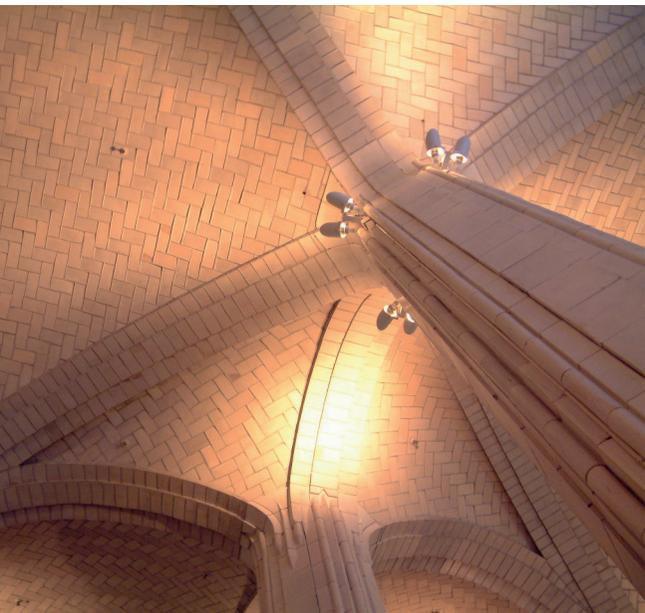
En abril de 1995 fue adjudicada la restauración de las bóvedas y columnas del Puente de Queensboro a la empresa constructora Graciano Corporation. Previamente a cualquier tipo de reparación en las bóvedas o las columnas, se adoptó como prioridad el control de las infiltraciones de agua procedentes de la calzada. Aunque las importantes reparaciones que se habían hecho en la calzada ya habían reducido notablemente las infiltraciones, se esperaba que todavía persistieran en cierto grado. Por ello, se recubrieron todas las bóvedas con una capa de impermeabilizante cementoso (Thoroseal), a fin de sellar pequeñas grietas y minimizar la absorción de humedad ocasional por parte de la fábrica. Las depresiones de las bóvedas o colectores (situadas en torno a las columnas) fueron rellenadas con hormigón ligero con acabado en superficie convexa para crear nuevos puntos de desagüe que alejaran el agua de las columnas de acero (fig. 8). En estos puntos se insertaron unos pequeños imbornales con pestañas recibidos con una membrana perimetral impermeable de poliuretano que se extiende por toda el área recolectora de agua. El desagüe del imbornal atraviesa las bóvedas cerámicas en estos nuevos puntos, evitando que el agua dañe las piezas cerámicas de revestimiento de pilares y penetrando la bóveda en áreas de menor sección de la misma. La membrana impermeable fue aplicada a brocha en el extradós de las bóvedas, la celosía de acero y el hormigón aligerado de relleno en las zonas deprimidas. Una vez los impermeabilizantes y los drenajes estuvieron instalados y en funcionamiento, se pudo empezar el trabajo sobre las bóvedas de cerámica y las columnas. Para poder llevar a cabo la reposición de las piezas cerámicas que revisten las columnas fue necesario apuntalar los nervios de las bóvedas adyacentes (figs. 6, 9). En total, se sustituyeron 800 piezas de revestimiento, y algunos centenares fueron salvados mediante reparaciones aisladas. La fabricación de las reproducciones cerámicas corrió a cargo de la empresa Boston Valley Terra Cotta. En algunos casos fue necesario quitar y volver a colocar absolutamente todo el revestimiento de la columna para abordar problemas de corrosión del pilar metálico que encerraban. En estos casos el acero expuesto fue sometido a un decapado, seguido de una preparación y una pintura antióxido.

Reparación de las grietas y adaptación a los movimientos

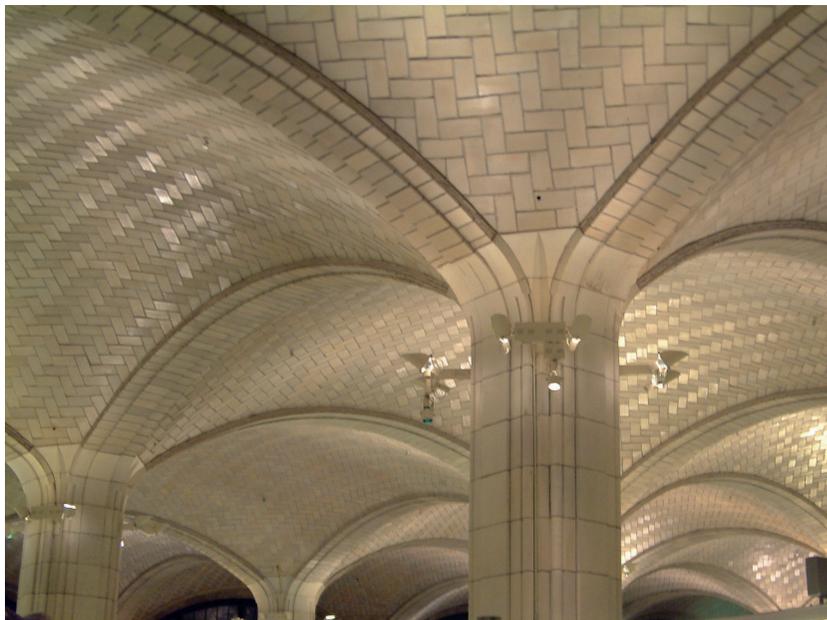
Se supuso que las fuerzas que causaron las lesiones en las bóvedas estaban sólo parcialmente relacionadas con las filtraciones de agua. Los esfuerzos debidos a los movimientos térmicos y vibratorios de la estructura del puente son constantes y, por tanto, se determinó que una reparación rígida o sólida a tales lesiones incrementaría el riesgo de reaparición de las mismas¹. El reto fue, pues, reforzar la junta de forma flexible y reponer las piezas de acabado permitiéndoles un cierto movimiento en las zonas con este tipo de lesiones. El detalle empleado para solucionar estas zonas constaba de redondos flexibles de refuerzo y una pieza estriada de

