

# EVALUACIÓN DE LA ADHERENCIA DE CAPAS DE AGARRE PARA REVOQUES DE TIERRA SOBRE PAREDES DE TÉCNICA MIXTA

**Gonzalo García Villar**

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC), Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Nacional de Tucumán (UNT), [arqgonzalogv@gmail.com](mailto:arqgonzalogv@gmail.com)

**Palabras clave:** revestimiento, tierra alivianada encofrada, arrancamiento directo, durabilidad

## Resumen

Los revoques de tierra son las capas finales de las construcciones con tierra y su función principal es protegerla de los efectos de la intemperie. Por su compatibilidad en los materiales componentes adhieren mejor y son más durables en muros de tierra que revoques compuestos por otros materiales como el cemento. Las superficies de algunos muros no son homogéneas como el caso de la técnica tierra alivianada encofrada (TAE) donde la madera de la estructura queda expuesta, lo que genera una adherencia diferencial. Esta condición provoca grietas y desprendimientos que puede afectar la protección de los muros y disminuir su durabilidad. Para evaluar la adherencia esta investigación propone acondicionar las superficies del muro de TAE mediante capas de agarre previas a los revoques gruesos, y los evalúan mediante ensayos de arrancamiento directo. Los ensayos confirmaron que la compatibilidad del muro, capas de agarre, y revoques gruesos está dada por la similitud en los materiales componentes, lo cual mejora la adherencia mecánica, a lo que se suma el engrudo de harina que genera una adherencia química. Para el ensayo de arrancamiento directo el valor más elevado fue 0.07 N/mm<sup>2</sup>. La capa de agarre de mejor desempeño estaba compuesta por una pintura de tierra, arena y engrudo de harina de trigo, y posteriormente una mezcla de esta pintura con malhoja como fibra, principal material componente del muro de TAE.

## 1 INTRODUCCIÓN

Los revoques exteriores confieren a los muros una protección adecuada frente a los agentes atmosféricos y biológicos que pueden erosionarla, principalmente en las construcciones con tierra. Al igual que las cubiertas de los techos, son las partes más expuestas a la acción de los agentes ambientales y, por ende, las que sufren mayor degradación (Sosa et al., 2011). Los efectos del intemperismo en los revoques se manifiestan de diversas formas: acción abrasiva del viento, desgaste mecánico por lluvia, lavado por escurrimiento de agua, fisuras provocadas por movimientos sísmicos, por dilataciones y contracciones de los materiales ante cambios de temperatura, fracturas por congelamiento del agua al interior del revoque o degradación por lluvia ácida (Mattone, 2011; Quiñónez; Ayala, 2014). Por otra parte, la importancia en la investigación de los revoques puede evaluarse desde la condición de su ausencia o deficiencia; tales situaciones son causa de múltiples problemas: por ejemplo, en las edificaciones con tierra del ámbito rural y fundamentalmente en las viviendas ranchos, es uno de los principales factores de riesgo en las áreas la proliferación de vinchucas y, con ello, de la Enfermedad del Chagas (Rotondaro et al., 1999; Rolón et al., 2016). Asimismo, malas prácticas como el empleo de mezclas a base de cemento sobre muros con tierra son habituales. Estos revoques resultan en adherencias débiles y, como consecuencia, se agrietan con facilidad frente a cambios bruscos de temperatura e impactos mecánicos. La presencia de fisuras permite el acceso de agua hacia el interior de los muros pero restringe, al mismo tiempo, su posterior evaporación. Este último aspecto es señalado por Stazi et al. (2016) como un factor clave en la pérdida de la adherencia: cuando existe gran diferencia entre el módulo de elasticidad de la pared y el del revoque, los cambios de tensión debidos a sobrecargas, humedad y variaciones de temperatura pueden generar una tensión diferencial posible de dañar la adherencia entre el revoque y la superficie del muro.

Según la norma IRAM 1764 (2003), la adherencia se define como la resistencia a tracción

máxima entre un mortero y un soporte definido. A diferencia de los revocos a base de cemento, aquellos que emplean tierra sola resultan más compatibles con las paredes del mismo material en tanto colaboran en la permeabilidad al vapor de agua y presentan mayor compatibilidad mecánica (Hamard et al., 2013; Minke, 2016). Estas condiciones favorecen la obtención de mejores adherencias entre revocos y soportes, aunque en materiales como madera se reduce la adherencia. Para revestir estos materiales es preciso la aplicación de una capa intermediaria (capa de agarre) que garantice tal adherencia con el soporte. También colabora en evitar que la madera absorba rápido la humedad del revoque recién aplicado, cuestión que puede derivar en un desprendimiento o un craqueo excesivo (Weismann; Bryce, 2009).

