

Monserrat, CABA

# Intervención estructural en San Ignacio de Loyola

En esta segunda parte del artículo sobre la restauración de la iglesia se expondrá la explicación, por parte de los responsables, de todo el trabajo estructural realizado en la misma. La primera parte, que incluye una reseña histórica, la operatoria y la intervención interior fue publicada en el número 64 de Habitat.



Por Jorge Fontán Balestra Ing. Civil, Director del Proyecto de Consolidación Estructural y Asesor Estructural de la obra

## Evaluación estructural de los deterioros y proyecto de consolidación estructural

En el año 2003 la iglesia de San Ignacio de Loyola empezó a presentar un cuadro de fisuración preocupante que motivó su apuntalamiento preventivo por cinco años y el cierre preventivo de la calle Bolívar, entre Alsina y Moreno. Durante ese tiempo se desarrollaron estudios que terminaron con un proyecto de recuperación estructural para la iglesia y la consolidación del túnel histórico existente bajo ella.

En las figuras 1, 2 y 3 pueden visualizarse las fisuras más significativas, que llegaban hasta los 5cm. de ancho y que se produjeron en correspondencia con la fachada sobre Bolívar, en el tríptico de entrada y en la zona alta de los arcos del cimborrio. Ver Figuras 1 (fachada Bolívar), 2 (tríptico de entrada) y 3 (cimborrio).

### FICHA TÉCNICA:

#### COMITENTE:

Parroquia San Ignacio de Loyola

#### PLAN DIRECTOR/ PROYECTO DE INTERVENCIÓN:

Arq. Eduardo Scagliotti y Asoc.

