

INVESTIGACION TEÓRICO-PRÁCTICA SOBRE LA CULTURA CONSTRUCTIVA REGIONAL EN LAS TERMINACIONES DE MUROS DE TIERRA CRUDA EN DOS CLIMAS DE ARGENTINA

Giulia Scialpi¹; Natacha Hugón²; Rodolfo Rotondaro³

¹ Facultad de Arquitectura, Universidad de Roma La Sapienza - giulia.scialpi@gmail.com

² Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires / centro CIDART – natachahugon@gmail.com

³ Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires / CONICET – rodolforotondaro@gmail.com

Palabras clave: revoques finos, suelos estabilizados, cultura constructiva, materiales locales, auto-construcción.

Resumen

Este trabajo presenta una síntesis de los avances de la investigación, realizada en el marco del programa Arconti (IAA – FADU UBA), que apunta a indagar, registrar, procesar y difundir los saberes empíricos de las culturas constructivas regionales en relación a las terminaciones de muros de tierra cruda, con particular enfoque sobre los revoques finos con tierras arcillosas y arcillo-arenosas, para su utilización en los procesos constructivos contemporáneos. Los objetivos principales son dos: a) rescatar, a través de su conocimiento empírico y su estudio, las técnicas tradicionales en cuanto expresión cultural de una región que se convierten en un saber práctico estrictamente vinculado al entorno, cuya transmisión suele dificultarse por encontrarse aislada; y b) elaborar y evaluar una metodología de trabajo que permita una elección consciente de las materias primas a utilizarse en base a la situación climática-geográfica y al entorno local, dirigida tanto al auto-constructor como al profesional, quienes muchas veces suelen desconocer las potencialidades de los materiales locales y se encuentran obligados a utilizar recursos industriales o de importación. A nivel metodológico la investigación se articula en tres áreas de análisis: 1) Material – función. En este área se definen las propiedades, el proceso productivo, la disponibilidad y el costo económico de los componentes principales de los revoques; 2) Material – técnica constructiva y de aplicación. Enfocada a describir y experimentar las herramientas y las técnicas de aplicación para revoques; 3) Material – área geográfica. Restringe, en primera instancia, el campo de investigación a dos zonas bioclimáticas de Argentina y posteriormente a países limítrofes para poder intercambiar datos y examinar las experiencias de otros investigadores. Los resultados presentados permiten comparar, a través de ensayos de laboratorio y de campo, las propiedades de distintos tipos de revoques finos actualmente utilizados por profesionales y auto-constructores.

1. INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de bibliografía sobre la temática referida a las terminaciones en construcciones de tierra cruda se comprobó que la misma es escasa, en general. La mayoría de las veces la temática es tratada en el contexto más amplio de los manuales de construcción con tierra, sin una atención particular sobre los procesos constructivos y los materiales a disposición.

Por otro lado, a la hora de profundizar la temática, se encuentran estudios aislados llevados a cabo en marcos institucionales (Houben; Guillaud, 1984; Guerrero Baca, 2007; Rotondaro et al, 2009; Minke, 2011, 2013; entre otros), que a veces no tienen contacto con las experiencias prácticas particulares (de la autoconstrucción y de la construcción dirigida por profesionales) que aprovechan tradiciones y usos locales.

Con este trabajo se pretende comenzar a compilar y clasificar el conocimiento existente, integrando el saber empírico local con los avances logrados por la investigación científico-tecnológica, para favorecer las buenas prácticas y la importante difusión de estos saberes.

1.1 Antecedentes

En la región ibero-americano existen varios centros que desarrollan actividades de

investigación sobre el tema, tanto en el ámbito público como privado.

Dentro del panorama argentino actual son antecedentes a tener en cuenta las investigaciones sistemáticas de los grupos de trabajo y centros de la Red PROTERRA en varias provincias: Jujuy, Salta, Tucumán, La Rioja, Mendoza, San Juan, Córdoba, Santa Fé, Buenos Aires, Río Negro y Chubut, principalmente. Se destaca a nivel nacional el centro CRIATIC (Centro Regional de Investigación de Arquitectura de Tierra Cruda) de la Universidad Nacional de Tucumán.

En Francia el centro internacional CRATerre de Grenoble es un referente importante en este ámbito, por su larga experiencia a nivel de formación e investigación.

En países como Italia, Alemania, Reino Unido, Canadá y Nueva Zelanda existen muchas organizaciones y empresas, la mayoría privadas, que trabajan para impulsar la utilización de revoques y pinturas naturales certificadas.

Fuera del ámbito formal se cuenta con las experimentaciones llevadas a cabo por los auto-construtores y los profesionales en las obras y con las tradiciones propias de cada lugar, muchas de las cuales aún viven y se transmiten.

1.2 Relevancia del tema

Para entender la relevancia de la temática es necesario analizar el rol que las terminaciones cumplen en términos de proceso constructivo (limitándonos en este trabajo a los revoques finos) y como manifestación de la identidad cultural de un lugar.

