

ESTUDIOS PARA LA PUESTA EN VALOR DE EDIFICIO PATRIMONIAL CON PINTURAS MURALES EN ZONA SÍSMICA: UN CASO DE ESTUDIO



N. G. MALDONADO
PhD, Prof. Ing. en Const.
CeReDeTeC, FRM, UTN
Mendoza; Argentina



P. E. MARTIN
PhD, Prof. Ing. Civil
CeReDeTeC, FRM, UTN
Mendoza; Argentina



I. A. MALDONADO
Ms. Ing. Civil
CeReDeTeC, FRM, UTN
Mendoza; Argentina



F. A. CALDERON
Ing. Civil
ANPCyT; FRM UTN
Mendoza; Argentina



G. A. GONZALEZ DEL SOLAR
Ing. Civil
CONICET, FRM UTN
Mendoza; Argentina



M. C. DOMIZIO
Ing. Civil
CONICET, FRM UTN
Mendoza; Argentina

RESUMEN

En este trabajo se presenta una propuesta de intervención de un edificio de fines del siglo XIX, que alberga la obra pictórica del artista Fernando Fader, por lo que el valor patrimonial de los murales pintados en la casa-museo condiciona los trabajos de la puesta en valor. La metodología de estudio ha comprendido las siguientes etapas: relevamiento detallado, decisiones de emergencia, análisis de las condiciones de conservación, diagnóstico y propuesta de rehabilitación. El relevamiento de las patologías comprueba el daño sísmico por ausencia de arriostramientos y falta de capacidad portante de sus fundaciones. Desde el punto de vista de la seguridad se requieren restricciones al número de visitantes y después de la inspección de cielorrasos suspendidos, se clausuran salones de exposición. El análisis de condiciones de conservación requiere de un estudio de suelos y fundaciones, cateos de materiales con identificación de composición y medición de microvibraciones ambientales para modelar el edificio por elementos finitos y corroborar los estados de patologías encontradas. Durante el estudio se descubren pinturas ocultas del mismo artista, que se validan por difracción de rayos X. El diagnóstico indica que la construcción de mampostería monumental ha sufrido distintas intervenciones arquitectónicas a lo largo de su historia, derivando en patologías que afectan su seguridad estructural frente a cargas verticales, ambientales y al sismo. En el análisis de la puesta en valor de la fundación se han considerado distintas alternativas disponibles, desde la no intervención hasta una intervención significativa, en función de la disponibilidad de acceso a la misma y de la tecnología local. En las conclusiones se resalta el gran impacto tecnológico y económico de la rehabilitación de las fundaciones en relación a la superestructura metálica a incorporar y la necesidad de investigar materiales compatibles para no afectar los murales.

ABSTRACT

This paper presents a proposal for intervention of a building from the late nineteenth century, which houses the paintings of artist Fernando Fader, is presented at the equity value of the murals painted on the house-museum work conditions commissioning value. The study methodology comprised the following stages: a detailed survey, emergency decisions, the analysis of the maintenance conditions, diagnosis and rehabilitation proposal. The survey of pathologies checks the absence of seismic braces and lack of bearing capacity of their foundations. From the point of view of security restrictions on the number of visitors are required and after inspection of suspended ceilings, showrooms are closed. Analysis of maintenance conditions requires soil surveys and foundations, searches of materials composition identification and measurement of environmental microvibrations to model the building finite element and corroborate the statements of pathologies found. During the study hidden paintings by the same artist were found, this paintings were validated by X-ray diffraction. The diagnosis indicates that monumental masonry building has undergone various architectural interventions throughout its history, leading to diseases affecting the structural safety against vertical, environmental and earthquake loads. In the analysis of the enhancement of the foundation it have been considered various alternatives available, from non-intervention to a significant intervention, depending on the availability of access to it and the local technology. The conclusions highlight the great technological and economic impact of the rehabilitation of foundations in relation to the metal superstructure and incorporate the need to investigate compatible materials to avoid affecting the murals.

1. Introducción

La puesta en valor de edificios patrimoniales, cuando hay que habilitarlos para uso público en una zona de elevado riesgo sísmico, donde se dificulta seguir estrictamente los principios de las diferentes cartas de restauración, representa un reto a la ingeniería estructural [1]. El presente caso trata de una casa de veraneo de mampostería cerámica cocida, con techos de zinc y carpintería de cedro, roble y pinotea, ventanas con celosías de hierro y pisos de madera y mosaico, rodeada de jardines y construida a partir de 1882 [2], de corriente ecléctica, que alberga los murales pintados entre 1905 y 1906 por el artista plástico Fernando Fader (1882-1935). Los murales del hall de entrada y de una habitación con piscina se prepararon con yeso importado, representan temáticas costumbristas, con amplitud del paisaje, con técnicas impresionistas donde la luz y el color son factores predominantes. En 1951 se habilitó la casa como Museo Provincial de Bellas Artes y en 1998 se la declaró como bien patrimonial de la Provincia de Mendoza, Argentina (Figura 1). En 2012 el Gobierno de Mendoza solicitó el estudio de la puesta en valor.

La metodología de trabajo ha incluido las siguientes etapas: i) inspección detallada, ii) adopción de medidas paliativas de emergencia, iii) análisis de las condiciones de conservación del edificio, iv) diagnóstico y v) estudio de alternativas para la rehabilitación.

