

Intervenciones estructurales para la recuperación del edificio histórico del Teatro Colón (2002-2010)

Javier Fazio

Ingeniero Civil

Asesor de la Unidad Proyecto Especial del Teatro Colón, Ministerio de Desarrollo Urbano, GCABA del Carril – Fazio Ingenieros Civiles

jfazio@dc-fz.com

RESUMEN

Se describen las intervenciones estructurales requeridas por las obras realizadas en este monumento histórico nacional, con vistas a su restauración conservativa y actualización tecnológica. El origen de la necesidad de dichas intervenciones abarca casi todo el espectro de causas por las que una obra de preservación patrimonial requiere el aporte de la ingeniería estructural.

Se indican también los criterios de intervención estructural aplicados para la toma de decisión en cada una de las acciones emprendidas, y las tareas indispensables que deben ejecutarse en forma continuada (durante la etapa de uso) para la adecuada conservación de un bien cultural de esta magnitud.

El autor actuó como asesor estructural del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires para las obras sobre el edificio histórico (las instalaciones del teatro inauguradas en 1908) desde el año 2002, cuando comienzan los estudios para la puesta en valor, hasta la reinauguración, el 24 de Mayo de 2010.

ABSTRACT

The paper describes structural interventions required for the works undertaken in this national historic monument, with the goals of their conservative restoration and upgrading. The causes of the need for such interventions cover almost the entire spectrum of reasons why a work of heritage preservation requires the input of a structural engineering.

Structural intervention criteria applied to decision making in each of the actions developed is also indicated, as the tasks needed to be run on a continuous basis (during the on-service stage) for the proper conservation of such a cultural landmark.

The author served as structural consultant of the Government of the City of Buenos Aires for the works on the “historic building” (the theater facilities opened in 1908) since 2002, when the studies for the enhancement begin, up to the reopening, on May 24th, 2010.

Introducción. El edificio histórico.

El Teatro Colón es una pieza clave de la cultura argentina. En junio del año 2000, un informe elaborado por Leo Beranek y miembros del Instituto Takenaka de Japón, basado en una metódica evaluación de parámetros, concluyó afirmando que, entre los 23 mejores teatros de ópera de Europa, Japón y América, el Teatro Colón de Buenos Aires es el que posee la mejor calidad acústica del mundo para hacer y escuchar ópera.

Hace más de ciento diez años comenzaron las obras para construir el actual Teatro Colón, en el terreno que había sido la Estación del Parque del Ferrocarril Oeste y donde funcionaba en ese momento una terminal de tranvías. El viejo Teatro Colón, realizado por el ingeniero italiano Carlos Enrique Pellegrini (padre del futuro presidente de la República), había funcionado en Plaza de Mayo desde 1857 hasta 1888, y fue demolido más tarde para dar lugar al nuevo edificio del Banco de la Nación.

El edificio que nos ocupa fue proyectado y comenzado a construir por otro italiano, el arquitecto Francisco Tamburini, proseguido por su discípulo y compatriota, Víctor Meano, concluyendo las obras el arquitecto e ingeniero de origen belga Jules Dormal. Inaugurado en 1908, muestra un estilo ecléctico-historicista, con rasgos italianos en su planta, germánicos en su volumetría y franceses en su decoración y ornamentación (los cimientos y el subsuelo, hasta el nivel de vereda, son en realidad una construcción de ideas típicamente romanas, que hace recordar a los antiguos acueductos, basílicas y termas imperiales).



El día de la inauguración, el 25 de Mayo de 1908, el edificio lucía formidablemente, pero los trabajos continuaron por bastante tiempo, equipando y alhajando el Teatro hasta lograr su esplendor en la década del '30, cuando se completó su ornamentación, su mobiliario, sus textiles y la plena funcionalidad.

Entre 1935 y 1940 se realizaron modificaciones importantes en el edificio: las obras extienden al edificio del Colón bajo tierra, construyéndose subsuelos bajo la plaza lateral (la actual Plaza del Vaticano) y un túnel que conecta los talleres con el escenario. En una segunda gran intervención

(1968–1972), realizada según proyecto del estudio Mario Roberto Alvarez y Asoc., los subsuelos se ampliaron considerablemente, alojando bajo la plaza y la calle Cerrito las áreas de producción, salas de ensayo y talleres de escenografía, oficinas, vestuarios y un comedor para el personal. El Colón tenía ya aire acondicionado, modernos sistemas eléctricos y muchísimos más metros cuadrados, esta vez bajo la calle Cerrito y la plazoleta San Luis.



El edificio histórico de 1908 abarca una superficie cubierta total de 37.884 m². Las ampliaciones realizadas posteriormente, sobre todo las de finales de la década de 1960, sumaron 12.000 m², llevando la superficie total del Teatro a unos 58.000 m².

El Teatro Colón fue declarado Monumento Histórico Nacional en 1989, y por entonces seguía ocupando los primeros puestos cada vez que se evaluaban arquitectónica y acústicamente las grandes casas líricas del mundo. Sin embargo, en los primeros años del siglo XXI comenzó a resultar imperativo definir un plan de obras en el Teatro, ya que el mismo requería con urgencia ser restaurado, consolidado estructuralmente y renovado técnicamente.

El plan de obras de puesta en valor y actualización tecnológica

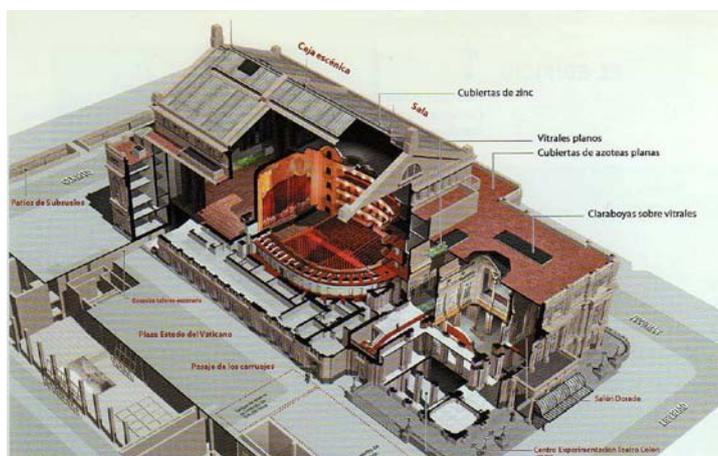
Los cambios políticos de fines del siglo pasado, la autonomía de la Ciudad de Buenos Aires derivada de la reforma de la Constitución Nacional, así como la conciencia creciente sobre el significado del patrimonio cultural, resultaron altamente favorables para el Teatro Colón. Al acercarse su primer centenario, se puso en marcha un gran plan de obras de puesta en valor y actualización tecnológica destinado a llevar al Colón a un servicio más eficiente, seguro y moderno. El teatro incorporaría tecnología digital, renovados sistemas de prevención, detección y defensa contra incendio, una modernísima maquinaria escenotécnica, avanzados sistemas luminotécnicos y una cantidad de otros recursos equivalentes a los que en los años recientes habían incorporado Alla Scala de Milán, La Fenice de Venecia o el Liceu de Barcelona.