Las técnicas tradicionales en revoques, así como la elección de materiales y pigmentos, forman parte de la expresión cultural de una región que se convierten en un saber práctico estrictamente vinculado al entorno y cuya transmisión suele dificultarse, a veces, por encontrarse aislada, o incluso puede llegar a perderse.

Por otro lado las terminaciones, que corresponden a una segunda fase en el desarrollo de la obra una vez concluida la obra gruesa, cumplen un papel fundamental: garantizan la durabilidad de la construcción protegiéndola de la intemperie y aportan un valor estético la mayoría de las veces también cargado de simbolismos. En la construcción con tierra, su buena ejecución es aún más importante, para que la arquitectura de tierra se pueda visualizar alejada del prejuicio que suele desvalorarla y asociarla a una construcción de baja calidad, subestimando la innovación tecnológica que hoy en día nos permite cumplir con las exigencias de salubridad y durabilidad aceptables.

Los revoques ecológicos actuales, utilizados en bio-construcción, son similares en apariencia y técnica de aplicación a sus homólogos convencionales y al mismo tiempo aportan numerosas ventajas: un ciclo de vida ejemplar con un impacto ambiental reducido (Melia et al, 2014), un buen confort térmico, la protección de paredes contra la humedad y la ausencia de sustancias tóxicas o nocivas para personas, animales y plantas (Minke, 2013).

También se destaca el potencial de “inclusión de género” que el trabajo de revoques naturales ofrece, pues permite rescatar la presencia de las mujeres en la obra, teniendo en cuenta su rol ancestral como ejecutoras de las terminaciones del hogar.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos generales

La investigación apunta a registrar y rescatar las culturas constructivas regionales vinculadas a las terminaciones de muros de tierra cruda a través de su conocimiento empírico y su estudio.

A partir del relevamiento y análisis de estos conocimientos, la investigación podrá elaborar una metodología que permita escoger una opción alternativa a los productos que se encuentran en el mercado, buscando una opción más saludable, de menor costo e impacto

ambiental, conforme al clima y a los materiales disponibles localmente, sin necesidad de recetas.

2.2 Objetivo específico

Investigar, registrar y evaluar los materiales disponibles (en relación a sus propiedades, al proceso constructivo y a los costos relativos) para lograr la composición de un revoque que responda de manera apropiada a las características requeridas por el entorno de cada caso concreto.

3. METODOLOGÍA

El estudio previo de metodologías referenciales y de la bibliografía específica sugirió articular la investigación en tres áreas de análisis.

3.1 Material – función

En esta área se definen las propiedades, el proceso productivo, la disponibilidad y el costo económico de los componentes principales de los revoques clasificados según su función:

- a) Aglutinantes: unen fragmentos de uno o más materiales para formar un conjunto compacto.
- b) Hidrófugos: reducen la absorción capilar del agua y la permeabilidad del revoque, inhibiendo en cierta medida la capacidad de transformación del revoque en barro plástico nuevamente.
- c) Estabilizantes: se agregan al barro en estado plástico para mejorar su estabilidad una vez seco, proporcionando al revoque una mejor resistencia al desgaste producido por el uso o los agentes atmosféricos y una menor retracción, reduciendo de esta forma su necesidad de mantenimiento a lo largo del tiempo.
- d) Fijadores: aplicados superficialmente garantizan la durabilidad del revoque brindándole cierta impermeabilidad y aumentando la cohesividad del material (aceite de lino, aceite de cocina reciclado, jugo de cactus fermentado, agua de arroz, etc.).
- e) Pigmentos: aportan color a la terminación (en esta investigación se utilizaron solo pigmentos minerales, los óxidos de hierro).

3.2 Material – técnica constructiva y de aplicación

A la hora de elegir un revoque fino se deben tener en cuenta múltiples variables:

- a) El sustrato: se debe analizar o elegir el tipo de sustrato sobre el cual se aplicará el revoque fino. Si se trabaja arriba de un revoque ya existente, deberá estar firme y sin grietas o irregularidades profundas, en caso contrario deberá repararse convenientemente ya que muchas patologías son relativas a problemáticas estructurales o a la técnica de elevación de la pared, y no directamente relacionadas al tipo de revoque.
- b) La técnica de aplicación: la técnica puede variar en función de la mano de obra a disposición o de las condiciones del sustrato, en línea general puede ser manual, fratasado, llaneado, bruñido, al fieltro.
- c) Las herramientas de mano: en la fase de preparación del revoque se puede elegir si mezclar el material manualmente o con una mezcladora mecánica, en todo caso se debe contar con tamices finos; en la fase de aplicación, en función de la técnica elegida, se necesitan distintas herramientas como baldes, cuchara, fieltro, fratacho, llana, brocha.
- d) El tipo de revoque: en primera instancia es fundamental definir si el revoque se aplica al interior o al exterior.

