



## Tópico 4 - Nº 34

# EVALUACION Y PUESTA EN VALOR DE UNA NAVE DE TALLER FERROVIARIO AFECTADA POR INCENDIO

Lilian Eperjesi<sup>(1)</sup>, Enrique Ferreyra Hirschi<sup>(2)</sup>, Ariel Vicente<sup>(3)</sup>

*(1) Profesor Investigador. Facultad Ingeniería. UNLP*

*(2) Técnico Investigador. Facultad Ingeniería. UNLP*

*(3) Docente Investigador. Facultad Ingeniería. UNLP*

*e-mail: eperjesi@ing.unlp.edu.ar*

## RESUMEN

En este trabajo se presenta la evaluación de una nave afectada por un incendio, destinada en su origen a talleres ferroviarios y en la actualidad utilizada como archivo por la Universidad Nacional de Lanús. El edificio en estudio posee un sector en el que la estructura metálica de la cubierta ha colapsado por efecto de las altas temperaturas y sectores contiguos parcialmente deteriorados.

Para definir el alcance del daño producido por las altas temperaturas se evaluaron muestras de acero que forman parte de la estructura resistente de la cubierta, se determinaron propiedades mecánicas y se realizaron observaciones microestructurales. También se procedió al relevamiento de daños en muros perimetrales y divisorios en los que se observaron deficiencias asociadas con el siniestro.

El análisis de los resultados, las tareas de relevamiento y las verificaciones estructurales permitieron proponer una estrategia de reparación teniendo en cuenta que se trata de un edificio que pertenece al patrimonio arquitectónico.

Palabras-Clave: nave afectada por incendio, evaluación, estrategia de reparación.

## 1. INTRODUCCION

El Campus de la Universidad Nacional de Lanús (UNLa) fue creado a partir de la cesión de terrenos del Ferrocarril General Roca, luego de la privatización del servicio y el cierre de parte de los talleres en Remedios de Escalada, partido de Lanús, al sur del conurbano bonaerense.

Como para ubicarnos en la historia, la actividad ferroviaria en la zona se inicia en 1862 cuando se instala en nuestro país la "Buenos Aires Great Southern Railway", una compañía ferroviaria inglesa que venía a tender líneas férreas hacia el sur de la Capital Federal. Con los años fue rebautizada como "Ferrocarril del Sud" y llegó a ser la empresa más grande de Sudamérica en cuanto a recorrido e infraestructura. Las obras comenzaron en 1864, con el fin de cubrir el trayecto entre Plaza Constitución y Chascomús, atravesando entre otros los actuales partidos de Avellaneda, Lanús y Lomas de Zamora. La primera etapa se inauguró el 14 de agosto de 1865.

El desarrollo incesante del tendido y la actividad, motivó al Gerente de la empresa a pensar en la necesidad de instalar nuevos y modernos talleres de operación mucho más cerca de la zona en expansión. En 1897, la empresa consigue hacerse de los 1.286.812 m<sup>2</sup> a ambos lados de las vías y en 1898 se envió hacia las oficinas centrales de Londres el proyecto de los talleres que contemplaba además: almacenes, depósitos, oficinas, fundición, pintura, aserradero, galpones



para materiales y herrería. En 1899 se inician las obras que se inauguraron el 26 de Octubre de 1901.

La gran época de esplendor del polo ferroviario fue en los años 50 luego, y como producto de las circunstancias históricas, su declive no pudo eludirse. Los años 60 fueron el punto final para la historia de prosperidad que rodeó a los talleres del Sud. Encerrados en esos galpones y vagando por esos andenes quedaron amarrados los antiguos sueños de desarrollo y expansión de la actividad que fue orgullo no sólo de la zona sino también de la historia Argentina.

En 1998, el Rectorado de la UNLa se instala en los antiguos talleres y comienzan los trabajos de restauración y refuncionalización, cuidando y rescatando el patrimonio arquitectónico. Después de décadas de abandono, los viejos talleres de Escalada se convirtieron en aulas, espacios culturales y museos, preservando lo mejor de la arquitectura ferroviaria y haciendo honor a su historia.