En climas húmedos y cálidos, característicos de la ecorregión de selva de Yungas que se desarrolla en el sector Este de la provincia de Tucumán, es fundamental obtener una adecuada aislación térmica e hidrófuga en muros y cubiertas para la preservación de las construcciones y óptimas condiciones de habitabilidad. Esta ecorregión se caracteriza por la presencia de una densa y heterogénea vegetación y por posibilitar el desarrollo de diversas actividades agrícolas como el cultivo de caña de azúcar. A raíz de esta condición, la disponibilidad de pastos y residuos agrícolas de cosecha (RAC), que pueden emplearse como componentes constructivos, es amplia y diversa. En Tucumán y en el Noroeste Argentino el cultivo de la caña de azúcar es la base de la actividad económica regional. El RAC, denominado malhoja<sup>1</sup>, presenta un alto potencial energético que actualmente no está totalmente explotado (Pulido et al., 2010), y posee condiciones para ser utilizada como componente constructivo, en especial para las técnicas de entramado como la tradicional quincha, o bien técnicas de uso actual como la tierra alivianada encofrada (TAE). En ambas técnicas, los sustratos de los muros resultan adecuados para el empleo de revocos de tierra; el material vegetal utilizado, queda expuesto y brinda mejores condiciones de anclaje que en otras técnicas como las mamposterías de adobe o de bloques de tierra comprimida.

Es posible constatar el buen desempeño como aislante térmico de la técnica mixta TAE (Leichtlembau en su término de origen) frente a distintas condiciones ambientales debido al alto contenido de aire remanente en el interior de la masa del muro (Wieser et al., 2020). El uso de esta técnica se presenta como apropiada por el bajo costo de los materiales y la posibilidad de utilizarlo sin la necesidad de herramientas o maquinaria especializada (Minke, 2008); pero, en general, este sistema constructivo aún no presenta una adecuada resolución a dos problemas que se manifiestan en los revocos: la adherencia del revoque sobre la estructura principal de madera; y las fisuras que se transmiten al revoque ante la interrupción de continuidad del sustrato del muro con dicha estructura de madera, provocadas por el secado o por movimientos sísmicos.

El objetivo de este artículo es evaluar la variabilidad de adherencia de revocos de tierra en muros experimentales de tierra alivianada encofrada realizados con malhoja, frente a diferentes configuraciones de capa de agarre, mediante ensayos de arrancamiento directo.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Materiales para muros, capas de agarre y revocos

La tierra utilizada en los paneles, capas de agarre y revocos fue extraída al Oeste de la ciudad de San Miguel de Tucumán, provincia de Tucumán, Argentina. Se caracterizó como franco arcillo limosa en el triángulo textural, con un 26% de arcilla, 64% de limo y 10% de arena obtenidos por el método del hidrómetro 152H (ASTM D-422-63, 2007) y por tamizado en seco. La tierra tiene un índice de plasticidad de 20% obtenido según norma IRAM 10501 (2007) y el coeficiente de actividad de las arcillas es de 0,78, entendido como el cociente entre el índice de plasticidad y el porcentaje de arcilla en las muestras (Skempton, 1953).

---

<sup>1</sup> Todas las hojas y restos de la caña que quedan en las fincas tras la cosecha (Valeiro; Biaggi, 2019)

La arena utilizada fue extraída de la cantera La Aguadita, al Norte de la ciudad de Las Talitas y fue tamizada en tamiz N°10 obteniéndose partículas menores o iguales a 2mm. La fibra denominada malhoja fue un residuo agrícola de cosecha obtenido en forma de megafardo de la Ciudad de Los Ralos, al Este de Tucumán, Argentina.

Finalmente se preparó una tierra base para realizar paneles, capas de agarre y revoques que consistió en una mezcla de 3 proporciones de la tierra desagregada, y 1 proporción de bosta desagregada, ambas tamizadas en tamiz N°10, agua hasta tapar la superficie, y estacionada 30 días.

Para algunas capas de agarre se preparó engrudo de harina de trigo, y además se utilizó malhoja, tela de lienzo y tela de arpillera.

## 2.2 Preparación del muro experimental de TAE

Para llevar a cabo la evaluación de revoques experimentales en laboratorio se realizaron tres paneles de TAE. Estos fueron hechos con tabla de obra de pino de 1" x 5", y sus dimensiones 0,8m x 0,8m, con 3 tablas separadoras equidistantes dentro del panel. Estas tablas sirvieron para realizar los ensayos. El prototipo de panel se muestra en la figura 1.