Para los ensayos de esta investigación se decidió utilizar como sustrato, un revoque grueso (a base de tierra, arena y paja) sobre bastidores de quincha, aplicado manualmente con fratacho. Los finos, ensayados solo para exterior, son aplicados con llana.

3.3 Material – área geográfica

Los revoques tradicionales son una expresión de los recursos de un lugar, al mismo tiempo nos ofrecen una alternativa más sustentable por utilizar materiales locales sin necesidad de traerlos de otros lugares. En esta investigación se decidió trabajar en dos zonas bioclimáticas de Argentina según norma IRAM 11603 (1996) en la Ciudad de Buenos Aires (zona IIIb - clima templado cálido) y en la ciudad de El Bolsón Provincia de Río Negro (zona VI - clima muy frío).

Estos dos lugares se diferencian no solo a nivel climático sino también por tratarse de una zona urbana (Buenos Aires) y de una zona rural.

Posteriormente la investigación se extenderá a países limítrofes para poder intercambiar datos y examinar las experiencias de otros investigadores.

4. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Diseño de ensayos

Para diseñar los ensayos de esta investigación se plantearon las siguientes pautas:

a) Propiedades del revoque fino: durabilidad (buena adherencia al sustrato; resistencia a los agentes de erosión); elasticidad (conforme al sustrato y a la flexibilidad de la estructura para evitar la formación de grietas); permeabilidad (para evitar fenómenos de condensación que podrían ocasionar desprendimientos o la formación de hongos).

b) Variables: tipo de suelo (suelo de Buenos Aires y suelo de El Bolsón); técnica de aplicación; exposición (diferente zona bioclimática, exposición Norte y Sur).

c) Constantes: sustrato constituido por un revoque grueso a base de suelo arcilloso o arcillo-arenoso, paja, arena, agua, aplicado sobre bastidores de quincha; revoque fino de base (R1) realizado con arena fina tamizada, suelo arcilloso tamizado fino, agua.

d) Aditivos: se añaden a los revoque a base de tierra para mejorar sus prestaciones sin afectar su adherencia al sustrato. Los aditivos pueden variar el aspecto y el tiempo de secado de los revoques además de su durabilidad y “reversibilidad”, por ejemplo un revoque estabilizado con cemento o cal será más difícil de reciclar (Didier-Feltgen, 2005). Los aditivos se pueden añadir a la mezcla del revoque o aplicar superficialmente. Los aditivos ensayados en esta investigación se seleccionaron al ser los más utilizados por profesionales y auto-construtores de las zonas geográficas objeto de estudio (tabla 1).

Tabla 1. Aditivos utilizados

Nombre	Función	Origen	Proceso productivo	Adquisición	Precio ¹	Observaciones
Aceite de lino doble cocido	Hidrófugo, endurece	Aceite de lino crudo	Industrial: resultante de la cocción de aceite de lino crudo y secantes	Ferreterías, madereras	10,65 USD/1l (fuente: Sodimac)	Precio elevado. Se puede reemplazar con aceites de cocina
Cal aérea	Aumenta las propiedades mecánicas, acelera el proceso de endurecimiento	Rocas calizas, cal viva	Industrial: obtenida por calcinación de la caliza, que fragua en contacto con aire ambiente	Ferreterías, corralones	4,12 USD/20kg (fuente: Canasta materiales ²)	Es muy corrosiva para el trabajo manual, debe utilizarse protección