En este trabajo se presenta la evaluación de una estructura, ex taller ferroviario actualmente ocupado por la UNLa, afectado por un incendio. Las tareas de relevamiento de daños se han extendido a la totalidad de los elementos que componen la estructura. El análisis de los resultados y las verificaciones estructurales permitieron proponer una estrategia de reparación teniendo en cuenta aspectos estructurales y estéticos a los efectos de su conservación como edificio histórico.

## **2. RELEVAMIENTO DE LA TIPOLOGIA Y ARQUITECTURA DE LA ESTRUCTURA**

Se analizó la documentación técnica y antecedentes con el fin de precisar los datos más relevantes de la estructura, tales como: dimensiones, tipologías y disposiciones de los elementos estructurales.

Se relevó la estructura y arquitectura de los sectores de interés del edificio, a los efectos de conocer la geometría y materiales de los elementos resistentes, y determinar las cargas actuantes en la misma.

El sector en estudio está conformado por una caja muraria con dos muros divisorios transversales y una cubierta metálica a dos aguas, en algunos sectores existe un entrepiso constituido por ladrillos dispuestos en forma de bovedilla que apoyan sobre vigas y columnas representadas por perfiles. Los muros, de 60cm de espesor, están materializados por mampostería de ladrillo común asentados sobre morteros a base de áridos finos (arena y polvo de ladrillo) y un aglomerante calcáreo. La cubierta metálica está conformada por un techo de chapa acanalada de acero galvanizado y cielorraso de ladrillos comunes tomados por juntas de mortero cementicio. Este conjunto descansa sobre correas de madera vinculadas mediante grapas a cerchas metálicas, que son las encargadas de transferir las cargas de la cubierta hacia los muros laterales de la nave.

Las cerchas se disponen sistemáticamente a lo largo de la nave cada 3.81 m y se encuentran vinculadas longitudinalmente entre sí por sus cordones inferior y superior. En el cordón inferior la vinculación se da por un tensor metálico de 31.5 mm de diámetro dispuesto al centro de la luz del cordón. La vinculación superior se genera, en el centro mediante perfiles L que definen el recinto de ventilación y mediante correas de madera en los cordones superiores, siendo estas últimas las que fijan el techo de chapa.

En las Figuras 1 y 2 se aprecia el aspecto exterior e interior de los talleres, en los sectores que no han sido afectados por el incendio.



Figura 1: Aspecto exterior de los talleres. Figura 2: Aspecto interior de los talleres.

### 3. RELEVAMIENTO VISUAL DEL DETERIORO DE LA ESTRUCTURA

En este punto se listan las manifestaciones patológicas que se han observado en los elementos que forman parte de la estructura en estudio.

#### 3.1 Estado de los Muros

Los muros perimetrales del edificio se encuentran en general sin manifestaciones patológicas de importancia estructural. Existen pequeñas fisuras verticales en correspondencia con sectores de aperturas del muro y fisuras horizontales y oblicuas en el sector de apoyo de las cerchas.

Los muros transversales o divisorios presentan importantes fisuras de posición horizontal, tal como se aprecia en la Figura 3, generadas como consecuencia de la traslación longitudinal que sufrió la cubierta de la estructura.



Figura 3: Fisuras horizontales en la parte inferior (izquierda) y superior (derecha) en un muro transversal.

#### 3.2 Estado de las Cerchas Metálicas de la Cubierta

Las cerchas en su conjunto han sufrido corrimientos respecto de su plano vertical, debido a los desplazamientos que experimentaron los cordones longitudinales superiores que vinculan las cabreadas reticuladas, producto de las tensiones inducidas por la temperatura en el sector del incendio.



La estructura se encuentra, luego del incendio, bajo un estado de equilibrio entre las solicitaciones y los esfuerzos resistentes que generó la misma como consecuencia de las deformaciones elasto-plásticas y viscosas (creep) que sufrió por efectos de la temperatura. Dichas deformaciones provocaron sucesivas configuraciones resistentes en búsqueda del equilibrio. Los elementos que veían superada su capacidad resistente transmitían tensiones a los elementos aledaños que materializan el conjunto de la cubierta tales como correas de madera, mampuestos del cielorraso y chapas. Es así que la cubierta en su conjunto se encuentra sometida a un estado tensional no deseado.

Para definir el grado de afectación de las cerchas reticuladas se llevó a cabo un relevamiento de los elementos, en lo que se refiere a deformaciones permanentes. El mismo se realizó por tramos entre nudos de cada elemento.