Se iniciaron entonces en 2001 los estudios necesarios y se produjeron los llamados a licitaciones públicas para la ejecución de más de 40 obras orientadas a la puesta en valor y actualización tecnológica, apuntando a festejar el primer centenario del edificio en el año 2008. El plan de obras fue concebido “a

teatro abierto” durante los estudios previos, relevamientos, diagnósticos y el comienzo de las obras de saneamiento de la envolvente externa (cubiertas y fachadas). Las obras de restauración y actualización en “el corazón del teatro”, especialmente las de puesta en valor de la sala y las de reforma de la maquinaria esceno-técnica harían indispensable el cierre programado del complejo.

En 2008, se establece un nuevo plan: las obras de recuperación abarcarán la totalidad del edificio y sus ampliaciones, y la reapertura del Teatro se producirá en mayo de 2010, en ocasión de los festejos del bicentenario de la República Argentina.

La obra de restauración conservativa del Teatro (2002-2010), especialmente en lo referente al edificio histórico monumental, es considerada como el mayor y más importante emprendimiento de preservación patrimonial de la historia argentina. Más allá de las dimensiones y de la complejidad de la intervención, la puesta en valor del Colón también ha sido vista, tanto en el país como en el extranjero, como un ejemplo de abordaje multidisciplinario de la restauración conservativa, con fuerte intervención de las ingenierías.



Requerimientos de intervención estructural

La necesidad de intervención de la ingeniería estructural en apoyo de las obras de puesta en valor y actualización tecnológica en edificios de alto valor patrimonial reconoce orígenes y necesidades diversas:

- Realización de estudios previos especiales
- Instalación de estructuras provisionales para la protección del valor patrimonial durante las obras
- Instalación de estructuras provisionales para permitir el acceso al recurso patrimonial y los trabajos necesarios para su puesta en valor
- Terapéutica estructural frente al descubrimiento de patologías y vicios ocultos relacionados con la capacidad portante
- Adecuación estructural relacionada con mejoras de seguridad (no estructural)
- Instalación de estructuras permanentes para la inspección y mantenimiento de bienes y sistemas
- Adecuación estructural relacionada con mejoras funcionales
- Adecuación estructural por incremento de las cargas permanentes o modificación del destino de los locales (sobrecargas de uso)
- Adecuación estructural por modificaciones arquitectónicas en locales o cerramientos

La conveniencia de las intervenciones así originadas desde el punto de vista de la preservación patrimonial es bien distinta; en el listado anterior se ha esbozado un cierto ordenamiento desde lo aconsejable a lo menos recomendable.

Como no podía ser de otra manera si se consideran simultáneamente la diversidad y la magnitud de las acciones emprendidas sobre el edificio del Teatro Colón en la primera década del siglo XXI, puede decirse que todas y cada una de las causas arriba listadas se hicieron presentes en alguna oportunidad, y condujeron, como mínimo, a un profundo análisis de la situación desde el punto de vista estructural. En ciertos casos, de esos estudios se derivaron proyectos y se materializaron obras de cierta relevancia relacionadas con el comportamiento mecánico-resistente de la construcción. Algunas de estas actuaciones se describen más adelante.

Criterios básicos de intervención estructural

Una respuesta adecuada frente a los requerimientos que recibe la ingeniería estructural en este tipo de emprendimientos debe enmarcarse en la adopción de criterios de intervención relativamente apartados de los que habitualmente se aplican en las obras en general. Esos criterios deberían conducir a optar por soluciones optimizadas desde una perspectiva multidisciplinaria, con preponderancia relativa de los valores relacionados con la restauración conservativa.

La dificultad de aplicación de los códigos de construcción y de las normas modernas a los edificios de alto valor cultural resulta muy grande, y (en parte) proporcional a la antigüedad del bien patrimonial. Lamentablemente, la búsqueda sin más de prestaciones similares a las que se exigen en el proyecto de edificios nuevos suele requerir la adopción de medidas excesivas, si no imposibles, que ignoran el verdadero funcionamiento de estas construcciones históricas y son incompatibles con los objetivos de preservación de sus bienes y valores culturales.

Contemplando todas estas particularidades, durante la materialización del plan de obras en el Teatro Colón se ha intentado respetar los siguientes criterios de intervención básicos:

- Intervenciones mínimas y con máxima documentación
- Intervenciones similares a lo existente, empáticas con lo existente, y distinguibles de lo existente
- Intervenciones reversibles

En otras palabras el primer objetivo consistió siempre en intentar mantener la estructura original, en su ubicación original y en su condición original, cumpliendo su función original; de no ser esto posible, actuar para asegurar el mayor uso público o privado compatible con la mínima pérdida de patrimonio y valor.

Desde el asesoramiento estructural se intentó además aportar al resto de los profesionales intervinientes, el concepto de que el valor patrimonial no reside sólo en los aspectos visibles del bien cultural, sino también en la integridad y autenticidad de sus componentes ocultos, en su condición de ejemplos cada vez más escasos de la tecnología de construcción correspondiente a su tiempo histórico.

Respaldo conceptual para la toma de decisión en la intervención estructural.

Como sucede con todo monumento, el edificio histórico del Teatro Colón es considerado de alto valor patrimonial y resultó objeto de muy costosas y dificultosas acciones de restauración conservativa en parte por su edad, pero también y especialmente por su singularidad, por su desviación de lo habitual. Sus peculiaridades constituyen una parte esencial de su importancia y su autenticidad, cualidad vital que estamos obligados a preservar. La catalogación como “monumento”, que implica *per se* excepcionalidad y características singulares, excluye definitivamente a edificios como éste del campo de aplicación de las normas y prescripciones redactadas para lo repetitivo, lo “standard”: una norma aplicada a un prototipo constituye un contrasentido.

En las instituciones responsables de actualizar y publicar normativa, comienza a reconocerse que los edificios existentes en general no pueden cumplir a veces la parte preceptiva de los nuevos códigos, y a nivel internacional aparecen normas específicas para los edificios existentes, las que en algunos casos contemplan disposiciones especiales para estructuras de carácter histórico. Estos códigos responden a criterios “basados en la performance” y brindan modos alternativos de evaluar y alcanzar la confiabilidad requerida.



International Council on
Monuments and Sites
Conseil International
des Monuments et des Sites

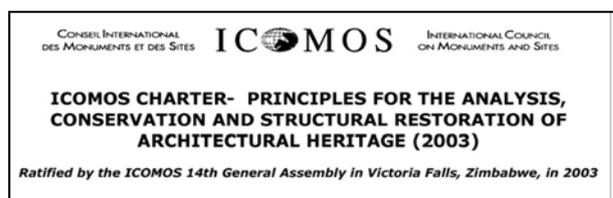
Paralelamente, en un espacio más alejado de aquellos frecuentados por el ingeniero civil dedicado a las estructuras, el ámbito de los organismos internacionales dedicados a lo cultural, existen comisiones y grupos de trabajo íntegramente dedicados a la intervención estructural sobre bienes del patrimonio mundial.

