

APRENDIZAJES TÉCNICOS EN OBRAS PÚBLICAS PATRIMONIALES: INTERVENCIONES EN INMUEBLES DE TIERRA

Vanessa Hauway Kong¹, Carolina Aguayo Rojas², Eduardo Hurtado Gajardo³

Unidad de Arquitectura y Patrimonio, Dirección de Arquitectura, Ministerio de Obras Públicas, Chile,
¹vanessa.hauway@mop.gov.cl, ²carolina.aguayo@mop.gov.cl

³ Unidad de Proyectos, Dirección de Arquitectura, Ministerio de Obras Públicas, Chile, eduardo.hurtado.g@mop.gov.cl

Palabras clave: especificaciones técnicas, refuerzo estructural, adobe, quincha

Resumen

La Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas desarrolló desde el año 2020 la ejecución de dos obras de restauración de inmuebles patrimoniales en tierra, donde se obtuvieron grandes aprendizajes, que potenciaron y reforzaron las técnicas constructivas originales de ambas obras, mejorando las prestaciones y resultados obtenidos en el proceso restaurativo. El presente artículo muestra el proceso de restauración de los dos inmuebles, ubicados en dos regiones diferentes del país, enfocados en las técnicas constructivas de tierra y cómo se determinó su modificación con el fin de ejecutar correctamente las técnicas constructivas originales, siguiendo los procesos necesarios dentro del marco de licitaciones públicas y cumpliendo con la normativa vigente. Mediante la comparativa del proceso de ejecución de la Restauración Villa Viña de Cristo en Copiapó, construido en quincha con caña de Guayaquil, en la región de Atacama, y la Restauración de la Iglesia Nuestra Señora de la Merced de Codegua de albañilería de adobe, en la región de O'Higgins, se visualiza como durante la ejecución de las obras, las especificaciones técnicas que surgieron del desarrollo de consultorías de diseño debieron ser modificadas, ya que incorporaban materiales no adecuados y/o incluían intervenciones que afectaban el sistema estructural con el cual fue concebido el inmueble. Fue así como la eliminación de materiales inadecuados, el aprendizaje del oficio de maestros, corrección de mediciones y levantamientos críticos, procedimientos en terreno con las mezclas de tierra, la aplicación de materiales naturales y la incorporación de terminaciones en base a cal de alta pureza, entre otros, mejoraron las prestaciones de los muros y lograron que el proceso de restauración, además de prístino, incorporara la seguridad estructural necesaria, respetando los criterios de intervención de diseño y un elevado nivel de terminaciones.

1 INTRODUCCIÓN

Las iniciativas de intervención de estos dos inmuebles fueron impulsadas y desarrolladas por la Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas (DA-MOP), iniciándose con una consultoría de diseño, elaborada mediante licitación pública por parte de dos consultoras diferentes. La Restauración de Villa Viña de Cristo, fue elaborada por la consultora Tándem en el año 2013¹ y, mientras que la Restauración de la Iglesia Nuestra Señora de la Merced de Codegua fue elaborada por la consultora Arias Arquitectos en el año 2013². Las obras de restauración comenzaron a ejecutarse en los años 2020 y 2021 respectivamente.

1.1 Contextualización de cada inmueble

Para entender las diferencias de ambos inmuebles y como se desarrollaron sus ejecuciones, se contextualiza y describe en la tabla 1 la situación previa de los mismos para el desarrollo de los proyectos de diseño de restauración.