Caseína	Aglutinante, sellador, reduce la retracción	Proteína de la leche	Se puede extraer del queso por medio de amoníaco	Se puede comprar en polvo o extraer de la leche	1,65 USD/0,2 kg leche en polvo (fuente: lista precios cuidados)	Difícil adquisición. Se obtiene como derivado de otro lácteo
Ceniza de madera	Reduce la retracción, aumenta la resistencia mecánica	Madera	Producto de la combustión de la celulosa	Entorno doméstico	Gratis	Mejora la textura de la mezcla. Debe estar bien fina.
Cola vinílica	Mejora la adhesión	Polímero del acetato de vinilo	Industrial	Ferreterías, corralones	5,35 USD/1kg (fuente: Easy)	Aumenta la elasticidad del revoque
Cemento	Endurece el revoque y lo hace secar más rápido, reduce la retracción	Rocas calizas, arcillas	Industrial: mezcla de rocas calizas y arcilla cocidas a temperatura elevada, luego se añade yeso y se reduce a un polvo fino	Ferreterías, corralones	4,61 USD/40kg (fuente: Canasta materiales ²)	Es muy corrosivo para el trabajo manual, debe utilizarse protección
Emulsión asfáltica	Hidrófugo, ignífugo, mejora resistencia a la erosión	Petróleo	Industrial: mezcla de asfalto con emulsificantes	Ferreterías, corralones	27.37 USD/18kg (fuente: Easy)	Oscurece la mezcla. Puede disminuir la adhesión del revoque al
Engrudo	Aglutinante, hidrófugo, aumenta resistencia a la abrasión y	Harina, agua	Casero: resultante de la cocción de harina y agua	Tiendas alimentarias	0,70 USD/kg harina (fuente: lista precios cuidados)	Mejora la trabajabilidad de la mezcla.
Estiércol	Aumenta las propiedades mecánicas	Fibras vegetales	Digestión y excreción de fibras vegetales por un ganado	Viveros, granjas, hipódromos	Gratis	Mejora las propiedades de la mezcla si se lo deja fermentar
Jugo de cactus fermentado	Aglutinante, hidrófugo	Plantas de cactus familia Opuntia	Casero: resultante de fermentación de las hojas de cactus	Entorno natural	Gratis	Buena relación calidad – precio
Papel de diario	Reduce la retracción	Fibras de celulosa	Industrial	Puestos de diario	Gratis	Favorece la erosión
Óxido de hierro	Pigmento, agrega color	Hierro	Industrial: compuestos químicos formados por hierro y oxígeno	Ferreterías, corralones	4,41-6,60 USD/kg según color (fuente: mercado libre)	Es indispensable hidratar antes de incorporar a la mezcla
Yeso o tiza	Endurece el revoque y lo hace secar más rápido	Sulfato de calcio hidratado o piedra de aliež	Industrial: deriva de la calcinación del sulfato cálcico	Ferreterías, corralones	8,21 USD/25 kg (fuente: Canasta materiales ²)	Fácil de adquirir. Listo para usar

¹ Los precios en pesos argentinos fueron convertidos a dólares estadounidenses según el cambio oficial en la fecha de redacción del artículo 1 USD= AR\$9,06.

² Canasta materiales para la construcción CABA y GBA

Tabla 2. Materiales y probetas

Sustrato: revoque grueso sobre quincha mejorada													
Probeta ^{2,3}	Dosificación (porcentaje en volumen) ¹												
	Aditivos												
	Aceite de lino d.c.	Aceite reciclado	Estiércol	Cal-Caseína (2:1)	Cal-Mucilago	Cemento	Ceniza de madera	Co.l.ca.	Emulsión asfáltica	Engrudo	Papel de diario	Pigmento (óxido de hierro)	Tiza
RF1.1	4%		30%							30%		X	
RF1.2.4	4%								4%				
RF1.2.6	4%								6%				
RF1.3			30%	20%								X	
RF1.4	4%							30%					
RF1.5	4%		30%				50%			30%		X	25%
RF1.6		4%				8%					30%		
RC1.1	4%		30%							30%		X	
RC1.2.4	4%								4%				
RC1.2.6	4%								6%				
RC1.3			30%	20%								X	
RC1.4					30%								
RC1.5	4%		30%				50%			30%		X	25%
RC1.6	4%				8%						30%		

¹ Los porcentajes son en función de la cantidad de suelo

² RF1 (suelo tamizado, arena fina tamizada, agua) mezcla base clima muy frío

³ RC1 (suelo tamizado, arena fina tamizada, agua) mezcla base clima templado-cálido:

4.2 Selección del suelo

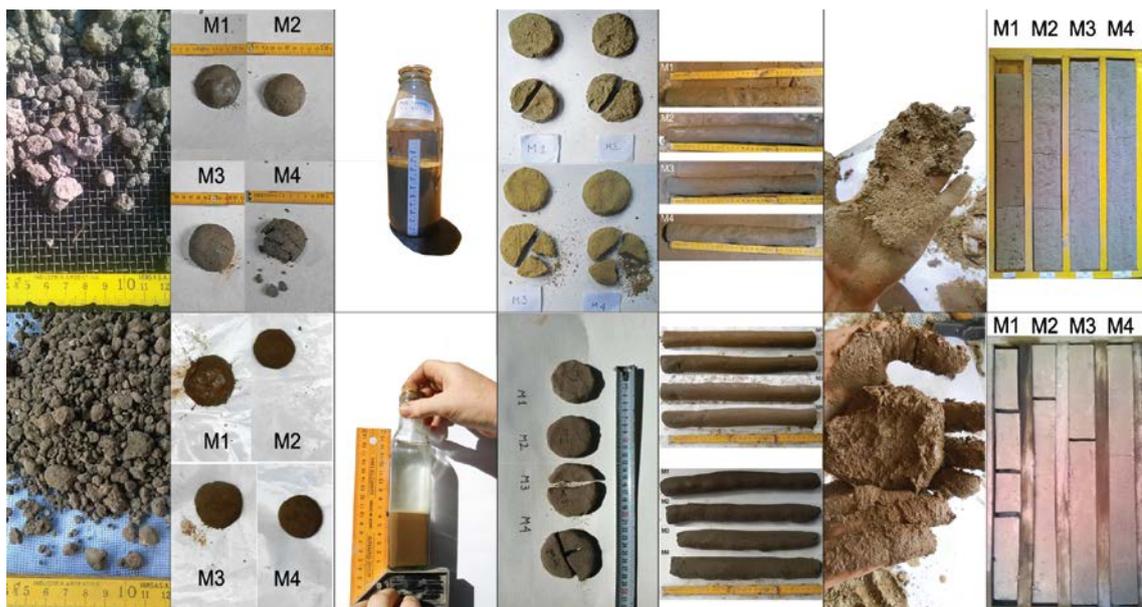


Figura 1. Ensayos sensoriales: arriba suelo de El Bolsón; abajo suelo de Buenos Aires