La estructura de la casa-museo está compuesta de muros de mampostería cerámica cocida de 0.65 m de espesor y desarrollada en tres niveles. La Figura 2 presenta el plano de Planta Baja (± 0.00 m), donde se puede observar indicado en color rojo la proyección del Subsuelo (-3.00 m) y en color azul la proyección de la Planta Alta ($+4.30$ m). El entrepiso situado en el nivel ± 0.00 m es de tipo flexible compuesto por vigas de madera y entablado de pinotea, en tanto que el entrepiso a nivel $+4.30$ m se compone de bovedillas de mampostería cocida aglutinada con mortero cálcico que descansa sobre vigas metálicas, cumpliendo la función de losa rígida. La estructura de la cubierta está constituida por un entramado de madera. La fachada principal se forma con un parapeto acompañada por sendas torres a sus costados cuyas alturas alcanzan los 11.00 m.



Figura 1: Vista del frente de la casa-museo

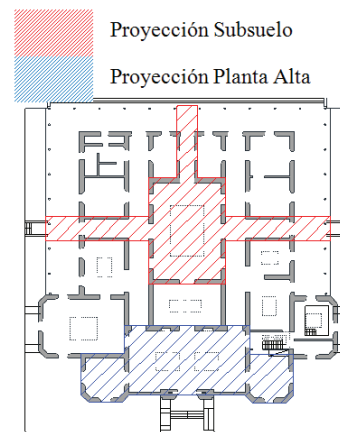


Figura 2: Plano de Planta

A partir de los datos de campo y de laboratorio [3], se generó un modelo estructural mediante el método de elementos finitos, incluyendo la interacción con un suelo de baja capacidad portante [4] y la temperatura para simular el comportamiento estructural [5] (Figura 3). También se estudió el estado de conservación de los murales.

Del análisis de distintas alternativas, surge la propuesta de rehabilitación. En la decisión de la puesta en valor se han considerado no sólo los costos sino la disponibilidad de tecnología local, de acuerdo con las normas de rehabilitación vigentes [6]; [7], pero desde el punto de vista de patrimonial, se prefiere la combinación de estructuras que no interfieran con la fábrica original [3]. La verificación de la seguridad estructural se ha realizado con medición de microvibraciones ambientales [8].

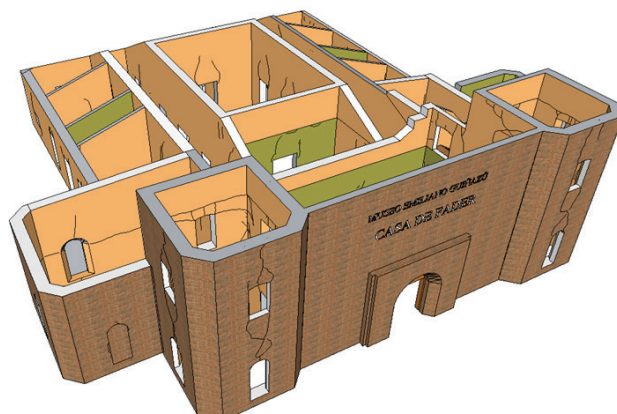


Figura 3: Estado de daño del edificio (paredes con murales a conservar en color verde)

2. Metodología de estudio del caso

En zona sísmica, el objetivo principal de la puesta en valor de una construcción patrimonial de uso público es minimizar la pérdida de vidas humanas y recién a partir de ahí plantear cómo satisfacer los principios de conservación, de intervención mínima y de reversibilidad, exigidos por las cartas de restauración. El principio de conservación requiere una evaluación detallada, extensa y multidisciplinaria de la estructura, así como la identificación de sus valores culturales y de su construcción. El principio de mínima intervención requiere la menor cantidad de alteraciones que permitan la adecuación sísmica y la preservación de la autenticidad de la construcción. Los principios de reversibilidad y el de la renovación de la intervención aseguran la posible eliminación de las intervenciones en el futuro, en el caso de resultar ineficaces, perjudiciales o inferiores de nuevos métodos de avance tecnológico. En este caso se suman los Principios de ICOMOS para la preservación y conservación/ restauración de pinturas murales (2003) que proporcionan aspectos más específicos para las mismas, reflejando principios y prácticas universalmente aplicables [9].

2.1. Inspecciones y relevamientos

Para realizar la tarea de inspección se debió eliminar el emplacado de yeso que tenían las paredes de la casa-museo, situación que permitió encontrar nuevas pinturas murales. Se realizó una exhaustiva exploración de las patologías que presenta el edificio, evaluándose el daño. Los daños más significativos provienen: de la sismicidad regional, detectándose modificaciones de estructura con los sismos de principios del siglo XX, de la presencia de humedad por presencia de jardines y por mal funcionamiento de los desagües pluviales, de la condición de exposición ambiental (calidad del suelo y temperatura) y de las intervenciones realizadas por el uso de materiales de diferente comportamiento mecánico.

Se realizaron cateos en la estructura de mampostería, fondos de cielorrasos y fondos de pisos. Se detectaron tensores dentro de la mampostería en la zona de las torres de la fachada, técnica constructiva usada en la región después de los terremotos de 1903 y 1917. El estudio de suelos permitió ubicar las fundaciones existentes y caracterizar dinámicamente el suelo (medición de la velocidad de onda). Se instaló un acelerómetro con el objetivo de conocer las propiedades dinámicas del edificio previo a su reestructuración. Estas propiedades se correlacionan con mediciones de temperatura y humedad durante un año a fin de establecer una línea base y poder evaluar la reestructuración en sus etapas intermedias y su estado final. Se extrajeron muestras de ladrillos y morteros en distintas ubicaciones para identificación por análisis químico.

Se utilizó un espectrómetro de difracción por rayos X para determinar la composición química de los pigmentos pictóricos de las nuevas pinturas murales descubiertas y por comparación con los datos de los murales existentes para su validación como pertenecientes al pintor Fernando Fader [2]. La Figura 4 presenta una secuencia del estado de un mural pintado, situación de deterioro que se repite en el resto de los murales pintados, tanto en la pintura expuesta al público como en la parte posterior que se oculta bajo emplacados o cielorrasos.