¹ Ingeniero estructural Sergio Contreras

² Ingeniero Gerardo Fercovic

Tabla 1. Contextualización de cada inmueble

Emplazado	Villa Viña de Cristo (Copiapó, Región de Atacama, Chile)	Iglesia Nuestra Señora de la Merced (Codegua, Región de O'Higgins, Chile)
Planta principal situación previa		
Elevación fachada principal situación previa		
Materiales o sistema constructivo	<p>Quincha con caña de Guayaquil, estucos grueso y fino de tierra, afinado en yeso, intervenciones posteriores con estucos cementicios y pintura de esmalte al agua. Cubi Gerardo Fercovic erta de zinc y estructura de techumbre de madera</p>	<p>Albañilería de adobe, con estucos de tierra y pintura a la cal, intervenciones posteriores en albañilerías de ladrillo, hormigón armado, estructuras y revestimientos metálicos, estucos de yeso y pintura sintética</p>
Estado de conservación	<p>Regular: existían diversos daños de origen antrópico, mecánico o ambiental, causados básicamente por el estado de abandono y falta de mantenimiento del inmueble. Entre los daños más recurrentes se encontraban: pérdida de revestimientos, humedad por escurrimientos de agua, corrosión de elementos metálicos, xilófagos en los ornamentos de madera exteriores y deterioro de piezas de madera exteriores por falta de protección y, por ende, exposición excesiva a la radiación solar. Si bien los daños relacionados a lagunas en estucos o enlucidos de terminación no presentaban un riesgo estructural, si pudieran generar daños a futuro, ya que la principal razón de que las maderas de los muros estructurales se encuentren en buenas condiciones, se debe a que éstas han estado protegidas del exterior mediante la capa de estuco de tierra que</p>	<p>Malo: La nave principal de la iglesia se encontraba afectada por un desaplome general en sus muros longitudinales, cuya dirección de caída era hacia el norte. Esta afección se trató con distintos tipos de ortopedia para evitar un eventual colapso del inmueble. En el muro sur y norte de la nave central se observó un grave deterioro en sus bases, presentando desprendimientos de revoques y recubrimientos de madera, pérdidas de masa y socavamientos, debilitando así esta zona del muro, lo que parece consecuencia de la presencia de humedad. Lo mismo ocurría en el coronamiento de los muros, en donde se observaban manchas de humedades y daños por escurrimiento. También se apreciaban intervenciones antrópicas que están asociadas al tapiado y modificación de vanos, incorporación de vigas metálicas, contrafuertes de</p>

	las aísla de las altas temperaturas, de la radiación solar y de los xilófagos	hormigón armado, pérdida parcial de la techumbre y su cubierta etc
Situación previa exterior		
Situación previa interior		

1.2 Proyectos de restauración

Como parte de los antecedentes de la licitación, existe un instrumento orientador para la toma de decisiones por parte del equipo consultor para el diseño del proyecto y es la definición de los criterios de intervención (Calvo, 1997) por parte del Departamento de Patrimonio de la DA MOP, documento que es elaborado según los valores patrimoniales del inmueble, la evaluación del estado de conservación y su destino. Criterios como integración, liberación, reversibilidad o mínima intervención, son algunos de los criterios que van definiendo el alcance de las intervenciones (ICOMOS, 1964), así la consultora durante el desarrollo del diseño indica de qué manera dicho criterio será aplicado en la obra, con procesos constructivos, de análisis, materiales, técnicas, etc. En la tabla 2, se detallan las principales características de los proyectos de diseño de restauración y su estado de conservación de acuerdo con CDT (2012).

Tabla 2. Estado de conservación y características de los proyectos

Inmueble	Villa Viña de Cristo	Iglesia Nuestra Señora de la Merced
Materiales propuestos a utilizar según diseño	Reconstrucción de estructura de techumbre con piezas de madera en pino oregón y reutilización de maderas, estucos de tierra con proporción preestablecida en EETT con yeso en mezclas y afinados, terminación de pintura látex al agua	Malla electro soldada envolviendo muros, con amarre de alambre con escalerillas metálicas cada 3 hiladas. Aplicación de pinturas anticorrosivas a mallas. Incorporación de cemento de un 5% o 1:1 con la cal a los estucos de tierra para mejorar el agarre de las mallas metálicas
Criterios de intervención	Conservación, mínima intervención, autenticidad, integridad, sustentabilidad, reversibilidad, identificabilidad y durabilidad	Reconstrucción, durabilidad, reforzamiento estructural, integridad, sustentabilidad, conservación y autenticidad
Principales acciones a ejecutar	Retiro de estucos cementicios, reconstrucción de cubierta y de altana, incorporación de sistema de drenaje de aguas lluvias perimetrales al inmueble	Desarme controlado de muros laterales de la nave, aplicación de malla electro soldada, renovación de estucos de tierra y cal, reconstrucción de cubierta

Daños principales



Lagunas de estucos en basamentos y zonas puntuales tanto interior como exteriormente.

Aplicación permanente de pinturas no aptas para tierra, la acumulación de humedades y sopladuras de la misma, ocasionó el craquelamiento y desprendimiento de secciones de pintura exterior.



Así mismo, la constante exposición a la radiación solar, mantenía las maderas expuestas a la intemperie en un porcentaje de humedad cercano al 7%, con pérdida de pintura protectora y ataques masivos de termitas voladoras, comunes en la zona.



El entretecho se vio muy afectado por filtraciones aguas lluvias históricas (luego en obra se evidenciaría la razón), generando la humedad de piezas importantes de la estructura de madera, dando las condiciones óptimas para el ataque de xilófagos.



Incorporación de contrafuertes de hormigón armado (sistema incompatible con la arquitectura de adobe) que no fueron ejecutados simétricamente en la nave, teniéndolos en una fachada insertos en los contrafuertes de adobe originales como se ve en la fotografía, dividiéndolos a la mitad y al otro costado de la nave sólo como un apuntalamiento liviano, unidos mediante vigas metálicas de gran dimensión.