Antes de empezar con los ensayos sobre revoques se procede a la identificación del suelo a utilizarse. Sobre las muestras M1 (suelo solo); M2 (1 suelo, 1 arena); M3 (1 suelo, 2 arena); M4 (1 suelo, 3 arena) se realizan los siguientes testeos preliminares: test táctil-visual, test de

la caída de la bola, test de sedimentación, test de resistencia en seco, test de plasticidad, test de exudación, test de retracción lineal (figura 1).

Estos testeos permiten además de establecer el contenido de arena necesario para estabilizar las mezclas base de los revoques (RF1 y RC1).

A partir de estos ensayos se obtuvieron los siguientes resultados: a través del test táctil-visual, del test de sedimentación y de exudación, se supuso que ambos suelos son de alta plasticidad, ricos en partículas finas y bastante cohesivos en estado húmedo. La proporción adecuada de arena para estabilizarlos, correspondiente al doble del suelo (muestra M3), fue sugerida por el test de caída de la bola, test de resistencia en seco, test de plasticidad y de retracción lineal, aunque en el suelo de Buenos Aires las muestras parecen oponer más resistencia a la ruptura y ser menos cohesivas comparadas con las de El Bolsón.

4.3 Preparación de los materiales

Ambos suelos se tamizaron en seco con tamiz IRAM número 18 (1 mm) y se hidrataron con agua por lo menos 15 días antes de su utilización. La arena utilizada en Buenos Aires es de río, tan fina que no necesitó ser tamizada. En cambio la arena utilizada en El Bolsón es arena de cantera, que se tamizó con tamiz IRAM número 35 (0,5 mm).

4.4 Realización del test de abrasión

Ubicación: laboratorio J. Belanko (El Bolsón, Río Negro).

Equipo y herramientas: moldes para baldosín-probeta (10 cm x10 cm x2 cm); balanza electrónica; calibre electrónico; cronometro; máquina con cepillo metálico (figura 2).

Materiales y técnicas: probetas de baldosas con cara vista plana (10 cm x10 cm x2 cm) de mezclas para revoques finos con diferentes aditivos (tabla 2).

Descripción del ensayo: el ensayo consiste en ejercer una presión y una velocidad constante por medio de un cepillo metálico (de bronce) contra la superficie de la probeta, durante un tiempo establecido.

Las probetas se pesan antes de comenzar el ensayo y al finalizarlo y la diferencia de peso establece el valor de la abrasión. Según la ecuación:

$$\Delta_a = P_i - P_r \quad (1)$$

Donde:

P_i = peso inicial de la probeta (g)

P_r = peso resultante de la probeta ensayada (g)

Δ_a = peso material desprendido (g)

Para el ensayo de desgaste por abrasión se suele utilizar la Máquina Dorry. Ya que en laboratorio no se cuenta con dicha máquina, se utilizó un dispositivo que si bien no replica exactamente su funcionamiento, nos permite homologar los resultados, pudiendo comparar diversos prototipos ensayados de esta forma. Para esto es necesario que el dispositivo asegure idénticas condiciones en cada una de las posibles variables (granulometría del abrasivo, presión ejercida en la zona ensayada, velocidad de rotación del abrasivo y duración del ensayo). El dispositivo utilizado se compone de un soporte para un cepillo metálico con peso propio de 2,2 kg, regulado para que efectúe 20 rotaciones por minuto (Minke, 2011). Como duración del ensayo se establecieron tres minutos (60 rotaciones).

4.5 Realización del test de goteo

Ubicación: laboratorio J. Belanko (El Bolsón, Río Negro); laboratorio centro CIDART (CABA, Buenos Aires).

Equipo y herramientas: batea plástica contenedor; cronometro; equipo para administración de soluciones de macro-goteo (guía); ladrillos de apoyo para probetas; tanque de diez litros de capacidad (figura 2).

Materiales y técnicas: probetas de baldosas con cara vista plana (20 cm x20 cm x2 cm) de mezclas para revoques finos con diferentes aditivos (tabla 2).