Figura 4: Vista del mural (izq.), fisuración del mural (centro) y fisuración por la parte posterior del mural (der.)

2.2. Medidas paliativas de emergencia

Durante la inspección se detectó que los soportes de los cielorrasos suspendidos se encuentran seccionados, por cual es necesario restringir el acceso y se prohíbe la circulación general, lo que conllevó a reubicar los cuadros y las oficinas del museo. La Figura 5 muestra distintos puntos de soporte del cielorraso que se encuentran colapsados, tanto por carga como por corrosión.

2.3. Análisis de las condiciones de conservación

La estructura portante de la casa-museo está conformada por gruesos muros de mampostería cerámica maciza con distintos niveles de fisuración en tímpanos, encuentro de muros y zonas con diferentes materiales. La cubierta es metálica con estructura de sostén de madera con cabriadas, correas y relleno de caña y barro, actualmente en buen estado de conservación. La cava ubicada en el subsuelo presenta un importante nivel de humedad ambiente por falta de aislación hidráulica y ventilación suficiente.



Figura 5: Soporte quebrado (izq.), viga y alambre de soporte cortado por corrosión (centro) y alambre de soporte de cielorraso cortado (der.)

Se identificó en laboratorio el material cerámico utilizado como mampuesto, caracterizando sus aspectos físicos y mecánicos (densidad = 1600 kg/m³, porosidad 22%, resistencia a compresión = 2,2 MPa). Los ensayos químicos sobre muestras de los morteros utilizados indican la presencia de cal como aglomerante. Los resultados obtenidos permiten clasificar a la mampostería como de baja capacidad portante.

La cimentación original existente está conformada por cascotes y piedras unidas con mortero de cal, de 0,80 m de ancho y 1,50 m de profundidad como valor promedio, desmoronable en varios sectores. El suelo presenta tres estratos hasta la profundidad estudiada: i) hasta -1,00 m rellenos y material orgánico, ii) desde -1,00 m y hasta -3,00 m limos ML y iii) a partir de -3,00 m un suelo granular GW. Los parámetros geotécnicos determinados en laboratorio sobre muestras (ángulo de fricción, cohesión, densidad, etc.) y en campo (ensayo de placa) fueron utilizados para la modelación del comportamiento de la fundación.

Del análisis de cargas de la casa-museo se comprobó que las secciones de fundación no son suficientes para el nivel de carga permanente y el estudio de suelos determinó que los cimientos existentes no tienen capacidad suficiente para la combinación de cargas verticales y horizontales, por lo tanto es necesaria su rehabilitación estructural.

El estado de preservación actual indica que los murales no tienen problema con el agua de lluvia para el estado de protección hidráulica que hoy presenta la continuidad de los muros con pinturas murales, pero si no se soluciona en forma definitiva la disposición de los desagües habrá probabilidad de aparición de humedad por infiltración.

La presencia de humedad ascendente se observa en los murales ubicados en la sala de la piscina debido al agua infiltrada de los jardines circundantes, lo que debe resolverse con la puesta en valor.

No hay presencia de hongos ni de insectos durante la inspección debido a las condiciones ambientales y de mantenimiento de la casa-museo. El microclima ha mantenido la temperatura y humedad estables con solamente efectos de ventilación cruzada de puertas y ventanas.

2.4. Diagnóstico

La casa-museo ha sufrido pérdidas de material original, debido a causas humanas (intervenciones previas) como por el daño provocado por el paso del tiempo y el efecto destructivo de los sismos. En el pasado era habitual que los elementos de una construcción se reemplazaran a gran escala, en lugar de repararse, y que las superficies se renovaran y no se conservaran disminuyendo la autenticidad del edificio, como sucedió con la primera intervención desde 1949. En la última intervención no se realizó una adecuación sísmica, sino que se tomaron medidas con revestimientos estéticos, priorizando el ocultamiento de las patologías y llevando a desestimar valores culturales de muros, componentes y terminaciones. Prueba de ello, son las pinturas encontradas durante este último relevamiento [3].

La evaluación del comportamiento de la estructura tiene que ser abordada a través de la evaluación de la condición actual de la estructura y mediante el análisis de su historia en términos de propiedades de los materiales, técnicas constructivas, detalles estructurales, patrones de fisuración y deterioro. Las paredes pintadas por Fernando Fader son componentes de la estructura, y están afectadas por fisuración y problemas de humedad, por lo que se requiere un especial cuidado para la conservación de las pinturas.

Para diagnosticar el estado estructural de los murales se ha realizado el análisis bajo las siguientes premisas con el fin de aportar al análisis las condiciones ambientales y estructurales del edificio: condiciones del soporte (grietas en mampostería o revoque, saltado de revoque por daño sísmico), revoque (falta de cohesión, falta de adhesión en nivel variable, pérdidas de estratificación total, pérdidas de capas superficiales), alteraciones en las capas de pinturas (pérdidas de cohesión, desprendimiento de capa de pintura, abrasiones por daño mecánico, pérdida de capa de pintura, alteraciones cromáticas, sedimentos de tierra y polvo, ataque e infestación de insectos), cristalización de sales (eflorescencias) e intervenciones previas (rellenos en niveles superficiales y subsuperficiales, rellenos sobre la pintura, retoque de rellenos, sobrepintado del original, cambio de colores, tratamiento superficial, revestimientos, fragmentos desprendidos sustituidos in situ).