Cabe mencionar particularmente los lineamientos redactados por el Comité Científico Internacional sobre Análisis y Restauración de Estructuras del Patrimonio Arquitectónico (ISCARSAH), del Consejo

Internacional de Monumentos y Sitios. El Comité ha sido autor de la Carta del ICOMOS – “Principios para el análisis, conservación y restauración estructural del patrimonio arquitectónico” (ISCARSAH Principles). Esta carta fue ratificada por la 14ta Asamblea General de ICOMOS (2003) en Victoria Falls, Zimbabwe y comienza señalando claramente la particularidad de este campo de actuación de la ingeniería estructural:

“Las estructuras del patrimonio arquitectónico, tanto por su naturaleza como por su historia (en lo que se refiere al material y a su ensamblaje), están sometidas a una serie de dificultades de diagnóstico y restauración, que limitan la aplicación de las disposiciones normativas y las pautas vigentes en el ámbito de la construcción. Ello hace tan deseable como necesario formular unas recomendaciones que garanticen la aplicación de unos métodos racionales de análisis y restauración, adecuados a cada contexto cultural”

En resumen, principios y normas de intervención redactados por prestigiosas instituciones internacionales abocadas a la protección del legado edificado guiaron el aporte decisivo de la especialidad estructural en la preservación de los valores tangibles e intangibles del edificio histórico del Teatro.



El estado de los elementos estructurales existentes

Se entiende de interés calificar sucintamente el estado de situación de los sistemas y elementos estructurales existentes en el edificio histórico, según se fueron descubriendo y analizando durante los estudios previos a la elaboración de los proyectos incluidos en los pliegos de licitación, y también durante el propio avance de las obras proyectadas.

Los elementos básicos de la estructura original (muros y fundaciones de mampostería, entresijos y techos mixtos conformados por perfiles y elementos cerámicos, estructuras metálicas) que pudieron inspeccionarse *de-visu*, presentaron en algunos casos situaciones “no deseables” para la evaluación de su vida útil (durabilidad) y capacidad portante (seguridad estructural) remanentes; esas situaciones pueden agruparse como sigue:

- Falencias de diseño y construcción habituales para la época correspondiente
- Vicios ocultos de la construcción original
- Patologías estructurales debidas al accionar agresivo de agentes ambientales
- Patologías producidas o agravadas por escasos mantenimiento de los materiales estructurales
- Múltiples intervenciones menores materializadas sin criterio profesional y localmente agresivas
- Vicios ocultos de ejecución en intervenciones relevantes sobre el edificio histórico
- Agregado de cargas permanentes de magnitud considerable sin refuerzo previo de las estructuras existentes en intervenciones relevantes y generalizadas sobre el edificio histórico

Cabe consignar también que los cateos y las obras permitieron conocer otras situaciones relativamente inesperadas que, aún distando de configurar una patología o una falencia, afectan el análisis estructural del edificio. En efecto, los esfuerzos para confirmar la verdadera geometría de elementos con función portante llevaron a descubrir que, en una proporción significativa, sectores en muros de gran espesor que se creían macizos estaban compuestos por dos tabiques con una cámara hueca intermedia.

Un intento de emitir una calificación global y resumida del estado en que se encontraron las estructuras históricas existentes nos llevaría a definir la situación de este modo:

“circunstancias de magnitud similar a la previsible en relación con la obsolescencia natural de materiales y sistemas constructivos, pero de un orden remarcablemente mayor al esperable en relación con las patologías causadas por la falta de mantenimiento, las acciones ambientales, múltiples intervenciones locales descuidadas y agresivas, e intervenciones generalizadas desacertadas”.



Alcances y limitaciones de los estudios estructurales. Requerimientos operativos en servicio: el mantenimiento y el monitoreo como herramientas de control

Cabe consignar que la extensión de los estudios e intervenciones relacionadas con la respuesta en servicio, la durabilidad y la seguridad de las estructuras del edificio histórico del Teatro, más allá de lo detallado en el primer párrafo como requerido por los proyectos y obras en curso, hubo de limitarse a los siguientes casos:

- Evidencia de situaciones inadecuadas o patológicas en elementos estructurales a la vista ó descubiertos durante las obras
- Evidencia indirecta a través de signos de probables situaciones inadecuadas o patológicas en elementos estructurales inaccesibles a las inspecciones *de-visu*
- Actuaciones ineludibles de acuerdo con los resultados de estudios específicos relacionados con requerimientos de otros subsistemas del edificio

Cualquier intento de reducir en forma sensible y generalizada el grado de incertidumbre sobre el estado de conservación y la calidad de las estructuras en los restantes sectores del edificio hubiera resultado utópico, incompatible por intrusivo con los principios de la restauración conservativa, y francamente adverso a la preservación de los valores materiales e inmateriales (como la calidad acústica) que se debían proteger.

Resulta obvio que este aparente conflicto certidumbre en la seguridad vs. preservación no es una particularidad verificada en esta obra, sino que constituye una circunstancia habitual, esencialmente inherente a toda actuación similar sobre el patrimonio monumental edificado.

La resolución de esa supuesta dicotomía pasa por la implementación de planes de operación del edificio que incluyan medidas especiales que, por una parte, reduzcan la incertidumbre sobre el verdadero comportamiento del edificio y sus subsistemas y, a su vez, contribuyan a impedir (o a detectar tempranamente) cambios significativos en las condiciones iniciales. Esas medidas imprescindibles se resumen en dos conceptos fundamentales: mantenimiento rutinario y monitoreo continuo, y deben incluir a las estructuras resistentes.

La necesidad imperiosa de iniciar y mantener estas conductas preventivas en el caso de las estructuras resistentes del edificio histórico del Teatro Colón (en contraposición con lo actuado hasta las intervenciones del siglo XXI) ha quedado documentada técnicamente como otro de los productos fundamentales del asesoramiento profesional a las autoridades comitentes. Queda claro que el rol de estas acciones resultará también de importancia fundamental **para asegurar el legado del monumento a las generaciones futuras “en toda la riqueza de su autenticidad”, tal como lo prescribe la Carta de Venecia al señalar la responsabilidad generacional en la preservación del patrimonio edificado.**

Las intervenciones estructurales más relevantes

■ Montaje de una cubierta provisoria móvil para el recambio de la cubierta de zinc de la sala

La cubierta de zinc existente había reemplazado en 1936-37 a la original (de plomo) del año 1908, que estaba resuelta con una estructura de cabriadas metálicas a dos aguas para soporte del cerramiento, de las que también pende el plafond sobre la sala, colgado mediante una serie de tensores verticales. Sobre las cabriadas aparecía un entablonado machihembrado de pino-tea, bandejas de zinc del lado exterior y chapas de acero galvanizado del lado interior, que se presume cumplían la función de protección contra incendio del maderamen. Entre el machimbre y el zinc se tenía una capa de aislamiento acústico brindado por un compuesto celulósico prensado y un manto bituminoso a manera de barrera hidrófuga.