#### PROYECTO DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL:

Ing. Jorge Fontan Baslestra

#### GERENCIAMIENTO/ DIRECCIÓN EJECUTIVA:

Beverati-Foutel

#### EJECUCIÓN:

Leguizamón Ezcurra & Asoc. SRL

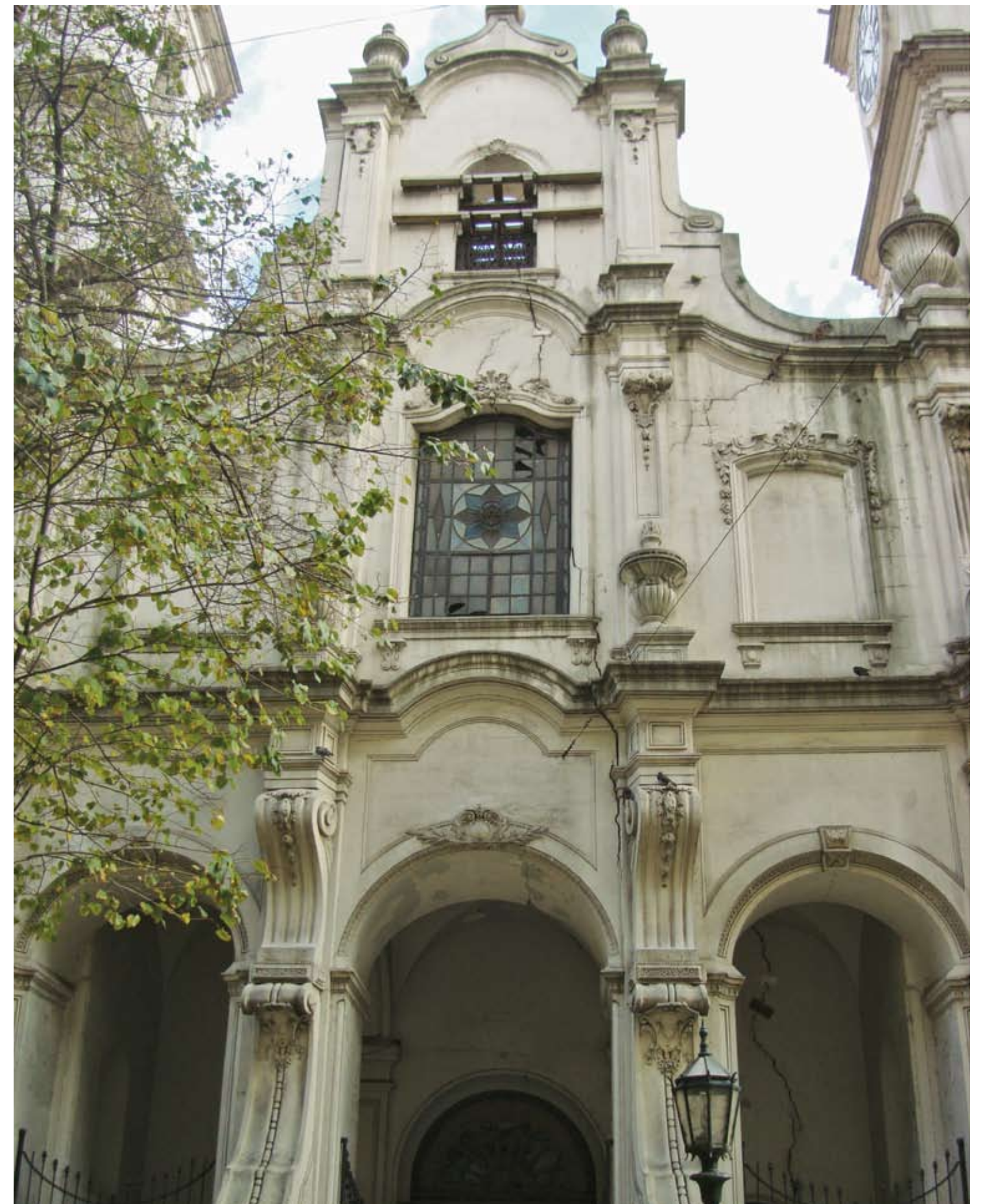




Figura Nro. 1



Figura Nro. 2



Figura Nro. 3

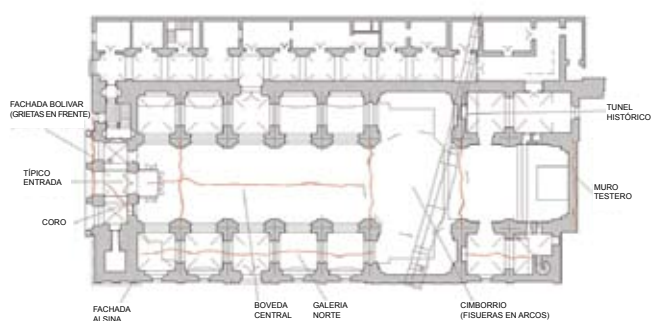


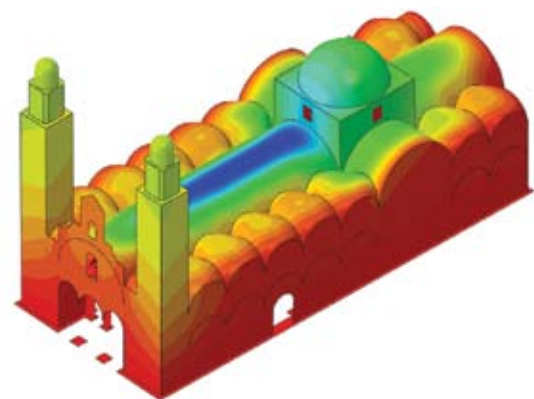
Figura Nro. 4

En la figura 4 puede observarse un resumen de los daños principales vistos en planta y la ubicación del túnel histórico cuya presencia fue determinante para la elección de la propuesta definitiva de reparación.

La circunstancia de tratarse de grietas ocurridas en partes de la iglesia bastante alejadas entre sí dificultó el diagnóstico estructural. Para interpretar el problema fue necesario apelar a un modelo de elementos finitos que permitiera evaluar el comportamiento estructural global de la iglesia bajo diferentes causas que, se sospechaban, podían ser el origen de los daños.