Los perfiles “T” que materializan el cordón superior de las cabriadas reticuladas se encuentran pandeados, tal como se observa en la Figura 4. La magnitud de la deformación se da en diferentes escalas, siendo mayor a medida que nos acercamos al sector de incendio.



**Figura 4: Perfil “T” deformado por efecto de la temperatura.**

Además, el ala de la cabriada que mira hacia el exterior de la estructura se presenta con mayores deformaciones respecto al ala que mira hacia la nave central, esto se debe a que el incendio se desarrolló con mayor vigor en la cara externa de la nave en estudio. El cordón inferior y las diagonales no presentan, en general, daños irreversibles debido a que los mismos estuvieron siempre sometidos, aún con el cambio de solicitaciones inducido por el incendio, a esfuerzos de tracción no muy diferentes a los previstos en el diseño. Respecto de los montantes, que están materializados por un par de planchuelas, tuvieron gran libertad para acompañar los desplazamientos y sólo sufrieron deformaciones irreversibles de pequeña magnitud en el nudo de encuentro con el cordón superior.

## **4. DETERMINACIONES REALIZADAS SOBRE EL ACERO DE LAS CABRIADAS**

### **4.1 Análisis Metalográfico**

Se realizó un análisis metalográfico [1] comparativo sobre 8 muestras de acero de tensores, de manera de establecer el grado relativo de afectación de la estructura cristalina del acero constitutivo de la estructura portante de la cubierta. La nomenclatura asignada a las muestras es la que se indica a continuación:

- M1: muestra inalterada tomada como referencia.
- M2, M3, M4: muestras tomadas de las cabriadas ubicadas en el ala que mira hacia la nave central de la estructura, que a simple vista manifiestan menores deformaciones.

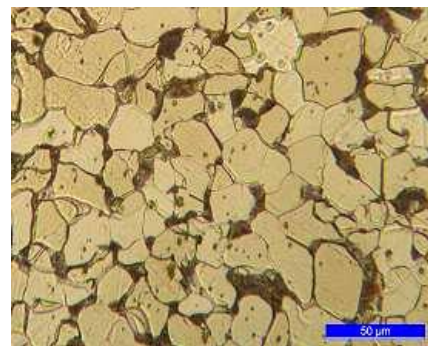
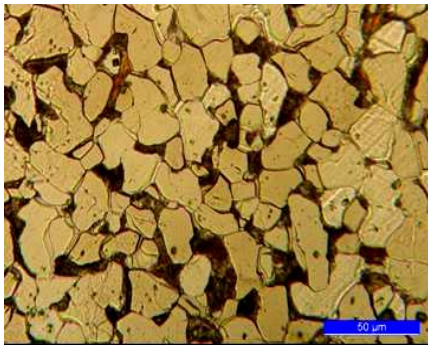


- M5, M6, M7, M8: muestras tomadas de la cabriadas del ala que mira hacia el exterior de la estructura, en las que se observaron importantes deformaciones.

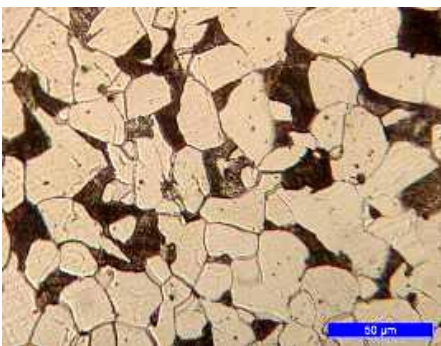
Las observaciones metalográficas manifiestan que todas las muestras analizadas contienen granos de ferrita inmersos en una matriz de perlita (eutectoide formado por ferrita y cementita). Del análisis del tamaño de grano surge que las muestras afectadas por la temperatura (M2 a M8) presentan un tamaño de grano mayor que la de referencia (M1), hecho que resulta más significativo en las muestras M5 a M8 tomadas de la zona en contacto directo con el incendio.

En las Figuras 3, 4 y 5 se presentan las micrografías de las muestras M1, M3 y M6 (obtenidas con un aumento de 500X), en las que a su vez se aprecia la diferencia que existe en una misma muestra, cuando se compara la parte central del tensor que ha estado expuesto a una menor temperatura, con la superficial.