El indispensable reemplazo de la cubierta de zinc existente implicaba el desmantelamiento y retiro de elementos existentes, y el izado y colocación de nuevos elementos, en una superficie de 3400 m², con el Teatro en funcionamiento. Esta situación, más la necesidad de proteger los bienes interiores, de permitir que los operarios trabajaran a resguardo y de optimizar los tiempos de obra, requirió el diseño, y montaje de una “sobrecubierta” provisoria móvil que se fuera desplazando sobre rieles en la dirección longitudinal de la sala, de manera de proteger al edificio histórico durante las etapas en las que cada sector quedaba a la intemperie.



La elevación y colocación sobre sus rieles de esta cubierta de nueve toneladas de peso propio (sin chapas) exigió una complicada ingeniería de montaje y control, e implicó un operativo de nueve horas de duración. Se utilizó una grúa móvil con pluma de 52 metros de alcance, que implicaba la acción de 90 toneladas de desplazamiento (peso propio y contrapesos) en la calzada de la calle Cerrito, bajo la que se ubican parte de los subsuelos del Teatro correspondientes a la ampliación de 1970. La respuesta de la estructura de hormigón armado sobre primer subsuelo frente a la acción de esta carga fue monitoreada mediante flexímetros ubicados *ad-hoc* en los elementos estructurales sobre los que actuaría en las distintas posiciones requeridas para el izaje y en el recorrido para ubicarse en dichos lugares.

■ Estudios e intervenciones sobre patologías estructurales en balcones, cornisas y elementos ornamentales para la restauración de fachadas

Los trabajos de puesta en valor de las envolventes verticales del edificio histórico implicaron la intervención sobre unos 10.700 m² de fachadas agredidas durante décadas por una combinación de agentes climáticos (viento, lluvia, humedad), la contaminación ambiental, el guano, la vegetación parásita, las vibraciones y el vandalismo.

Las estructuras de soporte y las fijaciones de los elementos salientes (balcones, molduras, ornatos, cornisamientos, modillones, denticulos, ménsulas, rosetones, cariátides, mascarones, grupos escultóricos) presentaban en muchos casos deterioros considerables provocados por su centenaria exposición a los efectos ambientales mencionados. Su condición resultaba preocupante en relación con la capacidad portante remanente, e implicaba riesgos considerables de desprendimientos y caídas de los elementos soportados, con evidentes consecuencias accidentales y patrimoniales.

Se recurrió a todas las técnicas terapéuticas aplicables en estos casos, tales como refuerzos estructurales con chapas de acero, reemplazos completos de perfiles, tratamientos anticorrosivos, y fijaciones mediante anclajes químicos de barras de acero inoxidable para soporte de premoldeados ornamentales.

Resultaron importantes los trabajos de consolidación estructural necesarios en ocho balcones del Salón Dorado sobre las fachadas de Tucumán, Libertad y Toscanini. La estructura de los mismos está compuesta por una losa de bovedillas planas extendidas entre perfiles “doble te” perpendiculares a la fachada y empotrados en el entrepiso interior correspondiente. Las ménsulas ornamentales que dan la apariencia de soportar los balcones son piezas premoldeadas no estructurales que cuelgan de un sistema de tensor y puntal de perfiles de acero ubicados bajo los bordes laterales de cada balcón.



También merecieron estudios y tratamientos especiales gran cantidad de fisuras y grietas pre-existentes (en su gran mayoría inactivas y estabilizadas) que respondían a orígenes diversos: asentamientos diferenciales durante la construcción, los primeros años de servicio y el período de consolidación de los estratos del terreno, vicios constructivos, ampliaciones, modificaciones y reparaciones inadecuadas, inexistencia de juntas de dilatación, obsolescencia de materiales de elementos no estructurales, etc.

■ **Estudios e intervenciones sobre patologías estructurales en forjados de cubiertas planas y de planta baja sobre primer subsuelo**

La acción de los agentes climáticos, las intervenciones para reparación de cubiertas que agregaron grandes cargas a las originales y un mantenimiento insuficiente configuraron un cuadro patológico que obligó al diagnóstico del estado estructural de los elementos de cubiertas planas. En el caso de los pisos de la planta baja de los laterales Tucumán y Viamonte, se tenía un cuadro similar, motivado por el ingreso de agua desde ambas calles, la acción de agentes agresivos provenientes de las operaciones de limpieza, el maltrato originado en usos no previstos que impactaron inadecuadamente y un mantenimiento insuficiente

El grado de avance de la corrosión del acero de los perfiles del forjado resultó en muchos casos inadmisibles, con tramos completos en los que el alma o un ala habían desaparecido. En los casos extremos se decidió la demolición de sectores de bovedilla y su reemplazo con perfiles, mampuestos, geometría de arcos y técnicas constructivas similares a las originales.



En los casos originados por incrementos extraordinarios de cargas (cegado de lucarnas en azoteas con losas de hormigón, por ejemplo) hubo que recurrir a la colocación de vigas reticuladas nuevas que pudieran soportar con seguridad razonable las cargas permanentes agregadas en intervenciones previas, francamente nocivas para la seguridad estructural.



■ **Estudios e intervenciones sobre patologías estructurales en forjados de los entresijos de las Áreas Laterales Viamonte y Tucumán**



Una combinación de patologías originadas por vicios ocultos de la construcción original e intervenciones inadecuadas a lo largo de la historia del edificio, requirió la ejecución de cuantiosos refuerzos estructurales en todos los niveles de las áreas laterales ubicadas sobre la calle Viamonte y sobre la calle Tucumán. En gran parte de las superficies afectadas por los vicios ocultos, se procedió a reforzar las losas de bovedillas reduciendo las luces de flexión de los perfiles originales. Debíó recurrirse a la colocación de apoyos adicionales para cortar la luz de flexión de los perfiles de bovedilla, dichos apoyos fueron materializados mediante la colocación de nuevos perfiles de acero de gran porte que brindaran la rigidez necesaria.

La disposición, segmentación, vinculación y apoyo sobre las paredes portantes de los perfiles de refuerzo debieron ajustarse en obra de acuerdo con las particularidades que presentaba cada sector intervenido y según los requerimientos que aparecían para posibilitar el montaje de los elementos a colocar.