Marco de hormigón armado y viga insertada bajo tímpano, esta intervención aumentó el daño y división del tímpano con el muro, además de la pérdida parcial de cubierta.

Los muros longitudinales de la nave de la iglesia estaban desaplomados, uno de ellos alcanzaba los 45 cm. desde su eje vertical, lo que era un riesgo permanente para los trabajadores y no era posible estabilizar.



La calidad de los adobes no permitía su reutilización, por lo que fueron harneados para estucos. Se evidenció que las tierras utilizadas en estos adobes no tenían la cantidad suficiente de arcilla, siendo en su mayoría limo.



1.3 Especificaciones técnicas de intervenciones de tierra

Dentro de los productos a desarrollar por las consultoras, las EETT deben responder no solo a las obras civiles del proyecto, también ser específicos en el procedimiento a ejecutar en intervenciones restaurativas y de análisis (ICOMOS, 2000), así como equipos, maquinarias, herramientas y procesos. Estas pueden ir complementadas por fichas de procedimientos restaurativos que busquen no dejar a posterioridad decisiones en obra (Brandi, 1972). En la tabla 3 se detallan las EETT de intervenciones en tierra de cada proyecto.

Tabla 3. Resumen de especificaciones técnicas de tierra definidas por diseño

Inmueble	
Villa Viña de Cristo	Iglesia Nuestra Señora de la Merced
<p>B.2 Muros. Se considera la reparación de los estucos de tierra y revoques que presenten daños, tales como: fisuración y desprendimientos.</p> <p>B.2.1 Reparación de fisuras y desprendimientos en estucos de tierra. Se consulta la reparación de todas las fisuras y desprendimientos de los estucos de tierra identificados (...), teniendo en cuenta los siguientes pasos:</p> <p>a) Inspección visual Una vez efectuado el retiro del estuco dañado, se deberá realizar una inspección visual de los muros para identificar la totalidad de las grietas y fisuras existentes, de modo de actualizar o complementar el levantamiento crítico. Adicionalmente, se deberán evaluar las zonas sopladas o con riesgo de desprendimiento a través de golpes suaves con la mano o combo de goma.</p> <p>c) Reparación Mediante el uso de un cincel y un pequeño martillo, se procede a la eliminación de las secciones sueltas de estuco de tierra de forma cuidadosa, de manera de eliminar las secciones sueltas,</p>	<p>4.5 Reconstrucción de muros, contrafuertes y campanario de adobes estabilizados de la iglesia.</p> <p>4.5.1 Reconstrucción de muros.</p> <p>4.5.1.1 Confección de Adobes. Se procederá a la confección de adobes con el material reciclado de los muros de la iglesia. En primer lugar, se procederá a la recolección y clasificación del material. Para la elaboración de los nuevos adobes se utilizará tierra harneada, arcillosa y libre de materia orgánica. El material de los adobes será con tierra reutilizada, con un 5% de cal aérea o hidráulica. La carga de mezcla de barro poseerá una relación 65% de tierra arcillosa, 30% arena y 5% de cal, se le adicionará un porcentaje de paja picada del 20% sobre el volumen total. La mezcla se preparará en trompo o betonera común, con agua limpia, libre de impurezas y sales. La mezcla debe tener una plasticidad adecuada, procurando agregar suficiente agua para su manejabilidad, pero que no "escurra" por exceso de ella. La mezcla se dejará reposando de un día para otro, para luego ser vaciada de forma manual con guantes de goma. Los adobes se dejarán secando uno o dos días en la posición horizontal en que fueron vaciados en sus moldes hasta que se puedan manipular, en este momento se comenzarán a voltear para ir asegurando un correcto secado y evitar efectos de retracción y curvatura de los adobes.</p> <p>4.5.1.2 Construcción mamposterías de adobe. Se procederá a la elaboración de los muros en base a una mampostería de adobe armada. Se dispondrán hiladas sucesivas y trabadas según detalles de arquitectura y cálculo. El mortero de pega no sobrepasará los 2,5 cm. Se tendrá especial cuidado en la traba de los adobes en todos los sentidos, especialmente en esquinas, vanos y contrafuertes. El mortero de pega de los adobes será con tierra reutilizada, con un 5% de cal aérea o hidráulica. La carga de mezcla de barro poseerá una relación 65% de tierra arcillosa, 30% arena y 5% de cal. La mezcla se preparará en trompo o betonera común,</p>

pero no soltar secciones que hasta entonces se encontraban correctamente adheridos. Se considera una sección de 15 cm alrededor de las fisuras para poder llegar a superficie sana y estable. La forma de dosificación y características del estuco, se encuentran dadas en el ítem C.4 "Revestimientos" de las presentes EETT.