Para el modelo de cálculo, realizado en Abaqus, se utilizaron

Figura Nro. 5



tanto elementos de barra rectos y curvos como elementos laminares. En la figura 5 puede verse el modelo utilizado conjuntamente con la representación del gráfico de desplazamientos verticales para uno de los estados de carga analizados.

Del análisis del sistema de elementos finitos, las probables causas de la fisuración y el cuadro de agrietamiento existente, se pudo determinar que la causa del agrietamiento global había sido la pérdida experimentada por una cañería de agua a presión situada bajo la vereda de la calle Alsina. Esta importante pérdida de agua había arrastrado suelo fino del sector, en particular debajo de las fundaciones, lo que había modificado el comportamiento estructural global con incremento de solicitaciones precisamente en los lugares donde se habían producido los mayores agrietamientos.

En la Figura 6 puede verse un detalle de la continuidad de la fisuración en el sector de la fachada Bolívar que permite observar como se había separado la torre norte del resto de la fachada desprendiendo un sector de la misma.

El Estudio de las causas de la fisuración de la iglesia llevó a des-

Figura Nro. 6

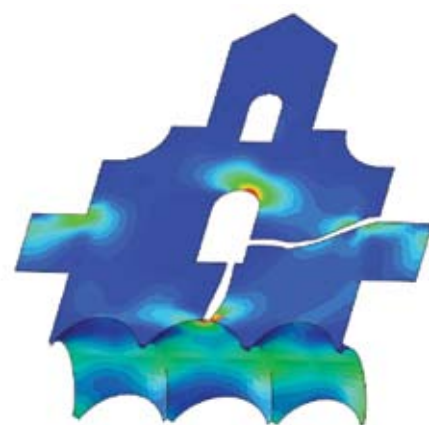


Figura Nro. 7

cubrir un problema de aún mayor envergadura que el que se estaba investigando. Sólo 50cm. por debajo de uno de los pilares del cimborrio se encontraba el túnel histórico, que a su vez estaba parcialmente desmoronado. Esta situación obligó a encamisar con hormigón armado dos tramos de túnel en forma urgente antes de proseguir con los estudios. Fig. 7 y 8.

El proyecto de reparación de la iglesia llevó un cierto tiempo de maduración ya que entre las recomendaciones generales de la restauración estructural se encuentra la de realizar la mínima intervención posible. Entre esta recomendación y la necesidad de tener una iglesia suficientemente segura para su uso por parte de la comunidad, se terminó realizando una propuesta de refuerzo que devolviera a la estructura su seguridad y monolitismo original, no alterara su funcionamiento estructural, fuera suficientemente durable y no modificara su estética para lo cual el refuerzo debería quedar oculto. En la decisión final influyó también la determinación de mantener operativo el túnel histórico.

Los refuerzos estructurales fueron realizados, en general, de hormigón armado por lo que debieron realizarse algunas propuestas innovadoras para mejorar algunos aspectos de comportamiento que generan cuestionamientos al uso de este material en reparaciones históricas: durabilidad de la reparación, contracción de fraguado del hormigón, modificación de los cuadros tensionales originados por refuerzos concentrados y dificultades en la transferencia de esfuerzos en las superficies de contacto mampostería – hormigón.

Entre las propuestas innovadoras relacionadas con la solución podemos mencionar: la utilización de barras de acero inoxidable en puntos críticos para evitar la corrosión del acero a largo plazo; la realización de cosido de fisuras y grietas a través de elementos largos y continuos para evitar el funcionamiento defectuoso de las

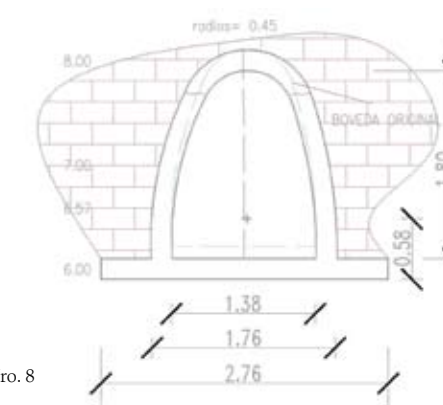


Figura Nro. 8

habituales "llaves"; la introducción de metodologías de perforado interno de mampostería y la adopción de refuerzos de hormigón armado individuales con funciones múltiples para facilitar un comportamiento estructural similar al de la construcción original.