Los daños debido a la humedad en la base de los muros pueden ocasionar inestabilidad de los mismos, y derrumbe fuera del plano cuando sufre erosión o debilitamiento por ciclos de humedecimiento-secado. Constituye un importante riesgo de vida humana. En este caso el aporte de agua de los jardines y estanques circundantes es significativo y debe ser controlado para evitar este tipo de daños en la mampostería. En intervenciones anteriores se han realizado algunas reparaciones debido a la presencia de humedad como el recambio de ladrillos o recalces de fundaciones.

Las paredes de mampostería tienen características térmicas que mantienen el edificio templado en verano y atemperado en invierno debido a que los muros, por su masa, poseen una alta inercia térmica, la cual reduce la velocidad de transferencia de calor y disminuye el salto térmico entre el interior y el exterior. La condición de clima semidesértico de la zona donde se encuentra emplazada la estructura, causa efectos deletéreos debido a la tensión causada por la expansión y contracción de los mampuestos y morteros como consecuencia de las amplitudes térmicas elevadas de un clima semidesértico. La deformación por efectos térmicos en la mampostería depende del coeficiente de dilatación térmica del material y de la variación de la temperatura. Esta patología se hace presente en el muro de fachada con frente hacia el Oeste, debido al fuerte asoleamiento que soporta diariamente.

Además de las dilataciones y contracciones reversibles, debido a acciones térmicas y de humedad, se pueden presentar daños irreversibles debido a condiciones de fabricación y composición, que pueden fisurar la fábrica si el alargamiento o acortamiento está coartado. Estas situaciones se pueden evitar disponiendo juntas que absorban estas variaciones dimensionales y que impidan los esfuerzos que causan las fisuraciones. Éste es el caso del frente de la casa-museo, donde se puede observar en las fotografías del año 1950 y en la actualidad el estado de fisuración en sentido longitudinal en los encuentros entre frente y torres debido a la ausencia de juntas de dilatación.

Un tema de importancia a considerar en el diagnóstico lo constituyen los cielorrasos suspendidos de yeso, colocados con una importante estructura de madera y anclados en forma muy precaria a la estructura existente, superando las sobrecargas móviles habituales del cálculo de estructura (Figura 5). Lo mismo ocurre con los lucernarios y las estructuras metálicas que los soportan y sus conexiones con las estructuras existentes.

2.4.1 Análisis numérico de la estructura

Se procedió a modelar la estructura mediante elementos finitos con el objetivo de analizar el estado tensional de la mampostería, de tal forma de lograr una mejor descripción de las patologías encontradas y de sus causas. Se utilizó un software de elementos finitos con capacidades para análisis no lineal de materiales y grandes deformaciones (ABAQUS 6.11, [5]), utilizando los parámetros obtenidos durante los estudios de campo y ensayos de laboratorio de los materiales. La variable deformación plástica se utiliza para analizar los resultados como indicador del grado de daño de la mampostería.

Del análisis tensional y de deformaciones bajo cargas verticales y sísmicas reglamentarias [6; 7] en las Figuras 6a y 6b se observa que el patrón de daños es semejante al encontrado durante la inspección de patologías (Figura 3).

Se procedió a verificar la respuesta de la estructura bajo la acción única del peso propio, observándose que se repite el patrón de daño (Figura 7a). De esto se desprende que el edificio se daña directamente por su propio peso, debido a la baja resistencia del suelo en los sectores fundados en el limo. Al analizar la misma estructura fundada sobre el suelo granular del estrato inmediato inferior se obtiene la Figura 7b donde se observa un nivel de daño mínimo.

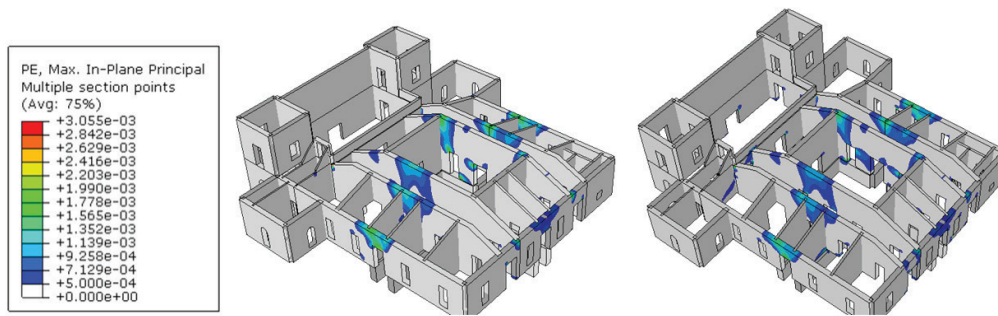


Figura 6: Deformaciones máximas. a) carga vertical + sismo longitudinal b) carga vertical + sismo transversal

El análisis de las cargas permanentes en el sector correspondiente al muro del frente, indica un estado de tensión del suelo de 187 kN/m² el cual es mayor a la capacidad del suelo (115 kN/m²). Bajo el cimientado de los muros de Fader, en el salón de entrada, el estado de tensión del suelo es de 170 kN/m² muy superior a los 79 kN/m² de la capacidad del suelo. Este estado tensional del suelo indica las razones de la fisuración de la mampostería por falta de capacidad portante de la fundación en el nivel de apoyo.