Del análisis metalográfico también surge que, en las muestras tomadas de la superficie del acero en la zona de contacto directo con el incendio, hay menor cantidad de perlita en los límites de grano, hecho que se traduce en un menor contenido de carbono. Esto se debe a que al haber estado en contacto con el fuego se produce una decarburación superficial.



**Figura 3: Micrografía muestra M1. Zona central (izquierda) y zona superficial (derecha).**



**Figura 4: Micrografía muestra M3. Zona central (izquierda) y zona superficial (derecha).**

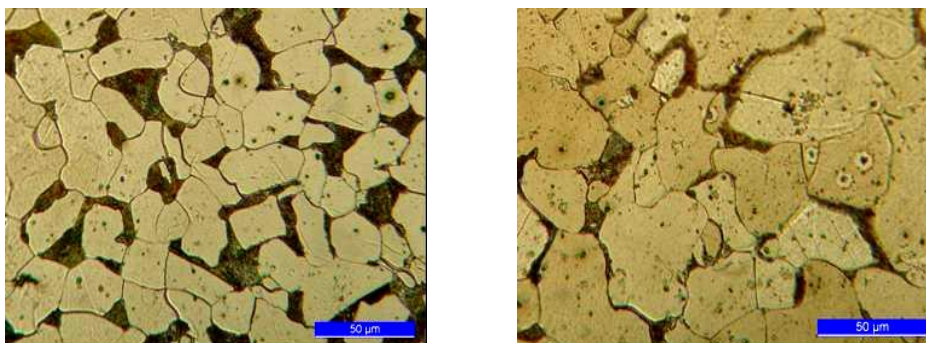


Figura 5: Micrografía muestra M6. Zona central (izquierda) y zona superficial (derecha).

## 4.2 Análisis Químico

Se realizaron análisis químicos sobre el acero de la muestra de referencia a los efectos de su caracterización [2]. La composición, en términos porcentuales, se presenta en la Tabla 1. El acero se corresponde con uno de bajo carbono, de clase IRAM IAS 1020 o similar.

Tabla 2: Análisis químico, composición porcentual, del acero de referencia.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al
0.16	0.078	0.57	0.053	0.044	0.010	0.027	0.0047	0.0018

Cu	Co	Ti	Nb	V	W	Pb	B	Sn
0.050	0.013	0.0031	<0.0030	0.0022	<0.010	<0.0030	<0.0005	0.0040

Zn	As	Bi	Ca	Ce	Zr	La	Fe
0.0052	0.035	0.0071	<0.0001	<0.0030	0.0028	<0.0010	98.9

## 4.3 Determinación de Propiedades Mecánicas

Para acceder a las propiedades mecánicas de interés estructural se realizaron ensayos de tracción estática [3] sobre probetas confeccionadas a partir de 10 muestras de barras de tensores, los resultados se presentan en la Tabla 2. La nomenclatura de las muestras se indica a continuación:

- M1: muestra inalterada tomada como referencia.
- M2, M3, M4: muestras tomadas de las cabriadas ubicadas en el ala que mira hacia la nave central de la estructura, que a simple vista manifiestan menores deformaciones.
- M5, M6, M7, M8, M9, M10: muestras tomadas de la cabriadas del ala que mira hacia el exterior de la estructura, en las que se observaron importantes deformaciones.

Los resultados manifiestan que las muestras del acero en contacto directo con el incendio (M5 a M10) presentan reducciones del orden de 10% respecto de la muestra de referencia, expresadas en términos de valores medios de tensión de fluencia y tensión de rotura. La ductilidad evaluada a través del alargamiento porcentual de rotura disminuyó, en todas las muestras, en términos medio un 10% con respecto a la muestra de referencia.



Tabla 2: Determinación de las propiedades mecánicas de las muestras de aceros.

Muestra	Tensión de fluencia [MPa]	Tensión de rotura [MPa]	Alargamiento de rotura [%]
M1	315.9	484.9	30.5
M2	319.6	473.3	27.6
M3	325.5	475.3	27.4
M4	321.6	475.3	28.4
M5	277.6	393.5	26.0
M6	293.6	457.4	26.0
M7	289.6	437.4	26.8
M8	291.6	441.4	29.0
M9	269.6	431.4	29.6
M10	279.6	447.4	27.6

## 5. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Las causas de las manifestaciones patológicas observadas sobre la estructura metálica de la cubierta se deben a que la acción del fuego sobre el acero modifica la respuesta viscoelástica del mismo y con ello el estado de sollicitaciones para las cargas actuantes. Otro efecto negativo es la dilatación térmica producida en los elementos metálicos que contribuye a incrementar las tensiones.