La tierra para la elaboración del relleno del panel se diluyó en agua corriente, por 7 días, siendo removida una vez al día para lograr la humectación. El encofrado se realizó con tablas de obra de 1" x 5" atornilladas a la estructura maestra del panel experimental. El procedimiento consiste en embeber la malhoja en barbotina - tierra en estado viscoso-, escurrir todo el líquido hasta que no chorree, y llenar con la mano el panel encofrado, ocupando todos los huecos. Luego del relleno total se dejó secar durante 28 días para la ejecución de las capas de agarre y revoques.

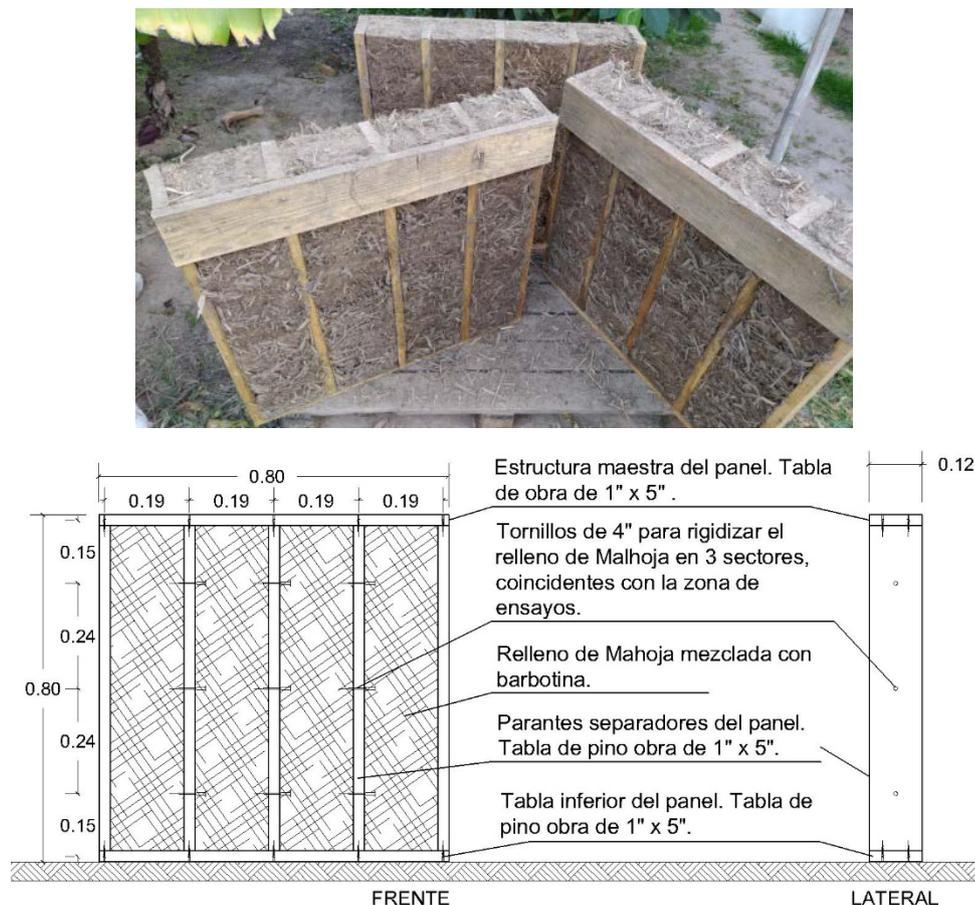


Figura 1. Paneles de TAE

### 2.3 Definición de dosificaciones de revoques

Para determinar la dosificación del revoque a utilizar se definieron cuatro muestras diferentes, presentadas en la tabla 1.

Tabla 1. Composición de las muestras

Identificación	Composición en volumen
T	tierra desagregada (1)
TB	tierra base= tierra: bosta (3:1)
TA	tierra base: arena: malhoja (1:1:0,5)
TA4	tierra base: arena: malhoja (1:4:1)

El objetivo es lograr un revoque estable, firme, que no se fisure, con la menor retracción posible para que en el proceso de secado no se desprenda del soporte, es decir que no provoque disminución en la adherencia. Las tres muestras fueron sometidas a dos test simples de laboratorio: retracción lineal y adherencia por golpe.

#### a) Retracción lineal

Para la realización del test de retracción lineal se prepararon las muestras con cantidad de agua necesaria para lograr estado plástico. Fueron mezcladas durante 2 minutos y colocadas en los moldes correspondientes al test, cuyas dimensiones son 60cm x 4cm x 4cm. Se las deja secar durante 15 días en un ambiente con una temperatura de 25°C y una humedad constante. Para finalizar, se observan las retracciones lineales en forma de encogimiento de la muestra o en forma de grietas, y se miden en milímetros los espacios vacíos.