C.4 Revestimientos

C.4.1 Estucos de barro

En las zonas intervenidas o donde se requiera, se consulta un estuco de barro de 3 cm. de espesor. Este deberá ser aplicado mediante una capa única y requerirá de un secado mínimo de 7 días. Para prevenir la fisuración de los estucos en el periodo de secado de la mezcla, se deberá agregar un mínimo de 5% del peso de la mezcla en cal, además de humectarla mínimo 2 veces al día. Estucos nuevos: Los estucos nuevos serán elaborados con una relación de paja de trigo – barro de 15 kg. De paja por m³ de suelo, considerando un largo mínimo de las fibras de 15 cm.

Revoque fino: Como capa de terminación del muro, se considera la aplicación de un revoque de barro fino de 3 mm. con un 5% del peso de la mezcla en cal. Cabe destacar, que este deberá ser aplicado una vez seco completamente el estuco de barro, vale decir, un periodo mínimo de 10 días después de la aplicación de este. Sobre el revoque fino se aplicará la capa de terminación de pintura de los muros exteriores. En el caso del interior a continuación de éste se aplicará el enlucido de yeso. Se cita publicación de la Cámara Chilena de la Construcción del año 2015 que indica que la mezcla para reparar estucos de tierra debe realizarse según se indica:

Masa plástica: Preparar una masa de suelo sin tamizar con un 20% de yeso. Si el estuco original lleva paja, entonces esta se debe agregar en la misma proporción. Si se desconoce este detalle se puede aplicar alguna de las siguientes mezclas:

con agua limpia, libre de impurezas y sales. La mezcla debe tener una plasticidad adecuada, procurando agregar suficiente agua para su manejabilidad, pero que no "escurra" por exceso de ella. La mezcla se dejará reposando de un día para otro, para luego ser cargada de forma manual con guantes de goma. El espesor de la capa será entre 2,0 a 2,5 cm. Se procederá a instalar escalerillas metálicas formadas por malla electro soldada \varnothing 4,2 mm a 100 según cálculo. La calidad del acero será A- 56- 50 H, dispuestas de forma horizontal entre las hiladas de adobes cada 3 hiladas (según plano Estructuras E-03). En todo caso, estas escalerillas no podrán disponerse a más de cuatro hiladas de altura. Las escalerillas se dispondrán sobre las hiladas de adobes de manera que su ancho supere el del muro en al menos 5 cm por lado. Una vez colocadas las mallas de piel, estas "hebras" de las mallas escalerillas se doblarán para "cazar" las mallas verticales (ver Imágenes pág. 2 Anexo fotográfico).

4.5.1.4 Estabilización muros con mallas electro soldadas de piel.

Se consulta la estabilización de los muros de adobe, con mallas electro soldadas tipo ACMA C-139 o similar técnico, puestas a ambos lados de los muros, clonadas y amarradas a las escalerillas metálicas anteriormente instaladas. Estas mallas irán dispuestas a ambos lados de los muros de modo que trabajen sincronizadas conteniendo el vaciamiento de éstos.

4.5.1.4.1 Preparación muro para colocación de mallas.

Se procederá en primer lugar a sellar el muro con un puente de adherencia compuesto por una mezcla de cal y arena tipo lechada. La dosificación de ésta será de 2:1, (dos partes de cal por una de arena), obteniendo el total recubrimiento de los muros. Se determinará la posición exacta de las escalerillas metálicas horizontales de refuerzo de los adobes para luego trazar su posición en los muros de modo a tomar el cuidado necesario para efectuar el correcto amarre a las mallas de piel. Luego del sello se ejecutará una base de mortero para recibir las mallas. Se consulta una mezcla de cal, cemento y arena para recibir las mallas metálicas tipo ACMA en muros. 4.5.1.4.2 Colocación de mallas de piel tipo ACMA c-139 en muros.

Se colocarán mallas de estabilización por ambas caras de los muros según diseño definido en los Planos y especificaciones técnicas de proyecto de cálculo. Se ejecutarán en mallas electro soldadas tipo Acma C-139 de módulo 10 cm, según cálculo, teniendo especial cuidado que las mallas queden perfectamente adosadas a ambos lados de los muros. Las mallas deben sobrepasar el coronamiento de los muros en una longitud igual al grosor de éstos, para posteriormente ser dobladas y engrapadas contra el collar de amarre superior, también confeccionado en malla. En los vanos, las mallas pasarán de un lado a otro con el fin de reforzar los cantos de éstos. En las uniones de contrafuertes con muro y en general en cualquier unión de pilares con muros o esquinas se proyecta además el refuerzo de éstos con mallas en forma de esquinero L en posición vertical. En los casos de traslape de malla o cualquier encuentro de mallas en el mismo plano y que requieran continuidad se traslaparán en un mínimo de 3 cuadros de 10 cm. Esta unión será amarrada con alambre recocado #18. Se procederá a amarrar las mallas de estabilización verticales (mallas de piel) a las escalerillas metálicas horizontales en cada uno de los puntos de coincidencia de ambas tramas, mediante el doblez de las puntas de las mallas de escalerillas horizontales abrazando las