Descripción del ensayo: el ensayo de goteo sirve para comprobar la resistencia a la erosión hídrica de los revoques. Dentro de una batea plástica de suficiente capacidad se colocan dos ladrillos de canto que sostendrán las probetas en forma horizontal evitando que quede sumergida por el agua vertida. Se instala un tanque, lleno de agua, con capacidad de mínimo diez litros conectado a una manguera con regulador de goteo, colocada a una altura de dos metros y medio. La tapa del tanque permanece abierta para permitir el flujo de aire. El goteo suministrado sobre la probeta es de una gota por segundo. Se toma el tiempo necesario para que la probeta sea perforada y atravesada completamente, momento en el cual el ensayo se da por terminado. Estos ensayos se deben realizar en un local cerrado para evitar las corrientes de aire que pueden desviar la caída de la gota y alterar el resultado (Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2012).

4.6 Realización del test de retracción lineal

Ubicación: laboratorio J. Belanko (El Bolsón, Río Negro); laboratorio CIDART (CABA, Buenos Aires).

Equipo y herramientas: cajón de Alcock; calibre electrónico (figura 2).

Materiales y técnicas: se ensayan mezclas para revoques finos con diferentes aditivos (ver tabla 2). Los componentes de las mezclas se miden en seco. El contenido de agua será el suficiente para lograr una buena plasticidad, en lo posible homogéneo en todas las mezclas ya que cuanto más agua contienen mayor es la contracción.

Descripción del ensayo: la mezcla se coloca en unos cajones de madera tratada con fondo (cajón de Alcock), cada cajón se divide en compartimentos cuyas dimensiones interiores son (8,5x60x3,3 cm). Cada compartimiento podrá contener una mezcla diferente. Las mezclas se dejan secar en un lugar ventilado, protegidas de la radiación solar directa y de toda variable que pueda comprometer o acelerar excesivamente el proceso de secado (mayor a siete días). La retracción lineal se mide, una vez completado el proceso de secado, parando el cajón y midiendo el espacio que se generó entre las muestras y la parte superior y lateral del cajón. La medida se toma con calibre electrónico. Es posible también apreciar cualitativamente las fisuras que se pueden generar. El porcentaje de retracción representa la relación entre el largo de la muestra después del testeo y el largo de la muestra en el estado original (Ashour; Derbala, 2010). Se puede calcular con la ecuación:

$$\text{retracción}(\%) = (\Delta L \div L) \cdot 100\% \quad (2)$$

Donde:

ΔL = diferencia del largo de la muestra en estado húmedo y seco

L= largo de la muestra en estado húmedo

4.7 Armado de bastidores para el ensayo de resistencia a la intemperie

Ubicación: laboratorio J. Belanko (El Bolsón, Río Negro); El Cobijo Urbano (San Martín, Buenos Aires).

Equipo y herramientas: baldes; cuchara; clavos; fratacho; martillo; regla; sierra (figura 2).



Figura 2. Dispositivos de ensayo: 1) Ensayos sensoriales; 2) Moldes para probetas; 3) Cajón de Alcock y calibre electrónico; 4) Bastidores; 5) Tanque capacidad 10 litros; 6) Máquina con cepillo metálico y balanza electrónica.

Materiales y técnicas: se realizan bastidores con la técnica de la quincha. El bastidor queda orientado sobre el eje Este-Oeste para que las superficies queden expuestas a la orientación Norte y Sur, al fin de comparar la resistencia del revoque en las dos orientaciones opuestas. Se aplican las mezclas de finos que dieron los mejores resultados en los ensayos de laboratorio.

Descripción del ensayo: además de las pruebas de laboratorio, cuyos resultados pueden ser parciales debido a la escala reducida de las muestras y a la imposibilidad de volver a crear las mismas condiciones climáticas y de uso, se realizaron unos bastidores de quincha cuya dimensión es de un metro de ancho por dos metros de altura. En cada bastidor se aplican dos mezclas diferentes sobre ambas caras. Estos bastidores se expondrán a la intemperie, colocados por arriba de un sobre-cimiento y protegidos por un alero de mínimo 50 cm, para simular las condiciones reales de la pared. El ensayo dura un año para que se puedan registrar los resultados de la exposición del revoque a las cuatro estaciones.

Monitoreo: el monitoreo del ensayo, que tiene la finalidad de relevar los cambios ocurridos en las muestras, se efectúa una vez por semana durante el periodo de secado, en el curso del segundo mes una vez cada 15 días, a partir del tercer mes una vez cada 30 días.

Análisis de los resultados: se analiza de forma comparativa la durabilidad, la fisuración, la adherencia al sustrato, la resistencia a la erosión de los agentes atmosféricos (lluvia, viento, granizo, heladas). Al momento de la redacción de este artículo se armaron los bastidores en el área de El Bolsón listos para recibir los revoques finos.