Los cambios del acero observados en las micrografías, aumento del tamaño de grano y disminución de la cantidad de perlita en los límites de grano, permiten justificar la disminución de la resistencia a tracción.

Para comprender la influencia del tamaño de grano en la resistencia veamos algunos conceptos básicos vinculados a la estructura cristalina del metal. Las dislocaciones, defectos lineales en la red cristalina del metal, facilitan el desplazamiento de los átomos por deslizamiento y contribuyen a las deformaciones plásticas. Los límites de grano son un obstáculo para el deslizamiento de las dislocaciones, un material de grano fino presenta mayor superficie específica, mayor frontera o límite de grano; de modo que mayor es el esfuerzo que hay que aplicar para que la deformación continúe. La influencia del tamaño de grano en la resistencia se expresa a través de la relación de Petch [4], Ec. 1, en la que se aprecia que un material de grano fino presenta mayor resistencia que uno de grano grueso.

$$\sigma = \sigma_0 + K \cdot d^{-1/2} \quad (1)$$

En donde  $\sigma$  es la resistencia a la fluencia,  $d$  es el tamaño de grano,  $\sigma_0$  y  $K$  son constantes que dependen de cada material.

Por otra parte, la disminución de la cantidad de perlita en los límites de grano se debe a la pérdida de carbono por decarburación superficial, hecho que también contribuye a una reducción de la resistencia mecánica del acero.



## **6. RECOMENDACIONES Y ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA REPARACION Y PUESTA EN VALOR DE LA ESTRUCTURA**

El edificio en estudio posee un sector en el que la estructura metálica que materializa la cubierta ha colapsado por efecto del fuego y sectores contiguos que se han visto afectados. Con respecto al sector colapsado, se debe proceder al desarme total de la estructura metálica. En los sectores contiguos, se busca devolverles su funcionalidad estructural y arquitectónica, teniendo en cuenta que se trata de un edificio de carácter patrimonial.

### **6.1 Estructura Metálica del Sector Colapsado.**

Dado que la estructura metálica del sector colapsado está vinculada a los sectores contiguos formando un sistema en equilibrio, antes de cualquier intervención, se debe realizar un sistema de “apuntalamientos y tensores” de modo que a medida que se va cortando la vinculación entre ambos sectores se genere una redistribución de esfuerzos hasta lograr una nueva condición de equilibrio en la que intervengan los puntales y tensores.

### **6.2 Sector a Preservar**

Debido al estado tensional no deseado existente en todos los elementos que materializan la cubierta, se debe proceder al desarme parcial de la misma mediante el siguiente procedimiento.

- Retirar el techo de chapa y el entramado de cabios, listones y ladrillos que materializan el cielorraso de la cubierta.
- Desmontar las correas de madera que vinculan las cerchas entre sí.
- Reemplazar los elementos afectados de las cerchas reticuladas.
- Estabilizar los muros divisorios mediante tesado y sellado de fisuras.