En algunos sectores se presentó una combinación de condiciones de cargas permanentes, escasa resistencia y rigidez de los perfiles existentes, niveles de piso terminado no modificables y alturas de paso inferiores reducidas y valor ornamental del cielorraso, que obligaron a una solución diferente: se demolieron pisos y contrapisos correspondientes a intervenciones modernas, se dejó el forjado de bovedillas y perfiles soportando su peso propio, y se colocaron nuevas losas por encima (en el espesor previamente demolido) constituidas por viguetas premoldeadas pretensadas, bloques de poliestireno expandido y carpeta de compresión de hormigón in situ. Visto el estado general de los entresijos y diversos defectos constructivos originales y de intervenciones posteriores, la demolición debió efectuarse con métodos que minimizan la energía aplicada necesaria (en lo posible utilizando herramientas manuales) y debió controlarse estrictamente la acumulación de escombros para evitar que originasen sobrecargas importantes.



Por último, se dio también el caso de losas en las que el valor patrimonial de las terminaciones del local inferior impedían su refuerzo desde el nivel inferior. Este fue el caso de los forjados de primer piso sobre los foyers laterales, no era aceptable ninguna solución de reemplazo de losas o de agregado de elementos resistentes voluminosos por debajo de las mismas, considerando la existencia de molduras ornamentales que convenía preservar y apuntando a una minimización del impacto de la intervención sobre los valo-

res arquitectónicas de estos sectores de acceso del público. Se recurrió a técnicas de refuerzo basadas en la colocación de bandas FRP (fibras de carbono embebidas en una matriz de resinas epoxi).

Cabe mencionar también que simultáneamente con el estudio y la toma de decisión relacionada con los vicios ocultos descritos, debió definirse también la forma de materializar un pasadizo para la instalación futura de ascensores en ambas áreas laterales (Viamonte y Tucumán), en toda la altura de las mismas, desde primer subsuelo hasta las azoteas de cubiertas planas.

Esta decisión de obra (no prevista originalmente en el pliego de licitación) implicó la ejecución de pases en cada una de las losas de entresuelo (todas resueltas con diferentes tipologías estructurales) y el apoyo de los bordes de esos pases en una estructura de bloques premoldeados de hormigón y dinteles colados in situ que conforman los tabiques perimetrales de la circulación vertical.

■ **Diseño e instalación de plataformas de trabajo para la restauración del foyer principal**

Se diseñó y montó una estructura de andamios tubulares que permitió el acceso de los restauradores a toda la superficie interna del Foyer, transmitiendo su peso y las sobrecargas de uso al terreno, sin apoyarse en la gran escalinata de mármol que permite el ingreso a la platea y ocupa todo el ancho del local.

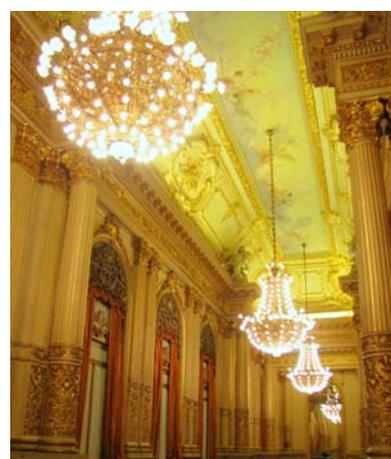
Las superficies objeto del restauro a las que se debía acceder cómodamente, limitan un volumen libre de 12 m por 12 m en planta y unos 20 m de altura. Se debió recurrir al diseño de un puente autoportante, sin ninguna vinculación lateral con el edificio para su arriostramiento, y el apeo de cargas hasta el terreno a través del subsuelo.



■ **Montaje de pasarelas de inspección definitivas en el entretecho sobre el salón dorado**

En el entretecho existente entre la cubierta plana y el cielorraso de los locales que conforman el Salón Dorado, que ostenta una de las ornamentaciones más valiosas del edificio, se dispusieron los nuevos conductos para brindar aire acondicionado a este sector del edificio histórico. Al espacio del entretecho se accedía históricamente por unas escotillas pequeñas ubicadas en un desnivel de las azoteas, y se circulaba por el mismo sobre tabloneros improvisados que alguna vez se habían apoyado sobre las cuadernas de la estructura de madera que daba soporte al cielorraso abovedado del salón.

Para una adecuada inspección y mantenimiento de las instalaciones termomecánicas, se debían montar largos tramos de pasarelas metálicas ubicados en ese mismo entretecho. La operación de montaje presentaba un riesgo extremo por la valía de los elementos a preservar en los cielorrasos, la caída de elementos estructurales ó herramientas sobre los mismos hubiera constituido un desastre patrimonial.



La operación resultó aún más complicada, ya que se descartó la factibilidad de realizar aberturas horizontales en las cubiertas planas, ante el mínimo riesgo de ingreso de agua, que hubiera resultado desastroso para las pinturas ornamentales del Salón.

Por lo expuesto, todo el montaje de conductos y estructuras debió realizarse con el ingreso de materiales y operarios por aquellas “escotillas” o “tapas de inspección” existentes, de menos de un metro de altura

Una vez ingresados los materiales, todo el trabajo de montaje y vinculación se realizó desde las tablas apoyadas sobre las cuadernas de madera que soportan los cielorrasos históricos, a través de un amplio espacio en planta pero de altura menor que la requerida por un hombre erguido. En ciertos sectores la escasa altura de paso obliga a circular agachado y en otros directamente de rodillas, o “en cuatro patas”.



La solución estructural de las pasarelas quedó condicionada por la minimización de los pesos a manipular y la prohibición de soldar. Se recurrió a perfilera de acero conformado en frío y piso de placas livianas desmontables simplemente apoyadas. Los tramos de pasarela se apoyaron en ménsulas abrochadas a los muros portantes históricos, mediante anclajes químicos.

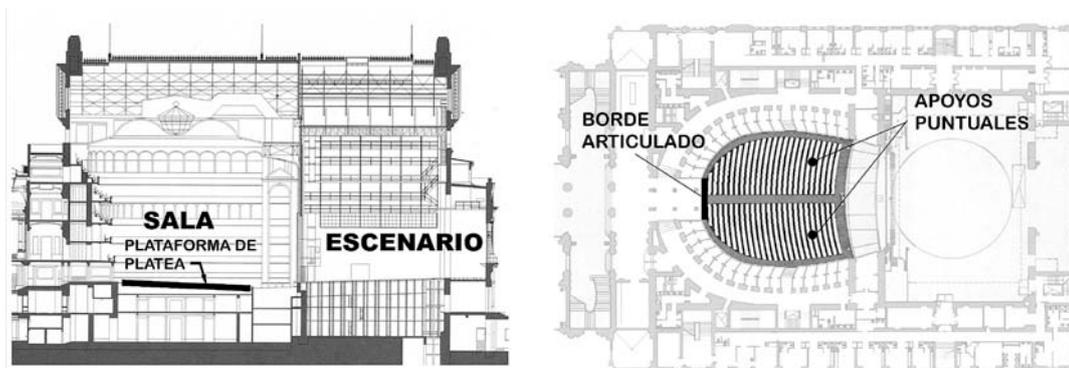
Se descartó la vinculación de las pasarelas a la estructura superior (bovedillas de las cubiertas planas). Para alivianar el conjunto, y facilitar las tareas de mantenimiento de instalaciones, las barandas se resolvieron con parantes livianos y cables de acero como elementos horizontales de contención.