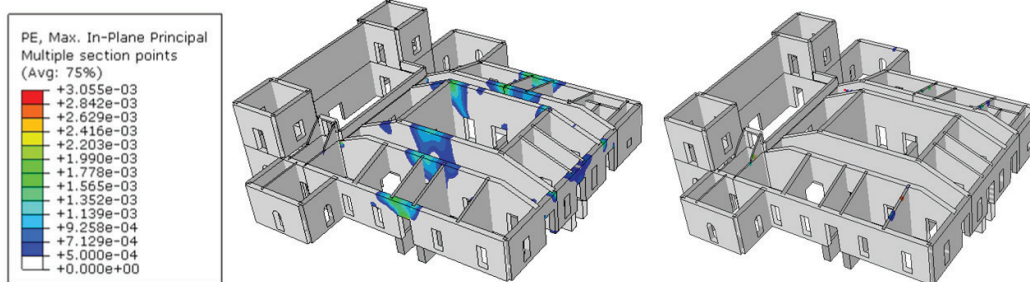


Figura 7: Deformaciones máximas. a) carga vertical (estructura fundada en suelo ML) b) carga vertical (estructura fundada en suelo GW)

2.4.2 Análisis ambiental

El estado de fisuración de la fachada principal implica cuestiones en relación a las condiciones ambientales y a las técnicas constructivas utilizadas. En el sector de las torres se puede observar una importante fisuración entre las ventanas de planta baja y planta alta (Figura 3). Esta fisuración se debe, por un lado a la técnica constructiva empleada ya que las ojivas originales de la casa-museo fueron reemplazadas por arcos de medio punto en la parte exterior, en la intervención de 1951, por lo cual se pueden observar colores distintos correspondientes a ladrillos de épocas distintas, y fisuración debido a la contracción tanto de los ladrillos nuevos como de los morteros. A esta situación se le suma el efecto reversible de la deformación debido a las temperaturas extremas de verano y los problemas congelación-deshielo del invierno. Parte de la fisuración vertical se debe a la diferencia de comportamiento de la estructura, porque se retiraron los balcones del primer piso y se convirtieron las puertas en ventanas. La modelación mediante el método de los elementos finitos de un día de verano se presenta en la Figura 8 cuando actúan en forma conjunta las cargas verticales propias de la casa museo y la temperatura, verificando los resultados del estado tensional y las deformaciones del modelo con las patologías existentes en el frente [3].

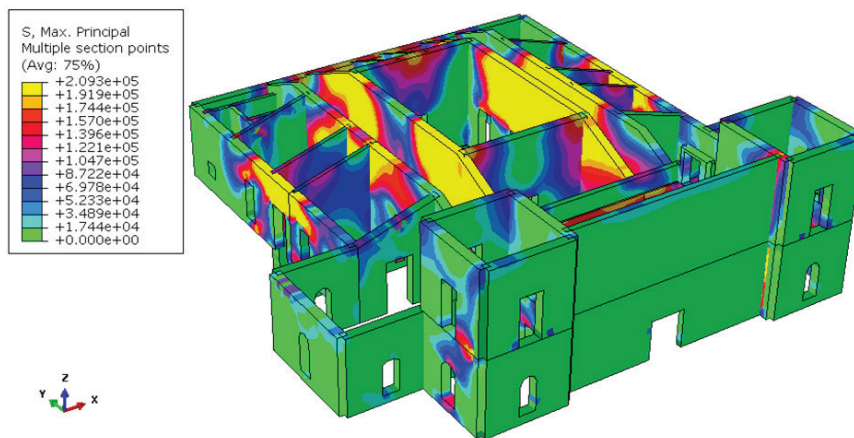


Figura 8: Estado tensional bajo cargas verticales + temperatura

La medición de las propiedades dinámicas del edificio por medio de vibraciones ambientales y forzadas, antes del comienzo de los reforzos estructurales conforma la línea de base, que se comparará en cada etapa de refuerzo que genere cambios en la masa o rigidez del sistema. En la Figura 9 se presenta el sector en estudio, donde se realizaron 3 campañas de medición para conocer las frecuencias y formas modales, dos a corto plazo utilizando acelerómetros en distintas posiciones (Figura 10) y una a largo plazo para la determinación de las dos primeras frecuencias cada tres horas durante 5 meses con el objetivo de conocer las variaciones respecto a los cambios ambientales (temperatura y humedad relativa del aire). Estas relaciones (temperatura y humedad vs. frecuencia) son de suma importancia ya que en ocasiones los cambios en las propiedades dinámicas debidas a condiciones ambientales son de igual o mayor magnitud que las debidas a daño o refuerzo en este caso, por lo que es importante conocer si los cambios son debidos a modificaciones estructurales o variables ambientales [8].

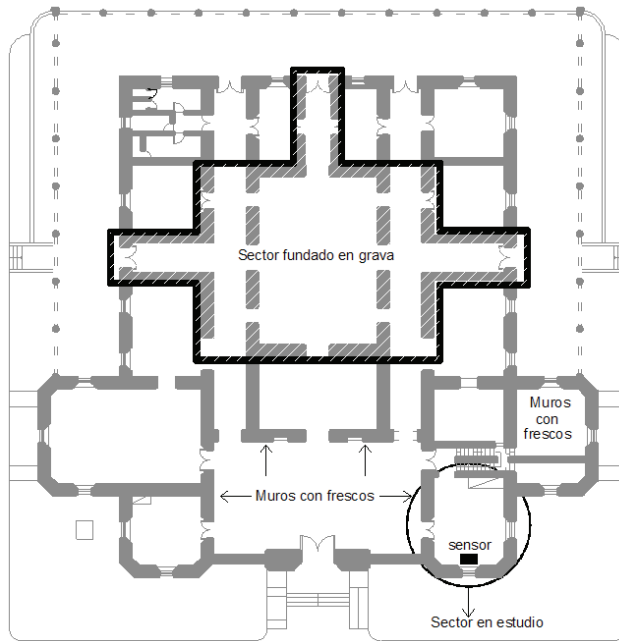


Figura 9: Planta de la casa-museo y ubicación de sensores

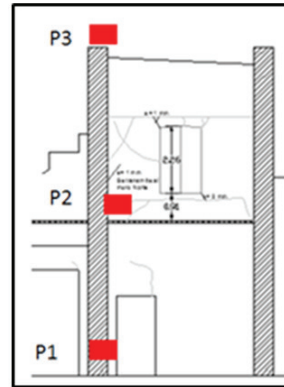


Figura 10: Ubicación de acelerómetros

2.5. Propuesta de rehabilitación

La propuesta de rehabilitación ha tenido en cuenta los criterios de conservación requeridos por la Dirección de Patrimonio al preservar el frente del edificio y todas las paredes con murales pintados por Fader, mantener decoraciones de muros con valor histórico y muros exteriores de galería y en la medida de lo posible conservar la pintura ornamental de las cajas murarias.