<p>Alternativa 1: 1 kg. de tierra harneada con malla N°10 + 200 g. de yeso + 3,5l de agua.</p> <p>Alternativa 2: Yeso corriente (si se trata de rellenos menores).</p> <p>C.4.2 Enlucido de yeso. Se consulta la reparación y aplicación de enlucidos de yeso en el interior del Palacete, en las zonas en donde se requiera tanto por reparaciones puntuales, como por canalizaciones u otros, además de un enlucido para emparejar los muros interiores obteniendo una terminación lisa y pulcra antes de aplicar la terminación de pintura. El enlucido variará entre los 2mm a 5mm dependiendo de la carga que se requiera para emparejar.</p> <p>C.13.1 Pinturas muros interiores. Se consulta la aplicación en todos los muros del palacete de una primera capa de 3 manos o las necesarias para obtener un color parejo de látex.</p> <p>C.13.2 Pinturas muros exteriores. Se consulta la aplicación de una primera capa de látex color gris perla para eliminar el color anterior presente en los muros, y la aplicación de un mínimo de 3 manos o las necesarias para obtener un color parejo de látex.</p>	<p>mallas verticales. Una vez hecho este primer afianzamiento se procederá a soldar ambas mallas con soldadura de punto, blanda y flexible, tipo MIG cuidando de no debilitar ninguna de las dos mallas.</p> <p>5.2 Revoques de muro de adobe. Se reintegrarán los revoques de acuerdo a las técnicas originales presentes en la iglesia. Esto es, revoques y estucos en base a arcilla, arena y cal.</p> <p>5.2.1 Reintegración de revoques de barro base.</p> <p>Se contempla el revestimiento de la totalidad del edificio, tanto por el exterior como interior con revoques, estucos y afinados de tierra y cal, manteniendo las tonalidades originales del edificio.</p> <p>Es importante considerar que para los revoques se debe utilizar tierra arcillosa. Para verificar este punto se deberán desarrollar ciertas pruebas de campo. Para esto, el revestimiento de muros se dividirá en tres etapas: a) Revoque: capa que tiene como función cubrir imperfecciones y nivelar la superficie, está compuesto por tierra, paja y cal, la dosificación es 1:1 y 3% de cal. La mezcla se aplica directamente a mano con terminación alisada tipo "guanteado". b) A continuación se efectuará un estuco en arcilla + arena en proporción 1 a 2 aprox. (arcilla-arena) + aditivos tipo dextrina (bajo el 1%), cal 3% hidratada o viva, impermeabilizante polimérico (en el agua de amasado, de ser necesario). La mezcla debe ser estabilizada con arena de modo de reducir al mínimo los efectos de retracción propios de la arcilla durante el secado y obtener una mayor dureza del estuco. Esta capa se aplicará con llana metálica de afinado blanda y se cuidará que la base esté humedecida antes de la aplicación para su correcta cohesión. Ver anexo 1. c) Finalmente se efectuará un afinado, de espesor entre 3 y 6 mm., el cual tendrá la misma dosificación del estuco, pero con la condicionante de que la arena debe ser fina (harneada con harnero n° 20 o superior) y será aplicado con llana. El sellado final será realizado con una esponja húmeda para conseguir una terminación lisa. Las proporciones referidas son volumétricas.</p>
--	--

2 PROCESO DE EJECUCIÓN Y SUS MODIFICACIONES

Al momento de programar y planificar la obra, se consideraron como parte fundamental las EETT tanto de arquitectura como de estructura y adquirir los materiales y herramientas necesarios para su ejecución, además de buscar el equipo de trabajo idóneo. Ante esto, se mencionan en la tabla 4, los ítems que involucraron intervenciones de tierra ya sean estructurales o de terminaciones que fueron modificados, a modo de conocer cómo se abordó la situación.

2.1 Modificaciones realizadas y su proceso de obra

Tabla 4. Partidas en obra modificadas y ejecutadas.