#### b) Adherencia por golpe

Para la realización del test de adherencia por golpe se adaptó el procedimiento propuesto por Minke (2008), reemplazando ladrillos comunes por el reverso de un cerámico de 24cm x 20cm, dado que los segundos presentan una superficie más homogénea y estandarizada que los primeros. Se preparan las muestras con cantidad de agua necesaria para lograr plasticidad, se humedece la superficie posterior del cerámico y se aplica con un espesor de 1,5cm. Se dejan secar de forma horizontal durante 7 días en un ambiente con una temperatura de 25°C y humedad constante. Luego, a las muestras de revoque que no se desprendieron del cerámico se le aplican golpes con un martillo de goma en la parte central del frente del cerámico con caída desde un ángulo recto en forma de péndulo como se muestra en las figuras 5 y 6, hasta lograr desprendimientos.

### 2.4 Ejecución de capas de agarre y revoques gruesos

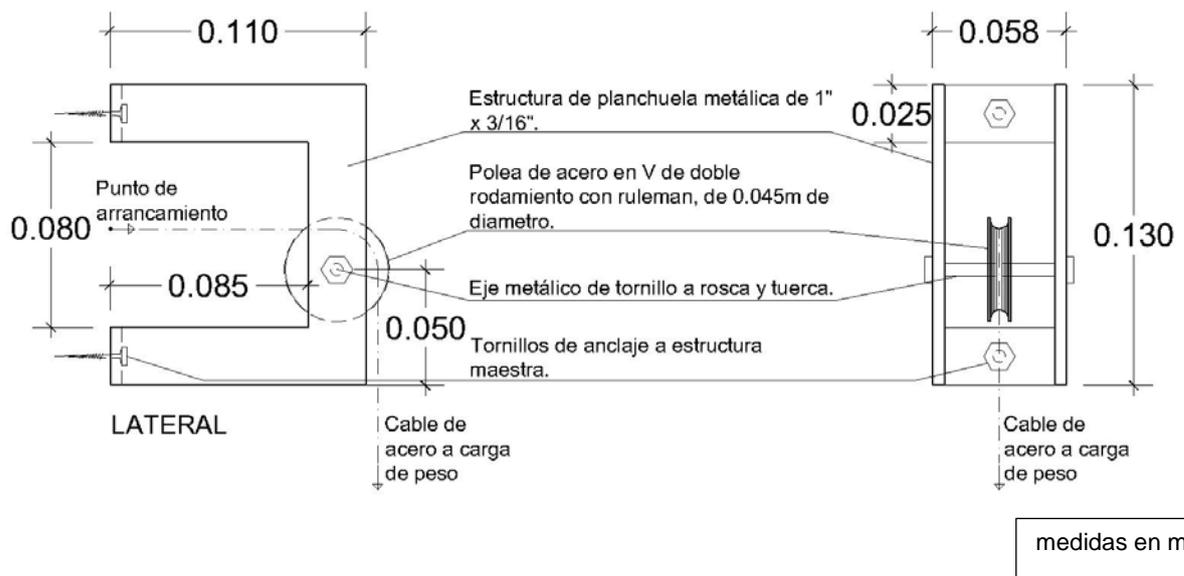
Se realizaron 3 paneles experimentales de TAE, correspondiente cada uno a un tipo de capa de agarre propuesto. Las capas de agarre están compuestas por una pintura y un elemento de los tres propuestos: malhoja, lienzo y arpillera. De esta forma el panel 1 se ejecutó con pintura a base de tierra en estado viscoso, el panel 2 con una pintura a base de engrudo de harina de trigo, y el panel 3 con una pintura a base de una mezcla de arena, tierra en estado viscoso y engrudo de harina de trigo. A su vez en cada uno de los paneles se ejecutaron tres tipos de elementos finales para el ensayo de arrancamiento. Sobre la madera vertical izquierda se colocaron seis capas de agarre equidistantes de malhoja, lienzo en la central y arpillera en la derecha. Cada elemento se embebió en la pintura correspondiente al panel de trabajo antes de adherirlas. El tamaño de las capas de agarre es de 14cm x 70cm, al igual que el revoque final. La figura 2 muestra las capas de agarre y los revoques finales.