A continuación pueden verse las características de los refuerzos más importantes que corresponden a la fachada Bolívar (Figura 9) y al cimborrio (Figura 10).

Figura Nro. 9

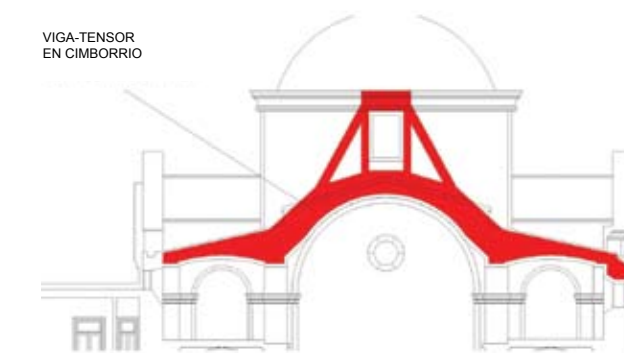
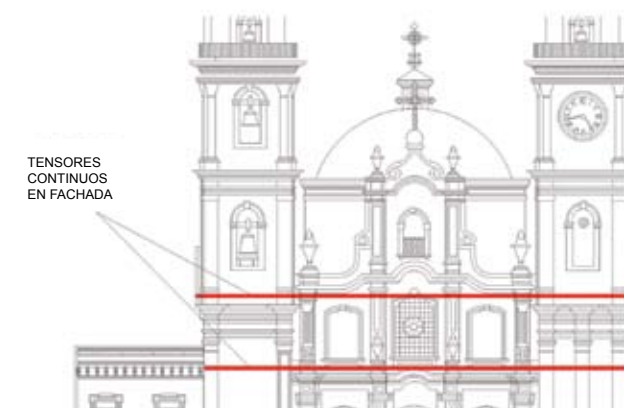


Figura Nro. 10





Por \*Arq. Luis Martínez D'Auro  
 Jefe de obra para Leguizamón y Ezcurra SRL

**Lo antiguo y lo moderno en un solo edificio**

Comencemos con una adivinanza (no vale mirar las fotos): ¿Qué edificio tiene acero inoxidable, súper hormigones, pegamentos epoxi, perforaciones diamond core, cámaras de video, iluminación por leds y red de datos, entre otros tantos sistemas constructivos de última generación? La respuesta es sorprendente (al menos para los que no hicieron trampa): la Iglesia de San Ignacio de Loyola, el más antiguo monumento de la Ciudad de Buenos Aires.

El equipo interdisciplinario del proyecto resolvió los problemas estructurales y dispuso los pasos a seguir para la puesta en valor interior, valiéndose de las técnicas y materiales más modernos pero respetando las técnicas y materiales más antiguos. Como si esto fuera poco, agregó algunas interesantes condiciones más: que se afectara lo menos posible el edificio original durante la obra; que la parroquia siguiera funcionando para su congregación durante el tiempo que de ejecución de los trabajos; que trabajemos en conjunto para mejorar cualquier solución planteada una vez que la obra permita conocer mejor el edificio y que cada paso que diéramos, lo dejáramos perfectamente registrado. Con imaginación y cuidado logramos los objetivos que nos requerían.