#### **6.2.1 Metodología de reemplazo de los elementos afectados de las cerchas reticuladas**

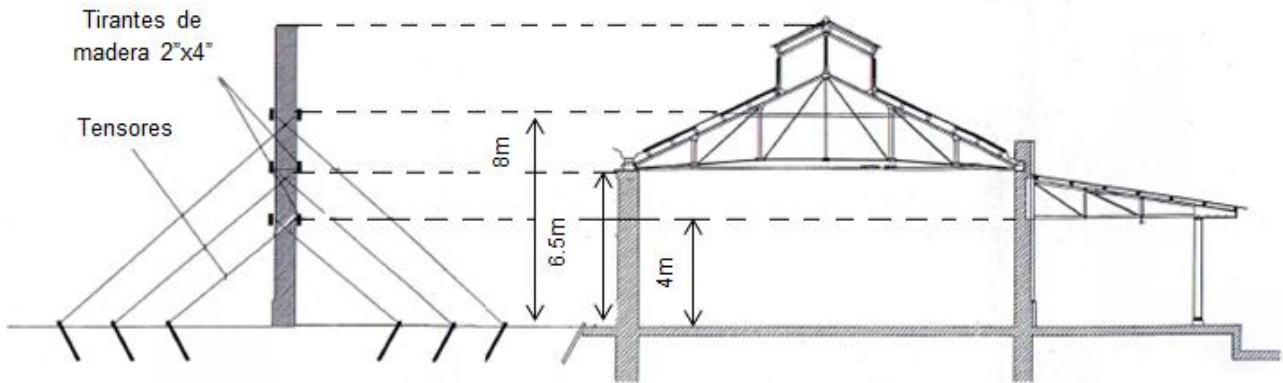
El cordón superior de las cerchas ubicadas en el sector próximo al incendio sufrió importantes deformaciones. A los efectos de devolverles su capacidad portante, se deben reemplazar por otros de similares características resistentes. Para el reemplazo se pueden utilizar los perfiles que se obtengan del desarme del sector incendiado, ubicados en el ala que mira hacia la nave central de la estructura. Los mismos conservan inalteradas las propiedades mecánico-resistentes, esta afirmación se desprende de los análisis metalográficos y de los ensayos de resistencia mecánica realizados en muestras extraídas de dicho sector.

#### **6.2.2 Estabilización de los muros divisorios**

A los efectos de restituir la integridad de los muros divisorios afectados se considera una alternativa de mínima intervención visible, la cual consiste en el postesado de los mismos. Previo al postesado se deben estabilizar los muros, para ello se sugiere perforar el muro cada 3 m en sentido horizontal y en tres alturas: 4 m, 6.5 m y 8 m. Por estas perforaciones se deben pasar alambres de acero que se vinculan por un extremo a tirantes de madera y por el otro a un anclaje que se debe fijar en el suelo, según se indica en forma esquemática en la Figura 6.

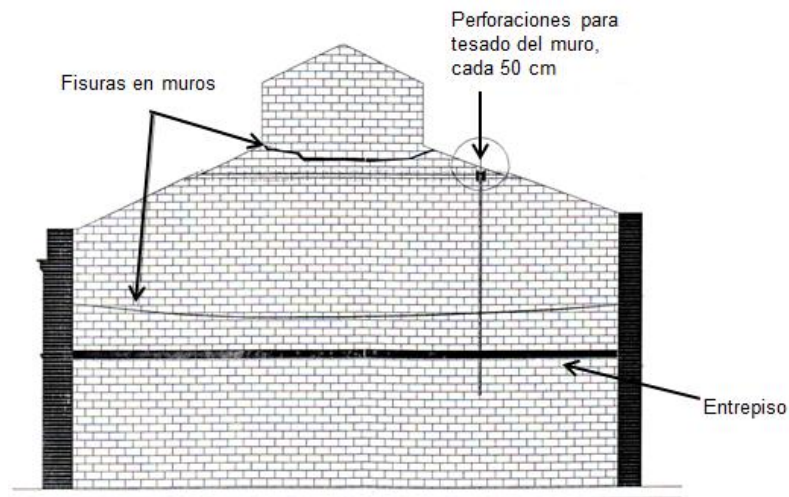
Para llevar los muros a su posición vertical se debe aplicar una fuerza externa, mediante el uso de puntales y gatos hidráulicos. El muro debe ser llevado a su posición original de manera lenta y progresiva mediante la siguiente secuencia de trabajo: aflojar los tensores de la cara anterior, luego accionar los gatos y finalmente tensar los cables de la cara posterior, y así sucesivamente hasta alcanzar la verticalidad.