Figura 2. Capas de agarre y revocos por panel

### 2.5 Ejecución de ensayo de arrancamiento directo

Para el ensayo de arrancamiento directo se fabricó un instrumento de medición que consiste en una estructura metálica atornillada a la estructura maestra del panel, esta estructura tiene una polea canal de 2.5cm de diámetro en la parte inferior externa sujeta mediante tornillo roscado y tuerca, por la que desliza el cable conectado a la pieza vinculada al revoque. Sobre el cable se amarra un recipiente plástico al que se le agrega peso para lograr el arrancamiento, 500 g cada 20 segundos, como propone Hamard (2013). La pieza que se vincula directamente al revoque es un rectángulo de chapa de 6cm x 8cm con un gancho para agarrar el cable, y está adherida con pegamento epoxi para elementos de construcción y anclajes Sikadur-31. Este instrumental es una adaptación del explicitado en la norma IRAM 1764 (2003). En la figura 3 se expone el instrumental.



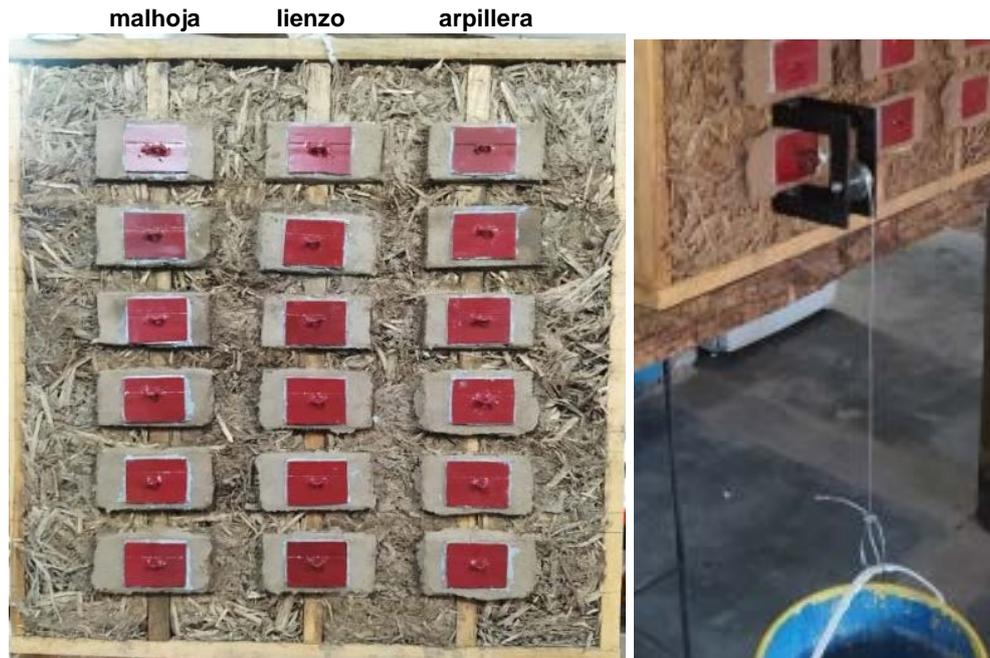


Figura 3. Muestras e instrumental de arrancamiento directo

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 3.1 Retracción lineal

Los resultados de las cuatro muestras se exponen en la tabla 2 y en la figura 4.

Tabla 2. Retracción lineal

Muestra	Retracción lineal (mm)	
	longitudinal	transversal
T	44	4
TB	35	4
TA	21	2
T4A	2	0

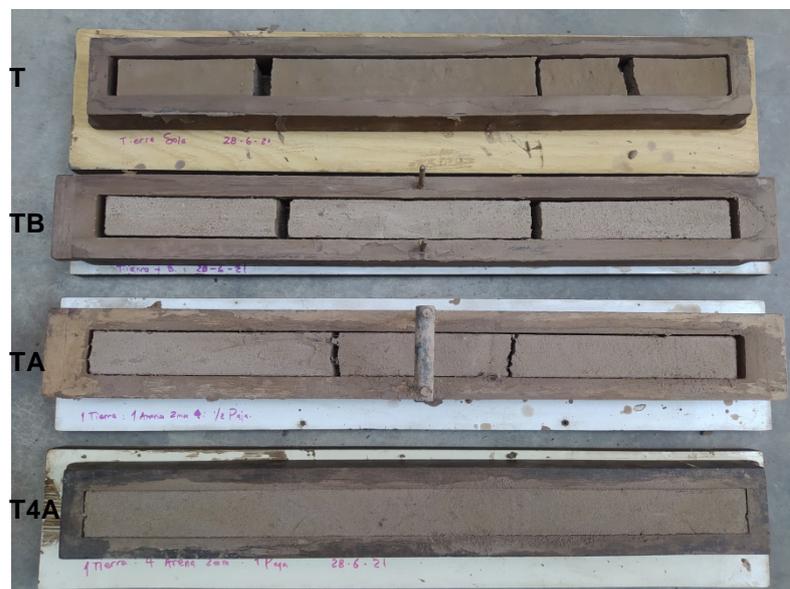


Figura 4. Resultados retracción lineal

### 3.2 Adherencia por golpe

Las muestras secas se exponen en la figura 5, y resultados del test de adherencia por golpe se muestran en la tabla 3.