Si bien el daño de la casa-museo se ha producido fundamentalmente por efecto de deformación excesiva del terreno ante la acción del peso propio, resulta necesario vincular toda la estructura. Además este diseño estructural pretende solucionar la acción de las cargas sísmicas. Las alternativas evaluadas corresponden a los materiales a incorporarse en la rehabilitación teniendo en cuenta las condiciones de tecnología local y economía, ya que al tener como destino un uso público, el nivel de seguridad reglamentario requiere de la puesta en valor en forma total [5; 6].

Para la rehabilitación se considera el Capítulo 8 del Código de Construcciones Sismorresistentes de la Provincia de Mendoza (1987) sobre: "Modificaciones o reparaciones de obras existentes", que evalúa los siguientes aspectos:

- Importancia de la obra actual: Corresponde a I.1. Obras importantes: por tratarse de una estructura dañada con valor patrimonial histórico.
- Calidad sismorresistente de la obra primitiva: Corresponde a C.4. Obras de mala calidad: las que no fueron proyectadas conforme a esta norma y presentan signos de funcionamiento estructural anómalo, cuya ejecución es defectuosa o bien no tienen un sistema resistente completo. Construcciones que no se ajustaron a los códigos vigentes al momento de su construcción o sin previsiones sismorresistentes.
- Capacidad sismorresistente de la obra primitiva: Corresponde a alcanzar S1: seguridad suficiente $r > 100\%$. Para alcanzar el nivel de seguridad corresponde: reparación de daños y ajuste completo al Código, o bien ampliaciones independientes y programa de sustitución.

La estrategia planteada para la verificación estructural del edificio formula un modelo (Figura 6) de elementos finitos no lineal, a fin de verificar la estructura ante las distintas acciones, considerando ya el daño existente de la estructura, y por otro lado se analiza la estructura, en forma lineal, mediante un software de elementos finitos, que permite el diseño y verificación de la

solución propuesta y que permite dimensionar los distintos elementos estructurales.

Se propone la siguiente secuencia de reparación:

- 1) Recalce de muros mediante la construcción de submuración bajo cimientos hasta alcanzar suelo granular (Figura 11).

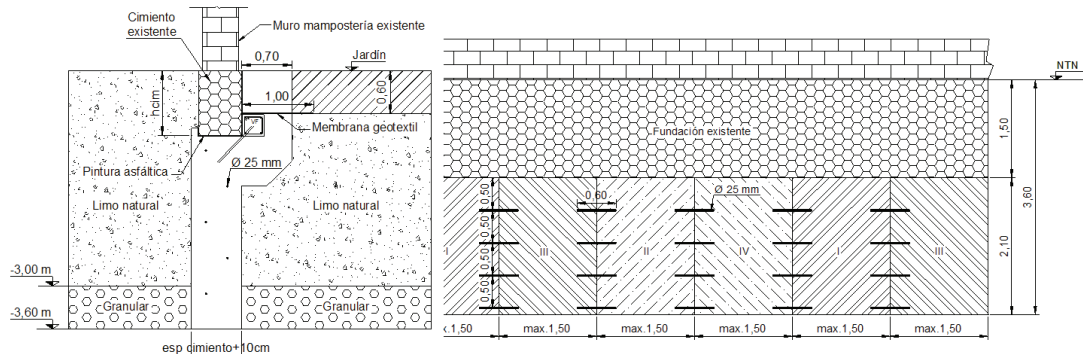


Figura 11: Recalce de fundaciones y orden de construcción de los sectores con hormigón

Para mantener la actual disposición de los jardines circundantes a la casa, se ubicará una manta geotextil de manera de impedir el ingreso del agua en un ancho de 1 m y a 0.6 m de profundidad. También se deberá impermeabilizar con manta textil el sector de fuente ubicada frente al museo.

- 2) Refuerzo de las fundaciones de la cava y de la estructura de madera: Se ha resuelto realizar un refuerzo de la estructura ya existente en este local, utilizando columnas de madera aserrada de similares características a la estructura existente. Se optará por maderas duras y secciones similares a las presentes.

- 3) Reparación de todas las fisuras y grietas de la mampostería mediante relleno adecuado.

- 4) Vinculación en distintos niveles de los muros de mampostería mediante perfiles de acero estructural (F24) (Figura 12): colocación de anillos envolventes en todos los locales del cuerpo estructural en estudio. Estos anillos de refuerzo se materializan con perfiles de acero UPN 120 y UPN 140 y se encuentran distribuidos de tal manera de formar anillos cerrados en cada uno de los locales de Planta Baja. Como es de esperarse, muchos de los muros poseerán de esta manera sendos perfiles a cada lado del paramento, los que serán vinculados entre sí por medio de pasadores de fijación (Figura 13) exceptos los de la fachada.