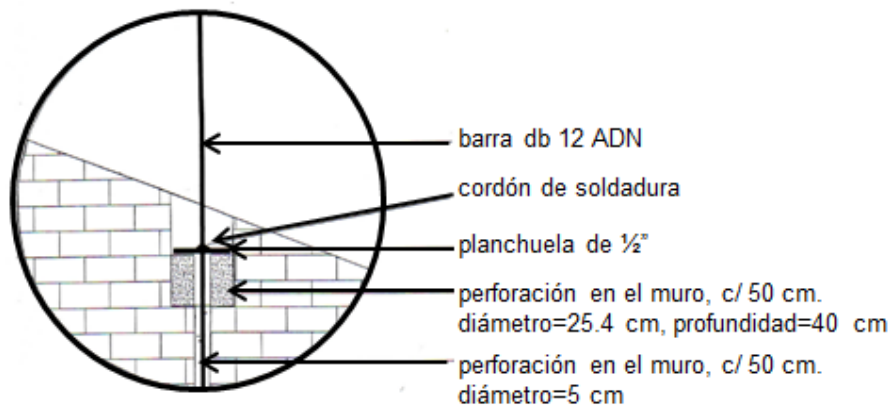


**Figura 6: Esquema en el que se aprecia la estabilización de muros divisorios.**

Con el muro en su posición definitiva, se deben realizar perforaciones verticales desde su cara superior, separadas 50 cm entre sí y de profundidad tal que permita atravesar todas las fisuras transversales más 1.5 m a partir de la última fisura atravesada. El diámetro de la perforación para empotrar la barra a tesar (de acero ADN y diámetro del 12), será de 25.4 cm los primeros 40 cm y de 5 cm el resto de su longitud, de acuerdo a lo esquematizado en la Figura 7 y al detalle presentado en la Figura 8.



**Figura 7: Esquema en el que se aprecian las fisuras en el muro y la perforación para el tesado del muro.**



**Figura 8: Detalle de la perforación y ubicación de la barra para el tesado del muro.**



En cada perforación de 25.4 cm se debe colar hormigón con agregado grueso 6/12, elaborado con un mortero listo para usar, de los disponibles en el mercado, el cual se comercializa como polvo granulado, a base de cemento portland modificado con aditivos especiales y agregado fino. El hormigón a colocar debe formar un anillo circular de 5 cm de diámetro interior, 25.4 cm de diámetro exterior y 20 cm de altura, que permitirá la transferencia de carga del tensor hacia la mampostería.

Luego, en cada perforación de 5 cm se debe verter el mortero listo para usar hasta una altura de 1 m desde el fondo de la misma. A los efectos de canalizar el mortero hasta el fondo de la perforación y lograr un correcto llenado se recomienda realizarlo mediante un tubo de PVC de tamaño algo inferior al de la perforación.

Inmediatamente de colado el mortero en la perforación se debe colocar la barra de manera vertical hasta hacer tope en el fondo de la perforación. La longitud de la barra debe ser tal que luego de anclada sobresalgan 1 m por encima del coronamiento del muro.

Transcurridos tres días de realizado el hormigonado del anclaje, se debe llenar el resto de las perforaciones con mortero y posteriormente colocar en la cara superior del anillo de hormigón una planchuela perforada para la fijación de las varillas. La planchuela debe ser cuadrada de 17 cm de lado y ½" de espesor con una perforación en el centro, de diámetro tal que permita el pasaje de la barra a tesar. Con el mortero aún en estado fresco se deben tesar las varillas con una fuerza de 2500 kg, la carga se debe aplicar mediante un gato hidráulico calibrado a tal efecto. El pretensado del muro se debe realizar de manera progresiva desde los extremos hacia el centro y tesando pares de varillas de posición simétrica respecto al centro del muro.

La planchuela posibilita la transferencia de carga de la varilla al hormigón. Para lograr dicha transferencia, una vez tesada la barra se la debe soldar a la planchuela, según se indica en la Figura 8.

Una vez postesado el muro, el tratamiento de las fisuras se realiza conforme al procedimiento indicado en el siguiente punto.

### **6.2.3 Restauración de la mampostería fisurada a través de inyección de resinas epoxi**

La finalidad de la inyección de resinas es la de restablecer la continuidad mecánica y la impermeabilidad exterior de la mampostería a tratar.

- Características del material para la inyección.

La resina para inyección debe tener la fluidez apropiada en relación al ancho de fisura a rellenar. Con las formulaciones menos viscosas podrán inyectarse fisuras con anchos promedios inferiores a los 3 mm. Para fisuras con anchos superiores a 3mm se recomienda la incorporación de una carga mineral consistente en talco o finos derivados de la molienda de cuarzo que pasan el tamiz N° 200, de modo de disminuir la retracción durante el endurecimiento. Aún así, la viscosidad será uno de los parámetros a ser ajustado en obra, conjuntamente con la presión de inyección.

