

EL EMPLEO DE LA TIERRA CRUDA EN AREAS URBANAS POBRES

Propuestas para mejorar la vivienda autoproducida en barrios de Buenos Aires y Mar del Plata, Argentina

Rodolfo Rotondaro; Fernando Cacopardo; Juan Carlos Patrone; Guillermo Rolón

Instituto de arte americano e investigaciones estéticas "Mario J. Buschiazso",

FADU – UBA –, FAUD- UNMdP - CONICET

C.e.: rotondarq@telecentro.com.ar ; fcacopar@mdp.edu.ar Tel/Fax: (+54-11) 4789-6270

Palabras clave: tierra cruda, tecnología, vivienda urbana, pobreza

RESUMEN

En este trabajo se presentan resultados de una línea de investigación enfocada en la producción de aportes de gestión participativa y de tecnología constructiva con empleo de tierras seleccionadas estabilizadas. Los objetivos están orientados al desarrollo de nuevos materiales, elementos y sistemas constructivos con empleo de tierra cruda, posibles en el contexto de la autoproducción de la vivienda popular, en barrios del periurbano de Buenos Aires y Mar del Plata, con la participación de pobladores locales, universidades, Conicet, organizaciones no gubernamentales y empresas privadas. En el marco de esta estrategia, se avanzó en el diseño, construcción y evaluación de prototipos de materiales, componentes básicos y elementos para pisos, paredes, y revoques, con empleo de suelos seleccionados y estabilizados.

Se aportan resultados en relación a los siguientes aspectos:

I. técnico-constructivos. Características dimensionales y formales; ensayos físico-mecánicos normalizados de resistencias a flexión, choque y abrasión, y absorción de humedad; y sobre técnicas empleadas.

II. de transferencia. Niveles y características de la participación de grupos e instituciones intermedias involucradas según situación de cada espacio de trabajo.

III. de aceptación. Evaluación de la tecnología y las innovaciones en curso analizando cuestiones socioculturales que intervienen en el caso específico de la tierra cruda como material constructivo, y su potencial para estos contextos de intervención.

La metodología empleada tuvo en cuenta la recopilación y análisis de información bibliográfica de fuentes primarias y secundarias; el diseño y evaluación de prototipos experimentales con base simultánea en laboratorio y terreno; la co-gestión de alternativas de mejoramiento con pobladores beneficiarios directos; la observación directa y la entrevista a pobladores locales; la selección de indicadores y criterios de comparabilidad basados en indicadores normalizados de resistencias físico-mecánicas; y el intercambio de conocimientos científicos con conocimientos empíricos populares de autoconstrucción. Se presentan conclusiones preliminares en torno a la eficiencia de los prototipos en cuanto a resistencia mecánica, trabajabilidad, aceptabilidad social y potencial para la transferencia a distintas escalas.

La investigación se realiza con el apoyo material y financiero del CONICET, la FADU-UBA, la FAUD UNMdP, la colaboración fundamental de pobladores y organizaciones sociales de los sectores barriales donde se trabaja, y la colaboración de empresas privadas y dos municipios (Mar del Plata y Florencio Varela) en tareas de gestión y en la provisión de materiales de construcción.

1. INTRODUCCIÓN.

Los resultados que aquí se presentan forman parte de una línea de investigación científico-tecnológica que ha obtenido resultados enfocados en la generación de tecnología de tierra cruda destinada a sectores poblacionales urbanos en situación de pobreza (Rotondaro et al, 2007, 2008; Cacopardo et al, 2007, 2008). El ámbito de trabajo incluyó durante los primeros años a dos barrios del Gran Buenos Aires, Bancalari y Florencio Varela. En el año 2008 se amplía el equipo de investigación con el grupo dirigido por uno de los autores (Cacopardo) y se suman como ámbitos de trabajo barrial y de transferencia los barrios Monte Terrabusi y Alto Camet, de la periferia de Mar del Plata.