Intervenciones	Inmueble	
	Villa Viña de Cristo	Iglesia Nuestra Señora de la Merced
Principales acciones ejecutadas	Se evaluó mediante un resistógrafo la situación de las piezas de madera de la estructura de techumbre, con esto se determinó que no era necesario el desarme total y se cambiaron las secciones que no cumplían con el requerimiento de resistencia necesario	Reconstrucción de los muros de albañilería de adobes en igual dimensión. Aunque originalmente el proyecto no consideraba el desarme de la fachada principal, la mezcla de intervenciones, materialidades, sistemas constructivos y daños determinó el desarme completo del muro y su reconstrucción en albañilería de adobes con igual diseño

	<p>De acuerdo a proyecto, la altana se sostenía en la estructura de cubierta y no descargaba su peso directo a piso, no obstante, se descubrió que existen 4 pilares de madera desde el piso de la altana que van por dentro de los muros de quincha hasta el nivel de suelo.</p> <p>Se realizó el levantamiento de todos los estucos soplados de la caña y se retiraron. Una vez realizado esto, se reutilizó toda tierra de estucos la cual era arenosa (sector cercano al río) lo que puede ser una de las causales para su desprendimiento. Se mejoró con arcilla nueva, se agregó paja y un porcentaje menor de cal. Se realizaron pruebas sobre las cañas y con la mezcla definida, se realizaron las piscinas y luego se aplicó en todos los muros del inmueble.</p> <p>Se eliminó el afinado de yeso y las pinturas sintéticas o comerciales. En cambio, se solicitó cotizar un producto en base a cal de alta pureza importado de la marca Kerakoll, llamado Biocalce Revoco Tipo 00, alisador natural certificado, eco-compatible, de cal natural pura NHL 3.5 conforme a la norma EN459-1 para el acabado bruñido altamente transpirable de enfoscados, el cual dio un acabado interior muy similar al yeso.</p> <p>La pintura también fue importada de la misma marca y se eligió Biocalce Pintura, pintura mural natural certificada, eco-compatible, a base de cal en pasta pura seleccionada CL 90-S, conforme a la norma EN459-1, y tierras coloreadas naturales, para la decoración transpirable de enfoscados. Dado que, en una obra pública las certificaciones de productos que garanticen la calidad de la intervención realizada son necesarias, la decisión de utilizar estos productos aseguró a la empresa constructora la garantía de la obra ejecutada, justificando así que se realizó un afinado en cal homogéneo en la obra. Se reconstruyeron las canalizaciones de madera de aguas lluvias y forraron de hojalatería para su protección, reutilizando el sistema original pero dejando las bajadas por el exterior de los muros de quincha</p>	<p>Se realizó una zapata de hormigón armado para nivelar muro testero.</p> <p>En los contrafuertes laterales se realizó una zapata individual además del refuerzo de los cimientos de muros de modo continuo. La tierra de los adobes antiguos se utilizó en la confección del mortero de pega para reconstruir los muros.</p> <p>En las mezclas para estucos gruesos, se reutilizó la tierra de los adobes antiguos, se incorporó paja de trigo de la zona (San Vicente de Tagua Tagua), la tierra nueva fue traída de un sólo lugar y fue utilizada solo en los adobes nuevos confeccionados (Linares).</p> <p>Las piscinas de pudrición de barro fueron controladas con fechas de exposición, las cuales eran humectadas y cubiertas con plásticos, llegando a tener de 3 semanas a 1 mes de reposo los materiales, integrando y humectándose para su aplicación.</p> <p>Una vez reposadas las mezclas, se pasaban nuevamente por las betoneras para mezclar y activarlas. La trabajabilidad de la mezcla era medida mediante pruebas de campo, donde las que no cumplían eran devueltas a las piscinas de pudrición.</p> <p>En el estuco fino, también se utilizó la tierra de adobes originales sin mezclar con tierra nueva, se le agregó arena (río Tinguiririca) y guano de caballo seco y harneado.</p> <p>Como habían diferencias entre las EETT de arquitectura y estructura, donde estructura solicitaba la incorporación de un porcentaje mínimo de cemento para los estucos gruesos, a modo de que trabajaran mejor con la malla electro soldada, se determinó la prevalencia de estructura dado principalmente a que durante las pruebas de estucos realizadas sobre la malla, no se vieran fisuradas o agrietadas con la acción mecánica de la malla solo las pruebas que contenían cemento, aunque se determinó la menor cantidad necesaria para que esto ocurriera.</p> <p>Los dos tímpanos se reconstruyeron de quincha sin relleno, la cual se estucó en tierra mediante la incorporación de malla hexagonal, y se unieron a los muros de adobe mediante pletinas las que se encontraban soldadas a la viga collar metálica que cubría los muros.</p> <p>Las mallas electro soldadas quedaron embutidas en los sobrecimientos de hormigón y soldadas a la viga collar metálica, ubicada en el borde superior de los muros. Se instalaron ladrillos de barro aligerado como aislante en cubiertas.</p>
Principales problemas del	Incorporación anterior de estucos cementicios en mayor proporción al	La desactualización y carencia de profundidad del levantamiento crítico.