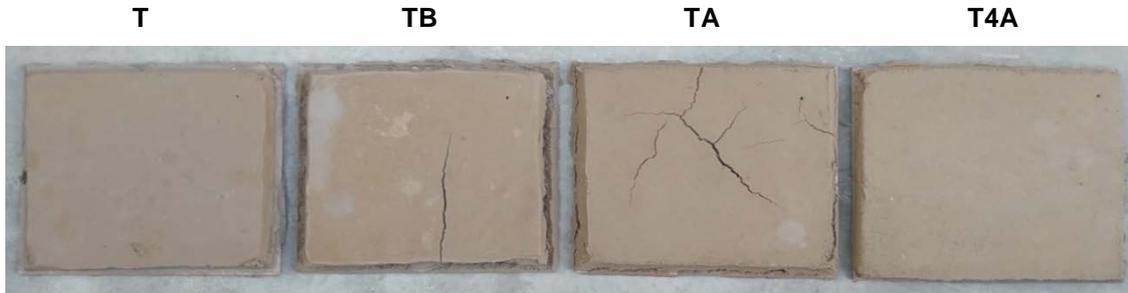


Figura 5. Muestras secas para ensayo de adherencia por golpe

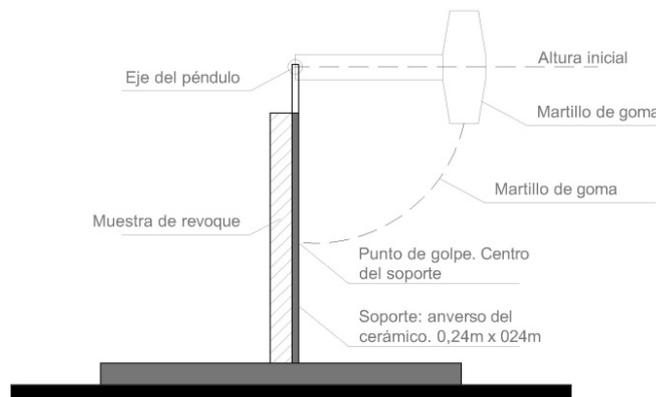


Figura 6. Test de adherencia por golpe

Tabla 3. Resultados de adherencia por golpes

Muestra	Grietas	Retracción (mm)	Adherido	Cantidad de golpes
T	no	8	no	0
TB	sí	8	no	0
TA	sí	0	sí	4
T4A	no	0	sí	14

Finalmente se eligió la muestra T4A para la ejecución de la totalidad de los revocos, porque fue la de menor retracción lineal, y en el test de adherencia por golpe se mantuvo adherida, y además fue la de mayor resistencia a golpes. En orden de desempeño le sigue la muestra TA, la TB, y finalmente la T, aunque en el test de adherencia por golpes la muestra TB presentó una grieta y la T ninguna, es notable la diferencia en el test de retracción en la retracción longitudinal con 44mm para la muestra T y 35mm para la muestra TB.

### 3.3 Arrancamiento directo

Los resultados obtenidos en el ensayo de arrancamiento directo exponen que las capas de agarre de mejor comportamiento fueron las del panel 3, que combinaron la pintura de tierra, engrudo de harina y arena en proporciones iguales, junto a malhoja, cuya resistencia de

adherencia promediada entre las 6 muestras ensayadas fue de  $0.07 \text{ N/mm}^2$ . En orden de resistencia le siguen también en este panel la que utilizó lienzo, con un promedio total de  $0.6 \text{ N/mm}^2$  y finalmente la que utilizó arpillera, con un  $0.05 \text{ N/mm}^2$ .

De acuerdo con los resultados de resistencia al arrancamiento, la pintura de mejor comportamiento fue la mezcla de arena, tierra en estado viscoso y engrudo de harina de trigo (panel 3), seguida de la tierra (panel 1) y, por última, la de engrudo de harina de trigo (panel 2).

Los resultados se exponen en la tabla 4, y el proyecto de investigación se expone en la figura 7 mediante un organigrama explicativo.