5. PRINCIPALES RESULTADOS

Los principales resultados obtenidos se presentan en la siguiente Tabla 3. Los aditivos ensayados brindaron una resistencia a la abrasión parecida en ambos suelos. Algunos, como la emulsión asfáltica y la ceniza de madera mejoraron la resistencia tanto a la abrasión como a la erosión hídrica. La ceniza en particular es un material atractivo, por ser barato y

fácil de conseguir sobre todo en zonas rurales, por eso en este momento se están realizando ensayos sobre la tierra estabilizada únicamente con ceniza. Por otro lado, la observación de revoques contenientes emulsión asfáltica en las obras ubicadas en el área de El Bolsón demostró una escasa adhesión al sustrato en el caso de una infiltración de agua, ya que la emulsión genera una película que tiende a desprenderse en láminas grandes.

Tabla 3. Comparación de los resultados obtenidos según materiales y ensayos

Probeta	Aditivos ¹	Abrasión (g)	Goteo (min)	Retracción lineal (%)
RF1	200% arena	35	220	0,21%
RF1B	200% arena, 30% estiércol	25	135	0,3%
RF1.1	200% arena, 30% estiércol, 4% aceite de lino doble cocido, 30% engrudo	66	266	0,3%
RF1.2.4	200% arena, 4% aceite de lino doble cocido, 4% emulsión asfáltica	33	68	-
RF1.2.6	200% arena, 4% aceite de lino doble cocido, 6% emulsión asfáltica	13	240	0,5%
RF1.3	200% arena, 30% estiércol, 20% cal-caseína	105	780	0%
RF1.4	200% arena, 30% estiércol, 4% aceite de lino doble cocido, 30% colca	86	635	0,26%
RF1.5	200% arena, 30% estiércol, 4% aceite de lino doble cocido, 50% ceniza, 25% tiza, 30% engrudo	13	95	0,25%
RF1.6	200% arena, 4% aceite de cocina reciclado, 8% cemento, 30% pulpa de papel de diario	80	170	0,21%
RC1	200% arena	17	305	0,26%
RC1.1	200% arena, 30% estiércol, 4% aceite de lino doble cocido, 30% engrudo	6	416	0,32%
RC1.2.4	200% arena, 4% aceite de lino doble cocido, 4% emulsión asfáltica	52	-	-
RC1.2.6	200% arena, 4% aceite de lino doble cocido, 6% emulsión asfáltica	-	285	0,48%
RC1.3	200% arena, 30% estiércol, 20% cal-caseína	93	816	0,08%
RC1.4 ²	200% arena, 30% cal-mucilago	189	398	-
RC1.5	200% arena, 30% estiércol, 4% aceite de lino doble cocido, 50% ceniza, 25% tiza, 30% engrudo	4	172	0,18%
RC1.6	200% arena, 4% aceite de cocina reciclado, 8% cemento, 30% pulpa de papel de diario	66	105	0,17%

¹ Los porcentajes son en función de la cantidad de suelo.

² La probeta RC1.4 se disgregó en el curso del ensayo de abrasión.

El estiércol brindó una mejor resistencia a la abrasión pero no mejoró la resistencia a la erosión hídrica, probablemente por absorber más rápidamente el agua.

El engrudo aumentó la resistencia a la abrasión, sin embargo es un aditivo complejo de manejar por su necesidad de ser añadido a la mezcla poco antes del uso para evitar que se pudra, las probetas contenientes engrudo secaron más lentamente en los dos climas y en muchos casos dieron resultados muy variables debido a la fermentación a lo largo del proceso de secado.

La cal-caseína reaccionó muy bien a las pruebas de erosión hídrica y retracción lineal, redujo la pulverización y puede ser utilizada con éxito como base para una pintura por su color claro pero no dio buenos resultados en el test de abrasión. Además resulta difícil

conseguir caseína en polvo y su preparación es más elaborada: para estos ensayos se recurrió en Buenos Aires al uso de queso fresco y en El Bolsón cortando la leche en polvo con limón, sin substanciales diferencias en los resultados.

El aceite de lino doble cocido en el área de El Bolsón fue difícil de conseguir, teniendo que ser remplazado por aceite para madera sin diferencias en los resultados. Utilizado como sellador, pintado sobre probetas de suelo estabilizado solo con arena, dio muy buenos resultados al test de abrasión (desgaste de uno a dos gramos) y resistió más de 12 horas al test del goteo sin presentar ninguna marca de la gota, unos resultados parecidos se lograron con el aceite de cocina reciclado que constituye una alternativa interesante y más ecológica al aceite de lino.

Es importante señalar que el ensayo al goteo es un ensayo económico realizable aunque no se disponga de un laboratorio, no obstante requiere un seguimiento muy estricto ya que las guías suelen desregularse con el paso del tiempo debido al cambio de presión ejercido por el agua contenida en el tanque. Otro dato a tener en cuenta es la disminución de la eficacia del impacto de la gota sobre la superficie de la probeta, debido a la acumulación de agua al interior del hueco producido por la misma, para obviar a este problema se podría reducir el espesor de la probeta a un centímetro o inclinarla.