proyecto ejecutado descubiertas en obra	levantado, sopladura de estucos gruesos de tierra desde la caña, mostrando sectores donde el estuco estaba en constante movimiento al tacto. Desgaste de basamentos de tierra y madera. Levantamiento crítico incompleto, cambios en conceptos estructurales del soporte de la altana. Materiales especificados no adecuados para muros de tierra.	Diferencias en el levantamiento y proyección de los cimientos, ya que tenían una primera parte inferior de albañilería de ladrillos y luego la piedra por los bordes rellena de tierra. Se tuvieron de desarmar los 4 muros de la nave central, la fachada principal que no consideraba desarme debió ser desmontada por los daños ocasionados por las intervenciones de hormigón.
---	--	--

2.2 Criterios abordados para establecer modificaciones en especificaciones técnicas

Se clasificaron las modificaciones según su relevancia, siendo la más importante la estructural, sin perder de vista los criterios de intervención para la conservación y restauración de los inmuebles patrimoniales (ICOMOS, 2003). Luego las compatibilidades de materiales especificados con los adecuados según los sistemas constructivos (Mileto; López-Manzanares, 2017)

2.3 El criterio estructural debe primar al momento de desarrollar una obra pública en un país sísmico como Chile

Para la determinación del contenido se adoptaron las recomendaciones de la NCh 3332 (2013). En dicha norma se concilian los criterios de intervención patrimoniales con recomendaciones de intervención estructural para estructuras en tierra, cuidando que la intervención no provoque la destrucción de la estructura matriz frente a un sismo por cambios de rigideces entre el elemento de refuerzo y el elemento reforzado. Además, permitió definir un sismo de diseño para la intervención con el fin de dar seguridad según los alcances de la norma y poder reforzarla con un fin de ocupación, evitar el colapso y su expresión como ruina.











Los métodos de intervención admisible se detallan en el anexo A de la norma, de los cuales para la intervención en la Iglesia de Nuestra Señora de La Merced de Codegua se escogió el uso de malla electro soldada con una cadena de coronación en acero que permite fijar la malla de un elemento compatible para unirlos y que funcione como confinamiento de los elementos intervenidos. La cadena de acero ayuda a evitar el vaciado de los muros de adobe y consolidar la estructura de techumbre a los elementos verticales para un trabajo en conjunto solidario que puede estimarse con modelos estructurales estáticos según la NCh 3332 (2013).

Por último, siendo Chile uno de los países más sísmicos del mundo y con el objeto de no perder su historia reflejada en los inmuebles patrimoniales de estructuras en tierra, la NCh 3332 (2013) viene a saldar una deuda con el patrimonio histórico remanente de Chile según su historia sísmica para que las estructuras en este material se puedan intervenir con un criterio de estructuras, de manera más o menos homogénea, sistemática y amigable con el inmueble, además de permitir concebir una estructuración reforzada que pueda responder satisfactoriamente ante sismos futuros con un adecuado comportamiento (Carazas; Rivero, 2002)

3 RESULTADOS OBTENIDOS

En ambas obras, las modificaciones realizadas llevaron el sistema constructivo a su origen, mejorando con refuerzos estructurales y con productos adecuados las terminaciones. En ambas, la prioridad fue la estabilidad estructural y el potenciar las características de la tierra como material de construcción. En la tabla 5 se muestra el proceso y los resultados de las intervenciones realizadas.

Tabla 5. Resumen de registros fotográficos durante la ejecución y los resultados obtenidos

Registro fotográfico	Inmueble	
	Villa Viña de Cristo	Iglesia Nuestra Señora de la Merced
De la obra	   	   
De la obra finalizada		



4 REFLEXIONES Y CONCLUSIONES

4.1 Aprendizajes, la importancia del uso de materiales adecuados y el valor de las técnicas constructivas originales

Es necesario ser más exhaustivos con la revisión de las especificaciones técnicas en los procesos de diseño, pues puede que una consultora tenga más o menos experiencia en intervenciones de tierra, pero el inspector fiscal del contrato de diseño debe interiorizarse y exigir que no se incluyan materiales no adecuados al sistema constructivo, que se respeten los criterios de intervención y que la importancia de la técnica constructiva tradicional siempre podrá ser mejorable, pero eso no quiere decir que deba perder su esencia. Debe primar la seguridad y estabilidad estructural dentro de las condicionantes que el inmueble y su sistema constructivo tienen; así mismo respetar la respirabilidad de la tierra como material de construcción, característica fundamental en la higiene del inmueble y la forma como este se enfrentará al paso del tiempo; también conocer en profundidad las limitantes de cada sistema constructivo en tierra; analizar las proporciones de muros, a modo de no llevar el sistema al límite de la deformación ante un evento sísmico. (Jorquera, 2014)