Los beneficiarios directos destinatarios de los resultados de la investigación forman parte de las franjas de población cuya situación de pobreza está caracterizada, entre otras cosas, por la imposibilidad de acceso a la vivienda propia, a créditos oficiales o privados, y por vivir en casas cuya calidad material e inmaterial es deficitaria. En general, las condiciones de

habitabilidad de la vivienda autoproducida en estos barrios presenta una diversidad de cuadros de carencia en cuanto a durabilidad, salubridad y confort ambiental. En particular, la calidad de los materiales y las técnicas constructivas en pisos, paredes, terminaciones, y techos es habitualmente regular o mala, y en algunos casos el elemento está ausente (como es el caso de pisos, revoques y aislaciones hidrófugas, acústicas y térmicas).

A partir de diagnósticos previos se formularon hipótesis y se establecieron los objetivos para ordenar ejes de investigación-acción, y orientar los diseños tecnológicos teniendo en cuenta el potencial de la tierra cruda como posible aporte a la pobreza urbana, en cuanto a materiales, componentes básicos, elementos constructivos, técnicas y recursos de organización apropiados para estos lugares.

Los objetivos principales apuntan a la discusión de tipo interdisciplinaria y participativa sobre modelos de gestión de tecnologías sociales posibles, con base territorial, para los contextos mencionados. Se busca generar nuevas soluciones tecnológicas en la resolución de pisos, paredes, revoques y elementos aislantes con un empleo racional y adecuado de la tecnología de la tierra cruda, mediante modos de gestión participativa a construir en cada barrio, y cuya complejidad técnico-constructiva, costos y exigencia organizacional sean posibles para estos ámbitos de autoproducción de hábitat.

La comparación de los desarrollos y avances que se logren en los barrios del Gran Buenos Aires y Mar del Plata será interesante en cuanto a las características de cada intervención y a los modelos de gestión que se construyan con la participación popular e intersectorial en cada caso. En base a la experiencia acumulada en los cuatro barrios, se intenta aportar a la discusión de modelos y estrategias que impliquen generación de "tecnologías posibles" (Berretta, 2007) en cada territorio.

Este trabajo permitirá observar y analizar problemas en distintos contextos de gestión y actuación, desde aquellos con alto grado de fragmentación y poca intervención institucional, hasta otros que cuentan con mejor grado de articulación social.

La investigación recibe el apoyo material y financiero de las siguientes organizaciones: CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas); Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires; Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Mar del Plata; Asociación Civil El Nuevo Progreso, Bancalari; Municipalidad de Florencio Varela; Municipalidad de General Pueyrredón; y varias empresas y organismos en el caso de Mar del Plata (Empresa Glaciar Pesquera SA, Obras Sanitarias, Planeamiento y Desarrollo Social, la ONG Centro de estudios de Acción Social, Yacimiento Minera, Canteras Yaráví SA, EDEA, Empresa de Electricidad Atlántica, empresa IMEPO).

2. PROTOTIPOS.

2.1-Criterios de diseño. Materiales. Prototipos.

En los últimos tres años se han diseñado y construido en laboratorio y en campo, varias series de prototipos de componentes básicos y elementos constructivos, con empleo de tierras toscas estabilizadas con cemento, cal y fibra (estiércol animal).

Se probaron distintas mezclas, diferentes formas de aplicación, prefabricación en el caso de los pisos, espesores, y técnica de aplicación en el caso de la terminación de la pared (revoques y lechadas). (ver figuras 1, 2 y 3).



Figura 1: Prototipo de piso con baldosas
(vereda Bancalari)



Figura 2: Prototipos de revoque de suelo-cemento
y suelo-cemento+estiércol (Florencio Varela)



Figura 3: Prototipo de revoque de suelo-cemento-cal
(Florencio Varela)

En el caso de las paredes, se comenzaron a comparar los resultados obtenidos por los prototipos de revoques sobre sustratos de tierra cruda estabilizada (BTC CINVA-RAM con mortero cementicio y tapial estabilizado con cemento, con cal y con estiércol de caballo) con los obtenidos sobre sustratos de muros tradicionales de ladrillo cerámico hueco y de ladrillo cocido común, con junta cementicia. Se realizaron sucesivas selecciones de materiales, mezclas y prototipos a partir de los resultados y análisis, con datos de laboratorio y de campo, incluyendo los prototipos de pisos y revoques transferidos en Bancalari.