■ Nivelación provisoria de la plataforma pivotante de platea, y diseño e instalación de plataformas de trabajo para la restauración de la sala

Ya desde el proyecto original, los arquitectos quisieron dotar al Teatro Colón de la capacidad de albergar reuniones sociales en su sala principal, sin que la clásica pendiente teatral del sector de plateas constituyera un inconveniente. Decidieron entonces que el piso debería pivotar, alternando entre una posición con la inclinación necesaria para facilitar las visuales desde las butacas al escenario, y otra absolutamente horizontal.

El sistema fue utilizado especialmente en las primeras décadas de vida del ahora centenario edificio, cuando se realizaron numerosos bailes con motivo de las fiestas de Carnaval. Se procedía a retirar todas las butacas de la platea, y se rotaba el piso de la misma hasta horizontalizarlo, elevándolo en la parte delantera lindera con el foso de orquesta (cuyo piso a su vez se podía levantar hasta el nivel del escenario). La última oportunidad en que se realizó esta operación de nivelación fue en 1937.

La plataforma pivotante de platea se adapta a la forma de herradura alargada que muestra la planta de la sala, al estilo de los grandes teatros italianos del siglo XIX. Se trata de una enorme placa de más de 400 m² de superficie, con 3 bordes curvos y otro recto, que se apoya únicamente en cinco puntos, 3 enormes bisagras ubicadas en el borde recto, el más alejado del escenario, y dos apoyos puntuales internos (sobre tornillos sinfín) ubicados de manera tal que dejan longitudes de 6 y 7 metros en voladizo en las direcciones longitudinal y transversal respectivamente.



La estructura de la placa está formada por una retícula normal de vigas principales IPN420 e IPN330 que descansa sobre los 5 apoyos, y vigas secundarias IPN120 cada 80 cm apoyadas sobre aquellas. La plataforma de piso propiamente dicha está constituida por tirantes con una escuadría de 3" x 3" separados 55 cm y parquet de pinotea. El peso total de la plataforma se estima entre las 35 y las 40 toneladas. Cada reacción en los dos apoyos internos (tornillos sin fin) se transmite a una columna circular de 80 cm de diámetro fundada en el terreno, y constituida por un encamisado de chapa cilindrada de acero de 1/4" de espesor, cerrada mediante solape y roblonado, que contiene un relleno de material aglomerado tipo hormigón, y barras redondas verticales de acero común. El borde articulado mediante las tres bisagras se apoya directamente en un muro de mampostería con función portante y fundación directa.

Una vez comenzadas las obras en la sala principal, se apreció inmediatamente la conveniencia de intentar la nivelación del piso de la platea. Para encarar las tareas de actualización y puesta en valor, se requería la ubicación previa de extensas plataformas de trabajo que permitiesen acceder en todos los niveles a las superficies verticales y horizontales objeto del restauración: frentes de palcos, cielorrasos, la imponente araña central y el "manto de Arlequín", sector fijo del sistema de telones del escenario.

El montaje de aquellas plataformas mediante un sistema multidireccional de andamios de alta calidad, constituía de por sí una obra de ingeniería estructural, que involucraría la colocación de más de 60.000 kilos de estructura metálica autoportante sobre el piso de la platea, sin ninguna vinculación vertical ni lateral con el edificio en sus casi 30 metros de altura. La obtención de un plano horizontal de arranque simplificaría enormemente el diseño geométrico de los andamios, mientras que el acceso franco al espacio por debajo de la platea permitiría el ingreso de perfiles y demás elementos de apuntalamiento necesarios para la transmisión continua de las cargas hasta el terreno, sin apeos en la plataforma.

La primera decisión en el diseño de los elementos necesarios para materializar la rotación de la plataforma fue la de aplicar las fuerzas necesarias en los mismos puntos previstos en la construcción original. La segunda decisión debía referirse a los puntos de reacción de las fuerzas de elevación, y consistió también en utilizar el camino previsto en la construcción para transmitir las cargas hasta las fundaciones, o sea reaccionar contra las columnas donde se apoyaban los tornillos sin fin del sistema original.

El diseño de la operación se vio fuertemente condicionado por la prohibición tajante de efectuar soldaduras en obra, obviamente por razones de control de riesgo de incendio. De esta manera, resultó necesario que la totalidad de las piezas metálicas proyectadas fueran armadas en taller y los inevitables mecanismos de ajuste en obra debieron proyectarse mediante uniones abulonadas *in-situ*.

Completados los estudios y diseños previos y la colocación de los elementos estructurales necesarios, se procedió a instalar los elementos mecánicos para provocar la elevación. Se recurrió a dos cilindros con perno de elevación hidráulica con una capacidad de 50 toneladas c/u, provistos de válvulas de seguridad para prevención de retrocesos. Estos cilindros ("gatos") serían comandados mediante una central hidráulica eléctrica de motor trifásico y control de presión mediante manómetros analógicos.

Antes del inicio del movimiento, se acuñaron convenientemente todos los elementos de madera de la plataforma, con el objetivo de mejorar su comportamiento durante la operación. Se realizaron también exhaustivos recorridos para asegurarse que ningún elemento impidiera el desplazamiento deseado ya sea por anclajes previstos ó trabas accidentales.

Las tareas de nivelación de la plataforma de platea se iniciaron en la mañana del 19 de Mayo de 2007. El plan consistía en provocar un desplazamiento de 70 cm, medido en dirección vertical sobre los apoyos (el valor sería bastante mayor en el extremo de la plataforma, debido a la gran distancia en voladizo entre apoyos y bordes). La secuencia operativa consistió en la elevación de la altura necesaria en etapas de 10 cm. Se agregó al obvio control de presiones (fuerzas aplicadas), un control de efectos reales en términos de desplazamientos, implementado mediante una escala graduada y fija contra la que se medían los ascensos de plomadas vinculadas a la plataforma. En los primeros escalones de carga, estas lecturas mostraron comportamientos irregulares hasta que se produjeron todos los acomodamientos de los elementos de la estructura, pero luego la relación causa-efecto se volvió regular y acorde con las previsiones teóricas. De la lectura de los manómetros de la central de comando se obtuvo una lectura máxima de presión que correspondió a una carga máxima sobre cada gato hidráulico del orden de las 14 toneladas.



El proceso completo de nivelación duró 5 horas. Alcanzada la posición deseada, se procedió a retirar los “gatos”, y la reacción correspondiente a los apoyos durante el período en el que se mantendría elevada la plataforma quedó entonces tomada por el sistema de puntales telescópicos agregados *ad-hoc*.