A continuación plantearé algunos pocos ejemplos a modo ilustrativo:

**Consolidación estructural de las Fachadas**

Dos largos tensores (250mm de hormigón) recorren horizontalmente el eje del ancho muro de la fachada Bolívar y "cosen" la gran fractura principal además de reorganizar el sistema de funcionamiento estático entre las torres. La principal dificultad fue que no podíamos demoler las caras externa o interna del muro para preservar sus revoques. ¿Cómo se resolvió? Utilizando Perforaciones Diamond Core de gran sección que longitudinalmente agujerearon la masa ladrillera por su centro y por el largo total de la fachada. Fue retirado solamente un mínimo de material original. La alineación de este larguísimo túnel-encofrado pudo lograrse mediante el preciso replanteo que las estaciones de medición láser actuales permiten.

**La convivencia de lo antiguo con la más moderna tecnología**

Cuando tenemos que intervenir en profundidad un edificio, también tenemos la posibilidad conocerlo íntimamente. Esta no fue la excepción. Con el equipo de proyecto y la dirección ejecutiva de obra, se aprovechó esta realidad y se logró que la nueva y muy compleja instalación eléctrica pudiera ser perfectamente acoplada con la arquitectura existente. De tal manera, hoy conviven pisos de ladrillo y revoques de 300 años con instalaciones para detección de incendio, robo, video, redes de datos o iluminación de última generación.

**Registro del trabajo**

Otra pauta a cumplir fue el seguimiento de la obra para que cada proceso y cada etapa de la ejecución de cada trabajo, que-



dara registrado. Esta recopilación de información permite avalar nuestro trabajo y dejar testimonio de qué y cómo se hicieron las cosas fue prolijamente mediante de especialistas contratados a su solo efecto. Hoy, podemos rearmar la historia gráfica de la intervención y crear un archivo que generaciones venideras podrán aprovechar muy bien.

**Conclusión**

Para ir terminando, permítanme una moraleja. Intervenciones de tal complejidad, donde se opera simultáneamente en todos los sistemas de un edificio: estructura, instalaciones y terminaciones, presentan siempre una gran cantidad de circunstancias únicas que ponen a prueba nuestro ingenio y preparación. Solamente pueden ser resueltas mediante el trabajo en equipo de los proyectistas, la dirección ejecutiva y la empresa constructora y cuando todos son capaces de entender y asumir la trascendencia de la encomienda asignada.

\* Luis Martínez D'Auro Arq.  
[lmd@mdrarquitectura.com.ar](mailto:lmd@mdrarquitectura.com.ar)  
[www.mdrarquitectura.com.ar](http://www.mdrarquitectura.com.ar)





Máquina utilizada para la ejecución de perforaciones



Fotografía Nro. 2



Fotografía Nro. 3. Barras aún sin centrar.

Por Jorge Fontán Balestra Ing. Civil, Director Ejecutivo de Obra para la Restauración de San Ignacio de Loyola y Luis Martínez D'Auro Arq, Jefe de Obra para Leguizamon y Ezcurra SRL

#### Ejecución de llaves continuas en la fachada Bolívar

Entre las propuestas innovadoras relacionadas con la rehabilitación estructural de la Iglesia de San Ignacio de Loyola se encuentra el cosido de fisuras a través de elementos largos y continuos y la utilización del acero inoxidable para evitar el deterioro del acero a largo plazo. En la rehabilitación estructural realizada sobre la fachada Bolívar fueron implementadas ambas propuestas.

La propuesta de cosido continuo surge de la necesidad de dar continuidad estructural a un muro con varias grietas importantes ubicadas a diferentes alturas de la fachada. La metodología aplicada consistió en la introducción de tensores de barras de acero dentro de conductos circulares preperforados en la mampostería. El resultado de dicha aplicación ha mostrado que era posible desarrollar un sistema de refuerzo poco invasivo, que recorriera internamente los muros estructurales, sin que esto implicara importantes roturas de revoques externos ni pérdidas de seguridad excesivas que requirieran la aplicación de importantes apuntalamientos.