Tabla 4 – Resultado del arrancamiento directo

Muestra	Pintura	Arrancamiento directo ( $\text{N/mm}^2$ )		
		Malhoja	Lienzo	Arpillera
Panel 1	Tierra en estado viscoso	0.05	0.03	0.01
Panel 2	Engrudo de harina de trigo	0.02	0.01	0.01
Panel 3	Tierra, engrudo, arena (1:1:1)	0.07	0.06	0.05

( $1 \text{ N/mm}^2 = 10 \text{ kgf/cm}^2$ )

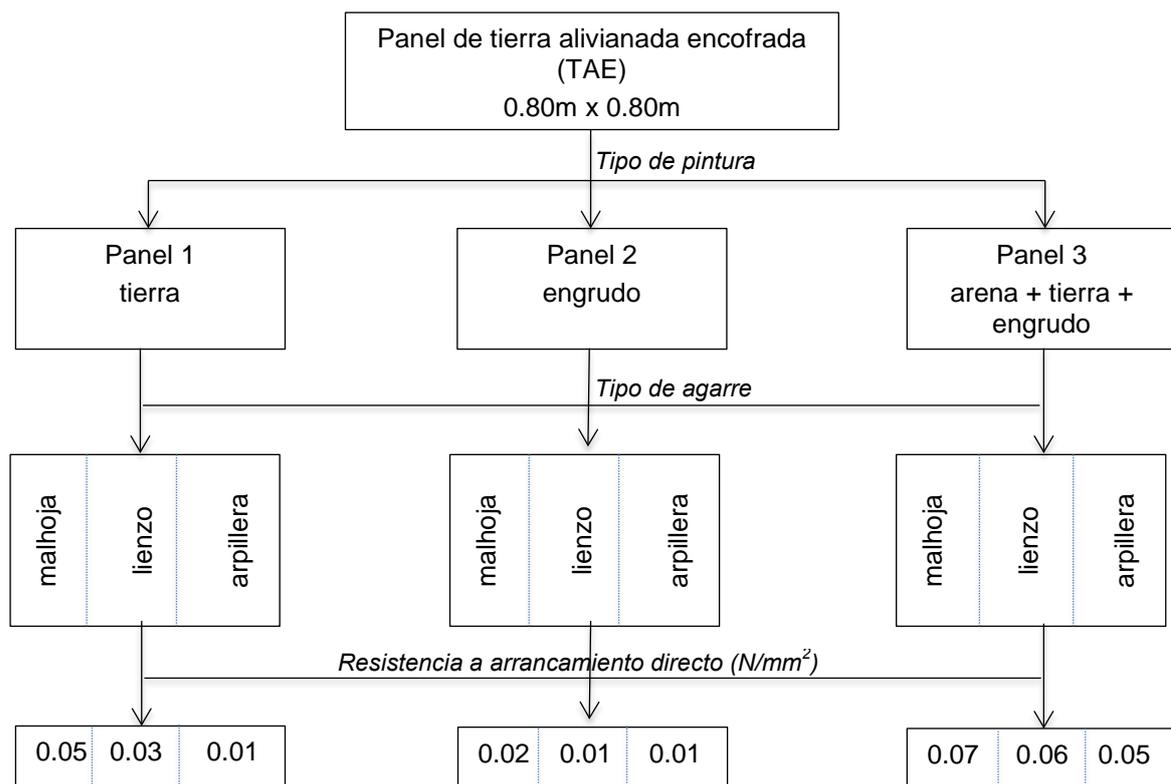


Figura 7. Organigrama del proyecto de investigación con resultados

En referencia al panel al que solo se le aplicó pintura de engrudo cabe destacar que las capas de agarre tendían a desprenderse en el momento de aplicar el revoque, situación que expone la importancia de agregar el engrudo mezclado con otros materiales, como se llevó a cabo en el panel 3, y no como pintura única.

#### 4 CONSIDERACIONES FINALES

La capa de agarre de mejor comportamiento estaba compuesta por una pintura de tierra, arena y engrudo de harina, y se completaba con el elemento malhoja. De esto se interpreta que los materiales constituyentes, tierra, arena y malhoja generan una adherencia mecánica durante el secado, por trabazón entre ellos mismos, y con el sustrato en el que fueron aplicados, constituido por malhoja y madera. Por otro lado, también se interpreta que se genera una adherencia química, dada por la actividad de las arcillas, tanto para dar cohesividad a las muestras durante la preparación y el secado, como para unirse al sustrato que también está constituido por tierra con contenido de arcilla y cuya madera se pinta antes de aplicar la capa propiamente dicha. Además, se interpreta que el agregado de engrudo de harina de trigo también genera adherencia química.