La nivelación de la plataforma de piso de platea luego de siete décadas de “inmovilidad” constituyó un operativo exitoso que habla tanto de las increíbles bondades del proyecto y la construcción centenaria, como de los aciertos de las operaciones ejecutadas durante las obras actuales. La posición horizontal de la plataforma, que se mantendría por varios meses, permitió:

- La posibilidad de reparación del sistema original de nivelación, lo que constituiría una importante recuperación histórica patrimonial de índole tecnológica
- La adecuación y actualización de diversas instalaciones pasantes por el espacio bajo platea
- La limpieza y protección adecuada de dicho espacio, y la consecuente obtención de niveles de seguridad acordes con los estándares previstos para el resto del edificio
- El montaje de unas 60 toneladas de andamios, indispensables para el acceso de restauradores y técnicos a toda la superficie interior del ámbito de la sala



La estructura de andamios multidireccionales, plataformas y escaleras, especialmente importados para el restaur, fue calificada periodísticamente como “la mayor escenografía jamás montada en la sala principal”.

NOTA FINAL

Las intervenciones estructurales descriptas en este artículo merecieron la siguiente distinción:

- **PREMIO ING. JOSE LUIS DELPINI 2009/10**
Otorgado por la Asociación de Ingenieros Estructurales
ESTRUCTURA NOTABLE DEL BIENIO 2009-2010

El conjunto de las obras de recuperación del Teatro Colón merecieron las siguientes distinciones:

- **PREMIO IBEROAMERICANO SCA - CICOP 2010**
Otorgado por la Sociedad Central de Arquitectos y el Centro Internacional para la Conservación del Patrimonio
MEJOR INTERVENCIÓN EN OBRAS QUE INVOLUCREN EL PATRIMONIO EDIFICADO
- **XIII PREMIO BIENAL DE ARQUITECTURA 2009/10**
Otorgado por la Sociedad Central de Arquitectos y el Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo
OBRAS DE RESTAURACION Y PUESTA EN VALOR

AGRADECIMIENTOS

Especialmente: **Arq. Sonia Terreno**
Ing. Tomás del Carril
Arq. Eduardo Scagliotti

En orden alfabético:	Arq. Nani Arias Incollá Arq. Álvaro Arrese Ing. Gustavo Basso Ing. Julio Blasco Diez Arq. José María Cacciola Arq. Daniel Chain Ing. Eduardo Cotto Sr. Ernesto Diz Arq. Claudio Dorado Arq. Marcela Doval Arq. Mederico Faivre Arq. Silvia Fajre Arq. Myriam Ferreyra Sr. Octavio Giarini	Ing. Néstor Guitelman Arq. Bettina Kropf Arq. Francisco López Bustos Ing. Sebastián Maronese Lic. Carlos Maskin Ing. Ricardo Marcó Ing. Alejandro Molina Ing. Rafael Sánchez Quintana Ing. Miguel Ruoti Ing. Rodolfo Seminario Arq. María Fernanda Sosa Arq. Guillermo Spagnuolo Arq. Andrés Schulman Lic. Graciela Weisinger
----------------------	--	--

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- (1) Arias Nani; Arrese Alvaro; Kropf, Bettina y Martínez, María Rosa; **“Infraestructuras Culturales, 6 años de actuación”**, Dirección General de Infraestructura, Subsecretaría de Patrimonio Cultural, Ministerio de Cultura del GCABA. Buenos Aires, 2007.
- (2) Arrese, Alvaro; **“Master Plan para la puesta en valor y actualización tecnológica del Teatro Colón”**. Revista Habitat, nº 43. Buenos Aires, Enero de 2004.
- (3) Brandariz, Gustavo; **“El Teatro Colón en la Plaza Lavalle”**. X Congreso de Historia de la Ciudad de Buenos Aires. Buenos Aires, Noviembre de 2009.
- (4) Brandariz, Gustavo; **“Argentina Bicentenario: La Reapertura del Teatro Colón de Buenos Aires”**. www.arquitecturamashistoria.blogspot.com, Mayo de 2010.
- (5) Brandariz, Gustavo; **“Historia del Edificio del Teatro Colón”**. www.haciendoelcolon.buenosaires.gov.ar/blogs
- (6) Brandariz, Gustavo; **“Un edificio monumental”**. Incluido en “Teatro Colón, del siglo XIX al siglo XXI : Reseña sobre su puesta en valor y actualización tecnológica”. Ministerio de Desarrollo Urbano del GCABA, Buenos Aires, 2010.
- (7) Fazio, Javier; **“Restauración y Puesta en Valor del Teatro Colón. Desafíos Singulares”**. Conferencia dictada en la Sociedad Central de Arquitectos, en el marco del ateneo Aportes de la Ingeniería Estructural en Edificios de Valor Patrimonial. Buenos Aires, 2007