- Técnica de la inyección.

La presión de inyección es un parámetro que se debe ajustar en obra en función de las características de la fisura a rellenar y del tipo de resina a utilizar, especialmente de la viscosidad de la resina y de la naturaleza y cantidad de carga mineral a incorporar en la formulación del producto resultante para la inyección. Se sugiere una presión de inyección del orden de 3 Kg/cm<sup>2</sup>, pudiendo aumentarse la misma, sin riesgos de inducir daños a la mampostería, mientras se observe flujo. El proceso de inyección de fisuras debe realizarse respetando el orden que se menciona a continuación.

Apertura de los labios de la fisura en toda su longitud, a modo de preformado de junta, mediante amolado con disco de corte para mampostería; seguidamente, se eliminará el polvo formado mediante corriente de aire a presión provisto por un equipo motocompresor.



Ubicación de los puntos de inyección, a intervalos de entre 20 y 30 cm se marcarán sobre la traza de la fisura los puntos de inyección; en rigor, dicha distancia será una función de la profundidad de la fisura, pudiendo tomarse como orientativo un valor de dos tercios de tal profundidad. En tales puntos se ejecutarán perforaciones contenidas en el plano de la fisura a los efectos de materializar el alojamiento de tubos roscados o boquillas de inyección con sus correspondientes válvulas esféricas. El polvo formado en esta operación se eliminará mediante aire a presión.

Colocación de las boquillas de inyección, se acoplarán con adhesivo epoxi las boquillas por donde habrá de penetrar la inyección, evitando la obstrucción de tales dispositivos. Con el mismo adhesivo se debe ejecutar el tomado superficial de la fisura de manera de generar un recinto estanco al cual se accede solo por los puntos de inyección. Una vez endurecido el adhesivo epoxi de sellado se inyectará aire seco por las boquillas de inyección, tomadas estas en conjuntos de dos consecutivas, habiéndose cerrado el resto de las mismas. De esta manera podrá asegurarse que no existan obstrucciones y que se expulsará, en la medida de lo posible, la humedad contenida en las fisuras.

Inyección del epoxi, realizada la mezcla del compuesto epoxi de inyección, en la cantidad que permita su utilización, se introducirá en el dispositivo de inyección. Se acoplará el tubo de salida del producto de inyección a la boquilla de menor cota y se procederá a inyectar. Tan pronto como el producto salga por la boquilla inmediatamente superior, la cual actuará como indicador de llenado, se conectará a esta el tubo de inyección cerrándose la boquilla inferior. Este proceso se debe continuar hasta llenar toda la fisura.

## 7. CONCLUSIONES

El edificio evaluado posee un sector en el que la estructura metálica de la cubierta ha colapsado por efecto de las altas temperaturas y sectores contiguos parcialmente deteriorados, que se encuentran bajo un estado de equilibrio entre las sollicitaciones y los esfuerzos resistentes que generó la estructura como consecuencia de las deformaciones elasto-plásticas y viscosas que sufrió durante el incendio.

Las tareas de relevamiento, el análisis de los materiales y las verificaciones estructurales permitieron conocer la magnitud del deterioro y el grado de afectación de los elementos que forman parte de la estructura.

Las medidas propuestas para la reparación y puesta en valor se han centralizado en la estabilización de los muros divisorios y la recuperación de las cerchas reticuladas de la cubierta. Las recomendaciones sugeridas contemplan modificaciones mínimas de la estética, orden y funcionalidad originales; requerimientos que deben respetarse en las intervenciones de edificios que pertenecen al patrimonio arquitectónico.

## REFERENCIAS

- [1] Samuels L. E. (1992). "Optical Microscopy of Carbon Steel". 4<sup>o</sup> Edition. Editorial Metals Park, Ohio. American Society for Metal.
- [2] IRAM-IAS U 500 584. (1980). "Productos de acero. Extracción y preparación de muestras para análisis químico".
- [3] IRAM-IAS U 500 102. ((1987). "Barras, almabrones, alambres, chapas y flejes de acero. Método de ensayo de tracción".
- [4] González Velázquez, J. L. y González, J. L. (1999). "Metalurgia Mecánica". Editorial Limusa