Si bien todas las capas de agarre que estaban constituidas por la pintura antes mencionada fueron las de mejor comportamiento, es importante destacar que en comparación entre los elementos agregados – malhoja, lienzo y arpillera - la malhoja obtuvo las mejores resistencias para los dos tipos de ensayo. Se interpreta que se genera una continuidad en el sustrato, del mismo material con el que está constituido el muro, diferente a lo que sucede al aplicar elementos como lienzo o arpillera, materiales que no fueron incorporados en otra parte del sistema. Incluso la malhoja que constituye el muro y la capa de agarre, también se incorporó al revoque, obteniéndose de esta forma materiales similares en sustrato, capas de agarre y revoques, lo que permite concluir que la similitud de materiales constituyentes del conjunto mejoraría la cohesión interna y la adherencia final del conjunto. Esta similitud en materiales permitiría un comportamiento conjunto ante posibles movimientos sísmicos o cambios de temperatura dado por análogos módulos de elasticidad.

Para futuras investigaciones se propone complementar los ensayos realizados con otros ensayos de corte o cizallamiento.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM D422-63 (2007). Standard test method for particle-size analysis of soils. USA: ASTM International.

Hamard, E., Morel, J., Salgado, F., Marcom, A., Meunier, N. (2013) A procedure to assess the suitability of plaster to protect vernacular earthen architecture. *Journal of Cultural Heritage*. p.109-115.

IRAM 10501 (2007). Determinación del límite líquido (LL) y del límite plástico (LP) de una muestra de suelo. Índice de fluidez (IF) e índice de plasticidad (IP). Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

IRAM 1764 (2003). Método de ensayo de adherencia de los revoques y las carpetas. Argentina: Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

Mattone, M. (2011). Intonaci in terra e gesso per la protezione delle costruzioni in terra cruda. *Construcción con tierra. Tecnología y Arquitectura. Congresos de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos* [online]. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. p. 315-322.

Minke, G. (2008). *Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial Fin de Siglo, Montevideo.

Minke, G. (2016) *Revoques de barro; mezclas, aplicaciones y tratamientos*. BRC Ediciones, Buenos Aires.

Pulido, G.; Risso, M.; Rearte, M.; Abdelhamid, S. (2010). Peletizado de residuos agrícolas cosecha de caña de azúcar. Publicado online en <https://www.inti.gov.ar/publicaciones>.

Quiñónez, F., Ayala, V. (2014) Evaluación de la adherencia de revestimiento en paredes construidas con tierra mediante un equipo de laboratorio autoconstruido. Twelfth LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Entineering and Technology, Guayaquil. p.1-10.

Rolón, G., Olivarez, J., Dorado, P., Varela Freire, G. (2016) Las construcciones del espacio domiciliar y peridomiciliar rural como factores de riesgo de la Enfermedad de Chagas. Universidad de Buenos Aires: *Construcción con Tierra*. p. 57-68.

Rotondaro, R., Cécere, M., Castañera, M., Gürtler, R. (1999) Propuesta para mejorar la vivienda rural en zonas afectadas por el Mal de Chagas. Santiago del Estero, Argentina. Estudios de Hábitat Vol. 2 (6). p. 5-16.

Skempton, D. (1953). The colloidal "activity" of clays. International society for soil mechanics and geotechnical engineering. p. 57-61.

Sosa, M., Latina, S., Castellote, M., Ferreyra, I., Chaila, J. (2011) Monitoreo de revestimientos de muro construidos con tierra. Caso Amaicha del Valle, Tucumán. In: Libro de Resúmenes del Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 13. Valparaíso: Duoc/PROTERRA. p.1-12.

Stazi, F., Nacci, A., Tittarelli, F., Pasqualini, E., Munafó, P. (2016) An experimental study on earth plasters for earthen building protection: The effects of different admixtures and surface treatments. Journal of Cultural Heritage p.27-41.

Valeiro, A.; Biaggi, C. (2019). Revisión crítica de la evolución tecnológica de la cosecha de la caña de azúcar en la Argentina. Revista de investigaciones agropecuarias. p. 31-43.

Weismann, A., Bryce, K. (2009). Enduits y peintures naturels, á base de chaux ou de terre. Editorial La plage. P.161

Wieser, M.; Onnis, S.; Meli, G. (2020). Desempeño térmico de cerramientos de tierra alivianada. Posibilidades de aplicación en el territorio peruano. Revista de Arquitectura (Bogotá), 22(1), 164-174. <https://doi.org/10.14718/ReArq.2020.2633>

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor agradece a Guillermo Rolón por el aporte y seguimiento en este artículo.

## **AUTOR**

Gonzalo García Villar, Arquitecto, doctorando en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNT. Becario doctoral de CONICET con lugar de trabajo en CRIATiC. Diseñador en permacultura por el Instituto Argentino de Permacultura. Diseñador, director y constructor de diversas obras de arquitectura de tierra y bioclimáticas. Miembro de la red argentina PROTIERRA.