- (8) Fazio, Javier; **“Aportes de la Ingeniería Estructural a la Preservación del Patrimonio. Criterios de Intervención”**. Conferencia dictada en el Seminario Diagnóstico y Reparación de Estructuras, organizado por la Asociación de Ingenieros Estructurales. Buenos Aires, 2009
- (9) Fazio, Javier; Ferrari, Matías y Weisinger, Graciela; **“Nivelación de la Plataforma de la Platea del Teatro Colón. Una Operación que Esperó 70 Años Para Ser Repetida”**. Revista Ingeniería Estructural, Año 15, N° 38, Asociación de Ingenieros Estructurales, Buenos Aires, 2007.
- (10) Fazio, Javier; **“Preservación Patrimonial y Pautas Modernas de Seguridad y Eficiencia: El Rol del Mantenimiento y el Monitoreo”**. Revista La Ingeniería, N° 1102, Centro Argentino de Ingenieros, Buenos Aires, Enero de 2010.
- (11) Fazio, Javier; **“La Consolidación Estructural del Edificio Histórico del Teatro Colón”**. Conferencia dictada dentro del ciclo El Teatro Colón al CPAU y el CPIC, organizadas por el Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo y el Consejo Profesional de Ingeniería Civil. Buenos Aires, 2010
- (12) Fazio, Javier; **“La Consolidación Estructural en el Plan de Obras (Edificio Histórico)”**. Conferencia dictada en el marco de las jornadas Reapertura del Teatro Colón de Buenos Aires: del Siglo XIX al Siglo XXI, organizadas por el Ministerio de Desarrollo Urbano del GCABA. Buenos Aires, 2010
- (13) Fazio, Javier; Terreno, Sonia; Scagliotti, Eduardo; Cotto, Eduardo y otros; **“Puesta en Valor y Actualización Tecnológica del Teatro Colón”**. Revista La Ingeniería (Publicación del Centro Argentino de Ingenieros), N° 1102, Buenos Aires, Enero de 2010.
- (14) Fazio, Javier; **“Intervenciones estructurales en la restauración del edificio histórico del Teatro Colón”**. Presentado en las XXI Jornadas Argentinas de Ingeniería Estructural, Preservación + Sustentabilidad, organizadas por la Asociación de Ingenieros Estructurales. Buenos Aires, 2010 (en prensa)
- (15) Fazio, Javier; **“Las intervenciones estructurales. Edificio histórico”**. Incluido en “Teatro Colón, del siglo XIX al siglo XXI: Reseña sobre su puesta en valor y actualización tecnológica”. Ministerio de Desarrollo Urbano del GCABA, Buenos Aires, 2010.
- (16) Ferreyra, Myriam. **“Restauración Conservativa y Puesta en Valor. Metodología de Intervención”**. Incluido en “Teatro Colón, del siglo XIX al siglo XXI: Reseña sobre su puesta en valor y actualización tecnológica”. Ministerio de Desarrollo Urbano del GCABA, Buenos Aires, 2010.
- (17) Kropf, Bettina; **“Las Fachadas del Equipamiento Cultural Más Relevante de la Ciudad”**. Revista Habitat, n° 47. Buenos Aires, Agosto de 2005.
- (18) Kropf, Bettina; **“Envolvente edilicia: cubiertas, claraboyas y fachadas”**. Incluido en “Teatro Colón, del siglo XIX al siglo XXI: Reseña sobre su puesta en valor y actualización tecnológica”. Ministerio de Desarrollo Urbano del GCABA, Buenos Aires, 2010.
- (19) Ministerio de Cultura del Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires; **“Master Plan Teatro Colón. Puesta en valor y actualización tecnológica”**. Buenos Aires, 2006.
- (20) Sánchez Quintana, Rafael y Basso, Gustavo; **“La Acústica del Teatro Colón”**. Incluido en “Teatro Colón, del siglo XIX al siglo XXI: Reseña sobre su puesta en valor y actualización tecnológica”. Ministerio de Desarrollo Urbano del GCABA, Buenos Aires, 2010
- (21) Scagliotti, Eduardo; Ferreyra, Myriam; Kropf, Bettina y otros; **“Restauración del Teatro Colón: La Obra del Bicentenario”**. Revista Habitat, n° 62. Buenos Aires, Agosto de 2010.
- (22) Scagliotti, Eduardo; **“El futuro de nuestra memoria. Conceptos y fundamentos de la intervenciones de restauración en el Teatro Colón”**. Incluido en “Teatro Colón, del siglo XIX al siglo XXI: Reseña sobre su puesta en valor y actualización tecnológica”. Ministerio de Desarrollo Urbano del GCABA, Buenos Aires, 2010.
- (23) Schulman, Andrés; **“El desarrollo del proyecto”**. Incluido en “Teatro Colón, del siglo XIX al siglo XXI: Reseña sobre su puesta en valor y actualización tecnológica”. Ministerio de Desarrollo Urbano del GCABA, Buenos Aires, 2010.
- (24) Terreno, Sonia; **“Teatro Colón: La Puesta en Valor de un Monumento Histórico”**. Revista Habitat, n° 61. Buenos Aires, Febrero de 2010.
- (25) Terreno, Sonia; **“La evolución del emprendimiento de las obras del Teatro Colón”**. Incluido en “Teatro Colón, del siglo XIX al siglo XXI: Reseña sobre su puesta en valor y actualización tecnológica”. Ministerio de Desarrollo Urbano del GCABA, Buenos Aires, 2010.

- (26) Terreno, Sonia; **“El Plan de Obras”**. Incluido en “Teatro Colón, del siglo XIX al siglo XXI: Reseña sobre su puesta en valor y actualización tecnológica”. Ministerio de Desarrollo Urbano del GCABA, Buenos Aires, 2010.
- (27) Unidad Proyecto Especial del Teatro Colón; **“Puesta en Valor y Actualización Tecnológica del Teatro Colón”**. Memoria descriptiva para la presentación de la obra al Premio Iberoamericano SCA/CICOP a la mejor intervención en obras que involucren el patrimonio edificado, Buenos Aires, Septiembre de 2010.
- (28) Weisinger, Graciela; **“La Pintura Ornamental en el Teatro Colón de la Ciudad de Buenos Aires. Historia, técnicas y patologías”**, Dunken, Buenos Aires, 2007.
- (29) www.haciendoelcolon.buenosaires.gov.ar
- (30) www.teatrocolon.org.ar

DOCUMENTOS BÁSICOS PARA LA DEFINICION DE CRITERIOS DE INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL

- (31) ICOMOS; **“International Charter for the Conservation and Restoration of Monuments and Sites (The Venice Charter)”**, Second International Congress of Architects and Technicians of Historic Monuments, Venice, 1964 (adopted by ICOMOS in 1965).
- (32) ISCARSAH; **“Charter: Principles for the Analysis, Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage”**, Ratified by the ICOMOS 14th General Assembly in Victoria Falls, Zimbabwe, 2003.
- (33) ISCARSAH; **“Recommendations for the Analysis, Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage (Guidelines)”**, 2003.

BIBLIOGRAFIA ADICIONAL PARA LA DEFINICION DE CRITERIOS DE INTERVENCION ESTRUCTURAL

- (34) ISO-ISCARSAH; ISO13822, Annex I: **“Heritage Structures”** (Draft), TC98/SC2/WG6 Meeting, Padova, 2008.
- (35) Forsyth, Michael (Editor), **“Structures & Construction in Historic Building Conservation”**, Blackwell Publishing Ltd, Oxford, 2007.
- (36) Kelley, Stephen, and Look, David; **“A Philosophy for Preservation Engineers”**, APT Bulletin - Journal of Preservation Technology, N°36, Association for Preservation Technology, 2005.
- (37) Coscollano Rodríguez, José, **“Restauración y Rehabilitación de Edificios”**, Thomson – Paraninfo, Madrid, 2003.
- (38) Heyman, Jacques, Teoría, **“Historia y Restauración de Estructuras de Fábrica”**, Instituto Juan de Herrera – CEHOPU – CEDEX, 2da edición, Madrid, 1999.
- (39) Jurado Jiménez, Francisco, **“Tecnología previa a la restauración de edificios históricos”**, Informes de la Construcción N°460, Madrid, marzo-abril 1999.
- (40) IABSE Colloquium Berlin 1998, **“Saving Buildings in Central and Eastern Europe”**, IABSE Reports N°77, International Association for Bridge and Structural Engineering, Zürich, 1998.
- (41) Weeks, Kay and Grimmer, Anne; **“The Secretary of the Interior’s Standards for the Treatment of Historic Properties, with Guidelines for Preserving, Rehabilitating, Restoring & Reconstructing Historic Buildings”**, U.S. Department of the Interior, National Park Service, Cultural Resource Stewardship and Partnerships, Heritage Preservation Services, Washington DC, 1995.
- (42) IABSE Symposium Rome 1993, **“Structural Preservation of the Architectural Heritage”**, IABSE Reports N°70, International Association for Bridge and Structural Engineering, Zürich, 1993.