11. Imagen durante los trabajos de restauración: reposición del revestimiento de azulejos (foto: Charles DiSanto)

12. Imagen de la misma bóveda después de los trabajos de restauración (foto: Charles DiSanto)



13



14

Notas

1. En su artículo de 1989 en *Progressive Architecture*, Theodore Prudon sugirió que las lesiones de las bóvedas de Guastavino podían ser “reparadas a la manera tradicional” si “el movimiento se hubiera parado”. En el caso de las bóvedas de Queensboro, la dinámica del movimiento no podía considerarse como tal.
2. El sellado empleado para las juntas blandas denominado Sonneborne NP-1 “Stone”, poseía un color similar al mortero de rejuntado. Podría haber sido interesante también haber estudiado la posibilidad de realizar también juntas resaltadas con este sellado.

13. Vista de uno de los pilares tras los trabajos de restauración (foto: Camilla Mileto y Fernando Vegas)

14. Vista del espacio abovedado con el nuevo mercado instalado en su interior (foto: Camilla Mileto y Fernando Vegas)

15. Vista general del espacio abovedado del mercado del puente de Queensboro tras los trabajos de restauración (foto: Charles DiSanto)

acabado especial, no adherida al soporte de la bóveda (fig. 10). La flexibilidad del redondo de acero se consiguió mediante unas dobleces practicadas en el mismo, que permitirían su alargamiento sin una transmisión completa de los esfuerzos a la fábrica en los extremos embebidos.

Las estrías de las piezas especiales de acabado permitieron una instalación de tipo “suspendido”, de tal forma que la pieza tenía libertad de movimiento respecto al soporte. La cara posterior de la pieza estriada de acabado no tiene ranuras para recibir mortero, con lo cual se cubrió con una malla de polietileno antes de ser colocada.

Se inyectó material de sellado en las lesiones de la bóveda (por entre las piezas de soporte), así como a lo largo de las juntas con forma de espiga de las piezas especiales, como si se tratara de una junta blanda elastomérica tradicional. El resultado fue una junta cosida que se adapta a los movimientos y permanece virtualmente imperceptible entre los rejuntados adyacentes². Algunas lesiones superficiales fueron selladas con este mismo sistema si bien no tenían continuidad en todo el grosor de la bóveda.

En las zonas donde se habían producido desprendimientos importantes, se llevó a cabo una reconstrucción siguiendo rigurosamente las técnicas tradicionales, utilizando reproducciones de las piezas cerámicas y un mortero con las mismas características físicas del original (figs. 11 y 12). Se incorporó también un refuerzo mediante redondos de acero en el perímetro de las bóvedas reconstruidas.

En los rejuntados se utilizó un mortero de composición y color idénticos a los originales, y se realizó con la distintiva junta resaltada tan frecuente en los diseños en espiga de Guastavino. Este tipo de junta, que acentuaba las líneas de las piezas contiguas a la vez que presentaba una anchura uniforme, se realizó mediante herramientas habituales de la obra.



15

Conclusiones

Durante más de 50 años, las altas bóvedas del espacio del Mercado del Puente estuvieron cerradas al público y dejadas en el abandono más absoluto, sin ser objeto de ninguna reparación relevante. Graves daños eran evidentes por doquier en el mortero, en la cerámica, en las bóvedas y en las columnas. Aún así, las bóvedas de Guastavino resistieron con bastante éxito a los elementos, a los abusos y a la incuria del olvido. Existen muy pocos sistemas constructivos (si es que hay otros) comparables a éste que puedan estar expuestos a tales condiciones de esfuerzo ambiental y estructural, incluyendo una excesiva infiltración de agua, lesiones y pérdida de material, que aún así puedan considerarse restaurables. Sólo este hecho constituye un tributo a la excelente calidad de la concepción y ejecución de las bóvedas de Guastavino (figs. 13, 14 y 15).

El programa de reparación y restauración intentó resolver las difíciles condiciones ambientales del acceso a Manhattan manteniendo un profundo respeto hacia sus cualidades arquitectónicas. Las reparaciones se basaron en métodos científicamente establecidos pero, siguiendo la tradición de muchas obras de Guastavino, se confió también en el instinto y la experiencia del comportamiento de otras fábricas de cerámica existentes. La restauración completa ha conservado el significativo carácter original del lugar, además de haber introducido cambios que deberían prevenir un futuro deterioro. El tiempo revelará la eficacia de las medidas adoptadas en esta intervención. 

FICHA TÉCNICA

LA RESTAURACIÓN DE LAS BÓVEDAS CERÁMICAS DE GUASTAVINO EN EL PUENTE DE QUEENSBORO

Arquitecto:

Estudio de Arquitectura de Walter B. Melvin

Promotor:

New York City Department of Transportation

Contratista:

Sciame Construction Inc.

Empresas colaboradoras:

Hardy Holzman Pfeiffer Associates, Conran and Partners, Stanley Goldstein, Fisher Marantz Stone, Graciano Corporation, Boston Valley Terra Cotta

Fecha de proyecto: 1995

Finalización de la obra: 2000

Presupuesto total de restauración del puente:

25 millones de dólares

Presupuesto de restauración de las bóvedas

2,5 millones de dólares