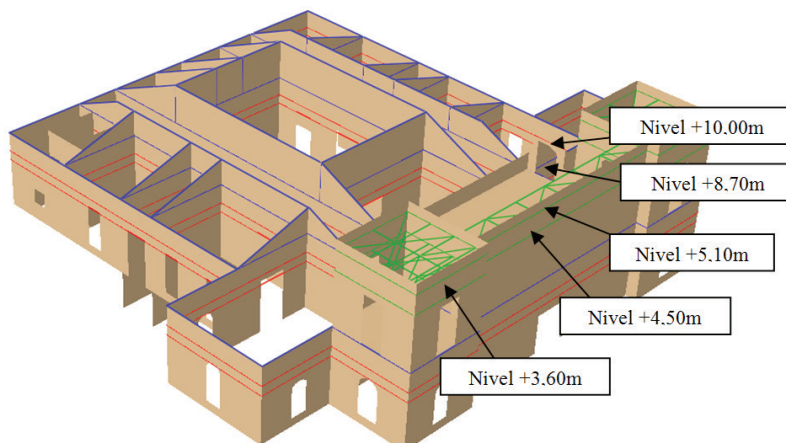


Figura 12: Vinculación en distintos niveles de los muros de mampostería mediante perfiles

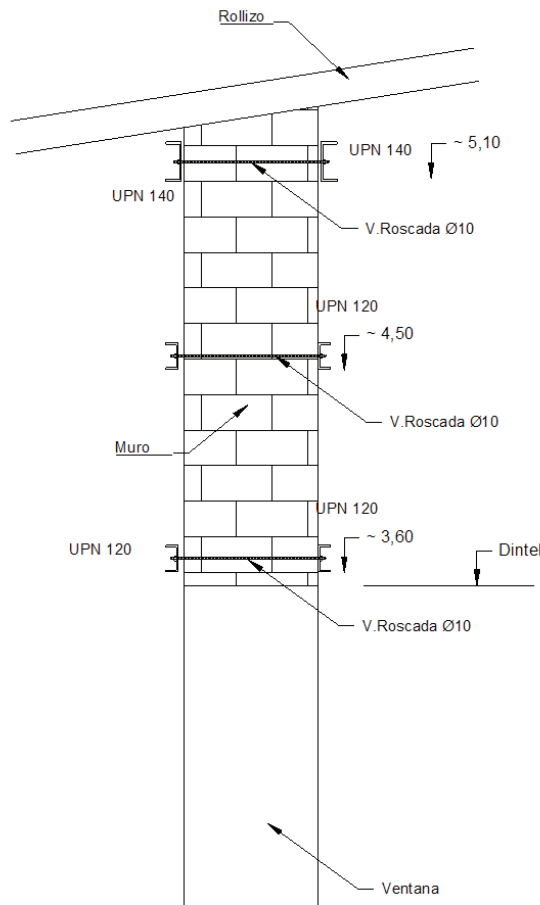


Figura 13: Disposición de los refuerzos

5) Refuerzo de muro de fachada y torreones a diferentes niveles mediante emparrillados conformados por perfiles: se propone la incorporación de una estructura conformada por caño estructural 50x50x6,35mm y perimetralmente apoyada en los muros por medio de perfiles UPN 140. Esta estructura se ubicará en los niveles +3,70 m (dintel) y 5,00 m (techo) desde NPT en Planta Alta (Figura 14). Por otro lado, los anillos en planta alta no solamente cumplen la función de contener los muros de las torres sino también resultan el apoyo para el paramento frontal del museo (Figura 15). Finalmente, es necesario destacar la función de vinculación que proveen los anillos cerrados al redistribuir las acciones a toda la estructura generando una respuesta monolítica. También se destaca que las tensiones en los elementos estructurales de refuerzo, no superan las tensiones máximas para el material adoptado.

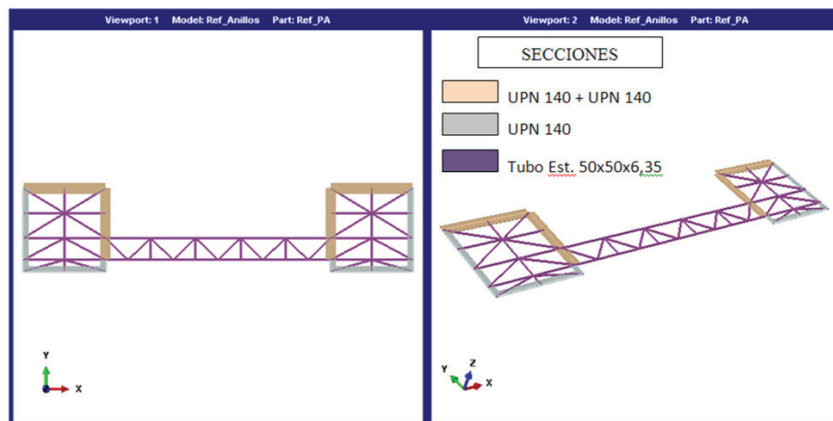


Figura 14: Refuerzo de paramento frontal y torreones

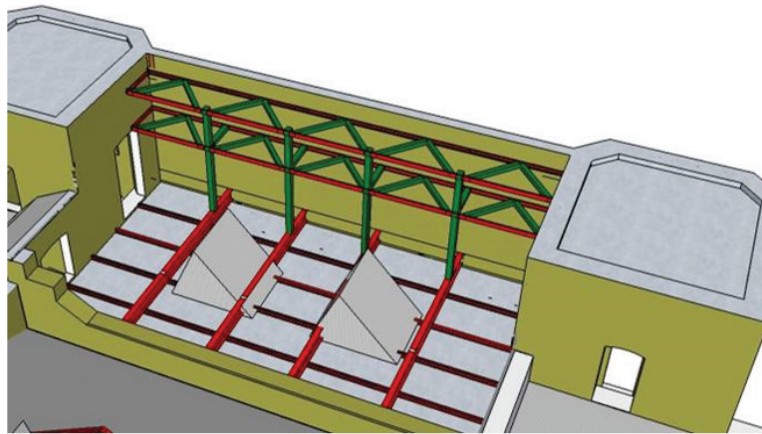


Figura 15: Vista posterior de refuerzo de paramento frontal

6) Refuerzo de cubierta de losa de bovedillas en el hall de entrada (Figura 16).