Desde un punto de vista estructural, la aplicación del cosido continuo de fisuras, implicaba reforzar la mampostería con barras de acero resistentes a la tracción apelando para la transferencia de cargas a la adherencia entre hormigón y mampostería, evitando la presencia de anclajes que implicaran la concentración de cargas en los extremos.

#### Metodología de ejecución y control de las perforaciones circulares internas en la mampostería

La ejecución de las perforaciones fue realizada con una máquina ro-

tativa similar a la que se utiliza para extraer testigos de las estructuras de hormigón armado. La máquina fue armada sobre un andamio. El replanteo del recorrido interno de la corona rotatoria, de riguroso control en una pared con eje variable, fue realizado a través de un eje secundario externo a la pared. El eje interno no era perpendicular a las fachadas laterales de la iglesia por lo que hubo que colocar el bastidor de apoyo de la máquina con cierto ángulo en relación a las fachadas. Una vez posicionada la máquina se fijó a la pared con barras roscadas vinculadas con mortero epoxi. La precisión con que fue posible realizar el eje de la perforación fue de 0,5 % lo que se considera suficientemente bueno para un trabajo que implica perforar con brocas en un material relativamente blando.

La perforación lograda fue perfectamente circular y continua, sin desprendimientos, lo que permitió enfilar posteriormente los grupos de barras sin mayores dificultades.

Los grupos de barras consistían en 4 barras de 32 mm de diámetro apoyadas y soldadas a caballetes de acero inoxidable a efectos de evitar puntas sin protección contra la corrosión que pudieran quedar en contacto con la mampostería. Las barras de 32 fueron recubiertas por una capa protectora de Armatec110-Epocem a efectos de evitar los efectos perjudiciales de la corrosión. Los empalmes entre dos tramos de barras fueron realizados por soldadura.

#### Elección, dosificación, preparación, colocación y ensayo de los morteros de relleno

El mortero de relleno para recubrir las barras y llenar en forma plena los espacios debía cumplir con varios requisitos: no tener contracción de fraguado importante, ser de fácil colocación y poseer una resistencia y adherencia suficiente para la función a cumplir.

Luego de realizar varias pruebas con diferentes productos y dosificaciones se eligió un mortero GROUT A de Protex. Se trata de un



Fotografía Nro. 4. Barras ingresando al conducto.




Fotografías Nro. 5 y 6. Colocación de los morteros haciendo uso de una manguera flexible de 50mm. de diámetro.



Fotografía Nro. 9. Hubo que realizar llaves cortas de acero inoxidable para reparar las grietas que, en algunos casos, superaban los 5cm.

mortero de cemento hidráulico especial, con arenas clasificadas y aditivos químicos gracias a las que se obtienen mezclas de gran fluidez, no contractivas y de altas resistencias. De los ensayos realizados, siguiendo estrictamente las instrucciones del fabricante, se obtuvo una resistencia media a los ensayos de 40 MPa y una expansión (en lugar de contracción) de fragüe de 0,1%. El mortero logrado es prácticamente autonivelante y debió ser adicionado con binder de entre 4 y 8 mm. para que pudiera ser aplicado con efectividad en espesores medios.

El ingreso del mortero a las perforaciones se realizó en forma lateral y sin recurrir a más presión de la que origina el vertido. Se controló el llenado completo de las perforaciones circulares a través del rebalse del mortero en los extremos de los conductos. Ver fotografía Nro 8.

La reparación estructural integral de la fachada de Bolívar implicó no sólo realizar llaves continuas sino también llaves cortas de acero inoxidable para coser en vertical la totalidad de las grietas que en algunos casos superaban los 5 cm. Ver Fotografías Nro 9 (abierta) y Nro 10 (reparada) 

\* Jorge Fontán Balestra Ing. Civil  
[jfbalestra@gmail.com](mailto:jfbalestra@gmail.com)

El llenado de las perforaciones circulares se controló por el rebalse del mortero en los extremos de los conductos.



Fotografía Nro. 10. Grieta reparada.