2.2-Técnicas constructivas.

Se emplearon hasta el momento técnicas tradicionales de construcción de revoques (ver Figura 4) y contrapisos, y técnicas nuevas en el caso de la fabricación de las baldosas.



Figura 4: Revoque grueso con fratacho (Bancalari)

La mano de obra que se emplea está compuesta por albañiles autoconstructores (que habitan el barrio en el caso de Bancalari), de tal modo que puedan evaluarse aspectos vinculados a la complejidad de las innovaciones que están en curso, buscando la participación real de personal autoconstructor en situación de pobreza.

Se evalúan con especial atención las técnicas que implican estos tipos de componentes y elementos, y las posibilidades de aplicación en un hábitat que es autoproducido con materiales y elementos urbano-industrializados y de descarte, y con técnicas constructivas que no son las específicas de la construcción con tierra.

Las técnicas empleadas en la fabricación de contrapisos y carpetas de terminación con material colado, con la cantidad de agua adecuada para su materialización, está dentro de los hábitos de la autoconstrucción tradicional en estas áreas urbanas. En el caso de los revoques, su aplicación también es sencilla dado que se trata de la misma técnica por capas de diferente espesor, con mezclas preparadas de tal modo que permitan su ejecución con el clásico arrojado con cuchara de albañil, el regleado sobre guías, el fratachado para el "revoque grueso" (primera capa), y el llaneado con llana metálica para el revoque de terminación o "fino", con capas de menor espesor y mayor gradiente de humedad.

En el caso de las baldosas, su fabricación exige un aprendizaje nuevo para el autoconstructor barrial, ya que en el caso de los pisos éstos son contruidos habitualmente o bien con una carpeta cementicia colada y alisada, o bien con el componente básico "baldosa" o "ladrillo común", que es adquirido en corralón o por trueque en algunos casos.

2.3- Ensayos normalizados de carpetas, baldosas y revoques.

En 2008 se realizaron ensayos normalizados en base a normas IRAM N° 1522 (1971) y 1871 (2004), con probetas preparadas en base a los prototipos seleccionados de carpetas de terminación de pisos, baldosas y revoques. Las baldosas se ensayaron a la rotura por flexión, absorción de agua, resistencia al choque y desgaste por abrasión (con máquina Dorry); los paños de carpeta a resistencia al choque, absorción de agua y desgaste por abrasión; y de las probetas de revoques se ensayó la capacidad de absorción de humedad.

En las siguientes tablas 1 a 8 se resumen los principales resultados de estos ensayos.

Serie	Cantidad ensayada	Fecha ensayo	f' f (Mpa) prom.
K	5	11.03.08	1,64
L	5	11.03.08	1,58
M	5	11.03.08	2,52
N	5	11.03.08	2,08

Tabla 1: Ensayo de rotura por flexión (f'f = Mpa) de ejemplares de baldosas de 25x25x2 cm

Los mejores valores obtenidos fueron: de la serie K, 1,9 Mpa; de la serie L, 2,0 Mpa; de la serie M, 3,1 Mpa; y de la serie N, 2,5 Mpa.

Serie	Ab. (%)
K	16,6
L	18,5
M	17,8
N	18,2

Tabla 2: Ensayo de absorción de agua (Ab.) de ejemplares de baldosas de 25x25x2 cm

Serie	Cantidad ensayada	H (cm) prom.
K	5	72
L	5	61
M	5	67
N	5	72

Tabla 3: Altura de caída máxima (H) en ensayo de choque de ejemplares de baldosas de 25x25x2 cm

Los mejores valores obtenidos en este ensayo corresponden a dos ejemplares de la serie K (80 cm) y uno de la serie N (80 cm).