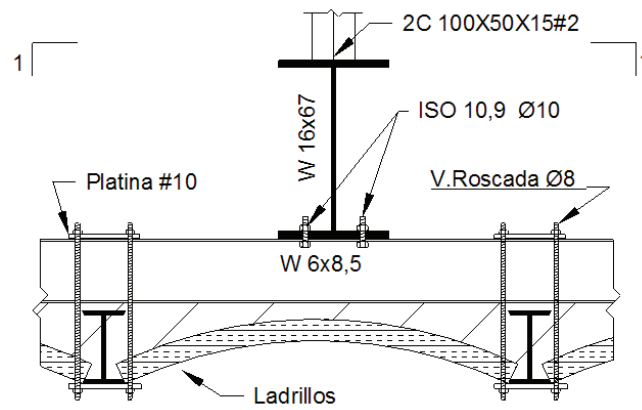


Figura 16: Detalle del refuerzo de la bovedilla

7) Construcción de cubierta para modificación de desagües pluviales (Figura 17).

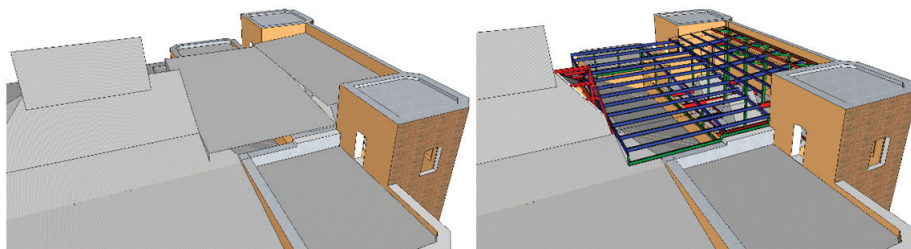


Figura 17: Vista general de la cubierta (izq) y estructura de sostén (der)

3. Conclusiones

El estado de degradación de la estructura justifica la intervención para su rehabilitación. Las técnicas a aplicar en esta tarea deben compatibilizar los criterios de restauración con la tecnología y mano de obra local disponibles.

Al asegurarse un comportamiento adecuado de la fundación frente a la acción gravitatoria y sísmica mediante una intervención importante en las cimentaciones, se garantizan los requerimientos patrimoniales. Se propone el empleo de hormigón armado de manera de asegurar una correcta transmisión de las cargas actuantes a los estratos granulares del suelo (Figura 11).

El monitoreo de vibraciones ambientales es una herramienta valiosa para determinar la calidad del resultado de la puesta en valor.

La conservación de las pinturas murales requiere de medidas de protección durante la puesta en valor y un estricto control en las intervenciones a realizarse en el trasdós de las mismas, para no causar problemas de incompatibilidad de materiales.

Se recomienda ajustar el cálculo térmico una vez que se retire el cielorraso para ajustar los volúmenes a calefaccionar y se definan las terminaciones de los muros exteriores y cielorrasos, ya que la incorporación de aire acondicionado puede afectar el estado de las pinturas murales.

4. Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración en este proyecto de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza, Gobierno de Mendoza Dirección de Patrimonio Cultura y Museos, Agencia Nacional para la Promoción Científica y Tecnológica FONCYT y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas CONICET. Los autores desean agradecer al personal técnico de la UTN, a los becarios alumnos Marcelo Carreño, Claudio Maldonado y Ezequiel Pagano y al personal del Museo Provincial de Bellas Artes Emiliano Guiñazú por su colaboración.

5. Referencias

- [1] Maldonado, N.G.; Martín, P.E.; Maldonado, I.A., "Seismic Mitigation of a Historic Masonry Building", *The Open Construction and Building Technology Journal*, vol. 5 (Suppl. I-M3), 2011, pp. 61-70
- [2] Gutiérrez Viñuales R. "Fernado Fader. Obra y pensamiento de un pintor argentino". Instituto de América-CEDODAL, Santa Fe (Granada)-Buenos Aires, 1998, pp. 270
- [3] CeReDeTeC. *Informe Técnico 01/2014 Museo Emiliano Guiñazú – Casa de Fader*, 2014, pp. 1-111.
- [4] Maldonado, N.; Martín, P.; Maldonado, I.; Calderón, F., "Puesta en valor de una escuela patrimonial en zona de alto riesgo sísmico: un caso de estudio", *Revista ALCONPAT*, vol. 4, Nº 2, 2014, pp. 161 – 175.
- [5] Simulia. ABAQUS 6.11; *Manual del Usuario*. Dassault Systèmes Simulia Corp., 2011
- [6] Gobierno de Mendoza, *Código de Construcciones Sismorresistentes de la Provincia de Mendoza*, 1987.
- [7] INPRES CIRSOC 103, *Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes Parte 1 Construcciones en general*. 2013
- [8] Peeters, B.; De Roeck, G., "One year monitoring of the 24-bridge: environmental influences versus damage events", *Proceedings of IMAC 18, the International Modal Analysis Conference*, San Antonio, Texas, USA, 2000, pp. 1570-1576.
- [9] ICOMOS. *Principios para la preservación, conservación y restauración de pinturas murales*. 2003. pp. 6.