4.2 El valor de los equipos ejecutores

La mayor diferencia de ambas obras fue su equipo ejecutor, la Villa Viña de Cristo no contaba con personal capacitado en tierra, por lo que para ellos esta intervención fue aprendizaje en todo momento, donde se hicieron capacitaciones y pruebas de campo in situ para su comprensión, además de traer a la zona un par de maestros mayores peruanos que aportaron desde su conocimiento al equipo, por lo que el aporte en conocimiento de construcción en tierra de parte de la Inspectoría fiscal de la DA MOP importó a la hora de toma de decisiones. En el caso del equipo ejecutor de la Iglesia de Codegua tenían amplia experiencia en conjunto en intervenciones de inmuebles de tierra, la mayoría había trabajado en ejecución de obras con albañilería de adobe y madera en grandes dimensiones en la Región del Maule, lo que aportó en sus conocimientos y pruebas de campo para mejorar la calidad técnica de cada intervención.

4.3 Conclusiones finales

Ambos proyectos de diseño son buenos, respetaron las características fundamentales del inmueble patrimonial, los criterios de intervención y su sistema constructivo, pero un proyecto siempre puede ser mejorable si se tiene a disposición toda información no visible al momento de un levantamiento crítico, es entendible que comenzado el desarme del inmueble aparezcan situaciones que requieran de nuevos análisis y proyecciones. Para minimizar estas modificaciones es fundamental evitar la incorporación de materiales industrializados, que más allá de que sean ajenos a la técnica tradicional, es que no sean compatibles con las propiedades de la tierra y busquen primariamente un acabado fino y no la expresión y funcionamiento mismo de la tierra como material (ICOMOS, 1994)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Brandi, C. (1972). Carta del restauro. Roma.

Calvo, A. (1997). Conservación y restauración, materiales, técnicas y procedimientos de la A a la Z. Barcelona, España: Ediciones del Serbal.

Carazas, W.; Rivero, A. (2002). Bahereque: Guía de construcción parasísmica. Francia.

CDT (2012).: Evaluación de daños y soluciones para construcciones en tierra cruda. Manual de terreno. Documento Técnico N°32. Santiago: Corporación de Desarrollo Tecnológico.

ICOMOS (1964). Carta de Venecia. Carta internacional para la conservación y restauración de los monumentos y sitios. II Congreso Internacional de Arquitectos y Técnicos de Monumentos. Conseil International des Monuments et des Sites.

ICOMOS (1994). Documento de Nara sobre autenticidad. Nara.

ICOMOS (2000). Carta de Cracovia. Principios para la conservación y restauración del patrimonio construido. Cracovia.

ICOMOS. (2003). Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico. Victoria Falls.

Jorquera, N. (2014). Culturas constructivas que conforman el patrimonio chileno construido en tierra. Revista AUS 16.

Mileto, C.; López-Manzanares, F. V. (2017) Proyecto COREMANS, Criterios de intervención en la arquitectura de tierra. España: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte

NCh 3332 (2013). Estructuras - Intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda - Requisitos del proyecto estructural. Chile: Instituto Nacional de Normalización

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la disposición y generosidad de compartir su experiencia y material de registro a Sandra Aliaga, arquitecta, profesional de obra de la Restauración de la Iglesia Nuestra Señora de Merced de Codegua.

AUTORES

Vanessa Hauway Kong, máster en certificación de diseño sostenible y arquitectura bioclimática, especialista en restauración y conservación arquitectónica, diplomada en construcción en tierra y arquitectura bioclimática, arquitecta, asesora técnica en patrimonio en Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas de Chile, miembro de Gremio de Bioconstrucción Chile. Currículo completo en <https://drive.google.com/file/d/1ZvTBahXTpbd5daC5cIYIWaLFMpFZnS6U/view?usp=sharing>

Carolina Aguayo Rojas, magíster en rehabilitación arquitectónica sostenible, especialista en restauración y conservación arquitectónica, arquitecto, asesora técnica en patrimonio en Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas de Chile, docente parcial en Universidad Tecnológica Metropolitana, Universidad Técnica Federico Santa María y Universidad de Chile. Currículo completo en <https://drive.google.com/file/d/15ekRKLmoyquaHFjSTd4jZrNnYkoCLmpv/view>

Eduardo Hurtado Gajardo, ingeniero civil, diplomado de mejoramiento y difusión de la tecnología para la construcción sismo-resistente en Latinoamérica, diplomado en eficiencia energética y energía solar térmica en la edificación pública, asesor técnico de estructuras en Dirección de Arquitectura del Ministerio de Obras Públicas de Chile. Currículo completo en <https://drive.google.com/file/d/1DE7S6XJ4m2t9J4QzIG45JWBs1E450-PA/view?usp=sharing>