6. CONCLUSIONES

Los ensayos realizados hasta ahora permitieron probar y analizar las propiedades de algunos materiales, mezclas y aditivos de uso común. En particular su capacidad de proporcionar al revoque fina resistencia a la erosión hídrica y a la abrasión, y de reducir los fenómenos de contracción y fisuración.

Al ser similar la composición de los suelos en ambos climas, no se encontraron diferencias significativas en los resultados de los ensayos de laboratorio, a exclusión del tiempo de secado de las probetas, mucho mayor en clima frío, que sugiere descartar ciertos aditivos o inclinarse a la selección de los que reduzcan los tiempos de secado. No obstante se espera observar un mayor rango de comportamiento en los materiales en el ensayo a la intemperie, al ser el clima la variable más notable.

La metodología y el desarrollo de la investigación sugieren un paso a paso que a partir del análisis de las características del suelo, permite establecer si hace falta y en qué medida estabilizarlo primariamente con arena y sucesivamente, según las variables dadas, qué aditivos agregarle. Es notorio que algunos aditivos, por su proceso productivo, parecen adaptarse mejor al cronograma y a la logística de una obra de autoconstrucción más que a los de una obra profesional.

Sin embargo los resultados obtenidos permiten evaluar especialmente la interacción entre aditivos e inducen a realizar nuevos ensayos sobre el suelo estabilizado con un solo aditivo a la vez para obtener resultados enfocados en las propiedades de cada uno.

Los ensayos se completarán con el ensayo a la absorción de humedad y el ensayo de lluvia simulada, y con el monitoreo anual del ensayo a la intemperie, con los cuales se podrán obtener resultados comparativos completos en cuanto al comportamiento de los prototipos de revoques diseñados y ensayados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ashour, T.; Derbala, A. (2010). Shrinkage of natural plaster materials for straw bale buildings affected by reinforcement fibers and drying. CIGR Journal vol. 12 n°1. Disponible en <http://www.cigrjournal.org>. Acceso Diciembre 2014.

Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT (2012). Evaluación de daños y soluciones para construcciones en tierra cruda. Documento técnico n°32. Disponible en <http://www.cdt.cl>. Acceso Junio 2015.

Didier-Feltgen, L. (2005). Les enduits en terre. Mémoire DSA-Terre 2002-2004. École d'architecture de Grenoble. Laboratoire CRATerre-EAG.

Guerrero Baca, L.F. (2007). Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. Revista Apuntes, vol. 20, N° 2: 182-201. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. Colombia. Disponible en <http://apuntes.javeriana.edu.co/> . Acceso Junio 2015

Houben, H.; Guillaud, H. (1984). Earth Construction Primer. CRATerre/UNCHS-PCD-CRA-AGCD. Brussels. Belgium.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (1996). IRAM 11603 - Acondicionamiento térmico de edificios - Clasificación bioambiental de la República Argentina.

Melia, P.; Ruggieri, G.; Sabbadini, S.; Dotelli, G. (2014). Environmental impacts of natural and conventional building materials: a case study on earth plasters. ELSEVIER. Disponible en <http://www.journals.elsevier.com/journal-of-cleaner-production>. Acceso Junio 2015.

Minke, G. (2011). Shrinkage, abrasion, erosion and sorption of clay plasters. Informes de la Construcción Vol. 63. Disponible en <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es>. Acceso Septiembre 2014

Minke, G. (2013). Revoques de barro: mezclas, aplicaciones y tratamientos. Bariloche: BRC ediciones.

Rotondaro, R.; Cacopardo, F.; Patrone, J.C.; Rolón, G. (2009). El empleo de la tierra cruda en áreas urbanas pobres. Algunas propuestas para mejorar la vivienda auto-producida en barrios de Buenos Aires y Mar del Plata, Argentina. CD VIII° SIACOT- II°SAACT "Arquitectura de tierra y hábitat sostenible". Tucumán, Argentina. 8 al 13 de junio 2009.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Nora y Jorge Belanko que pusieron a disposición su laboratorio ubicado en la ciudad de El Bolsón (Río Negro) para el desarrollo de esta investigación.

AUTORES

Giulia Scialpi, arquitecta; investigadora en el Programa ARCONTI-FADU UBA, Buenos Aires; responsable del área de proyecto en el grupo ECOHACER Bioarquitectura y Bioconstrucción, El Bolsón.

Natacha Hugón, docente en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires; investigadora de proyecto en el Programa ARCONTI- Instituto de Arte Americano- Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires; Co-directora del Centro CIDART(Capacitación, investigación y diseño en arquitecturas de tierra).

Rodolfo Rotondaro, doctor arquitecto, profesor adjunto e investigador CONICET en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires. Director del Programa ARCONTI-IAA, FADU UBA. Responsable temático Cátedra UNESCO "Arquitectura de Tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible"(CRATerre/UNESCO. Realiza tareas de investigación, docencia, diseño, transferencia y extensión en el campo de la Arquitectura de Tierra y las Tecnologías Sociales.