Serie	N° probeta	Desgaste (mm)
K	K1	0,3
	K2	0,1
	K3	0,2
	K4	0,2
	K5	0,2
L	L1	0,1
	L2	0,1
	L3	0,1
	L4	0,1
	L5	0,1
M	L	0,4
	L2	0,1
	L3	0,2
	L4	0,2
	L5	0,3
N	N1	0,1
	N2	0,1
	N3	0,1
	N4	0,1
	N5	0,1

Tabla 4: Ensayo de desgaste por abrasión (baldosas)

En los ensayos de desgaste por abrasión, éstos fueron realizados aplicando una sobrecarga de 0,250 kg/cm² y un recorrido de 300 m. (procedimiento con la máquina Dorry, IRAM N° 1522).

prototipo	Ab. (%)
002	24,0
103	13,0

Tabla 5: Ensayo de absorción de agua (Ab.) de paños de carpetas de 40x40x4 cm

prototipo	N° probeta	H (cm) prom.
002	1	>100
	2	>100
	3	>100
	4	>100
	5	>100
103	1	>100
	2	80
	3	100
	4	95
	5	>100

Tabla 6: Altura de caída máxima (H) en ensayo de choque de paños de carpetas de 40x40x4 cm

prototipo	N° probeta	desgaste (mm)
002	6	0,4
	7	0,5
	8	0,3
	9	0,4
	10	0,4
103	6	0,6
	7	0,3
	8	0,4
	9	0,5
	10	0,4

Tabla 7: Ensayo de desgaste por abrasión (pañes de carpetas)

Para el ensayo de las probetas de material para revoques se empleó el método que especifica la Norma IRAM 1871/04, con el fin de analizar comparativamente el comportamiento de las diferentes mezclas de los prototipos.

prototipo	Capacidad de succión (g/m ²)	H (cm) prom.
101	14383,57	Se observaron manchas de humedad en la superficie luego de 30 minutos del inicio del ensayo
216	9665,03	Se observaron manchas de humedad en la superficie transcurridas 24 hs de iniciado el ensayo

Tabla 8: Capacidad de succión (probetas de 10x20 cm)

Los ensayos normalizados obtuvieron excelentes resultados en el caso del desgaste por abrasión con máquina Dorry para los cuatro tipos de baldosa, superando a la exigencia de la norma en relación casi uno a tres, y resultados aceptables en cuanto a la resistencia a rotura por flexión. Este último dato no es un dato menor ya que si bien la resistencia a rotura por flexión es importante, con los materiales y forma de construcción empleados, se obtuvieron valores muy cercanos a los exigidos por la Norma, a lo cual se suman los resultados del comportamiento satisfactorio de la vereda de Bancalari luego de 18 meses a la intemperie y en la peor orientación.

En cuanto a la absorción de humedad en baldosas y en revoques los resultados son dispares según el material, con valores que no cumplen los requeridos por norma pero que tampoco son despreciables.

3. GESTIÓN Y TRANSFERENCIA. DISCUSIÓN: POTENCIALES DE LA TIERRA CRUDA PARA EL HÁBITAT POPULAR.

La investigación emplea un modo de gestión de tecnología que puede inscribirse dentro de los conceptos de las "tecnologías apropiadas y apropiables" y más precisamente, en esta etapa actual, dentro de lo que Víctor Pelli describe como formas de "gestión participativa" y "co-gestión" (Pelli, 2007). En este sentido, en el Gran Buenos Aires se avanzó con la participación local en dos aspectos: tener un lugar de experimentación continua y con una organización barrial significativa (el centro vecinal de Bancalari), y un compromiso de trabajo conjunto mediante la firma de acuerdos de transferencia con vecinos para el empleo de soluciones ya evaluadas por la investigación, con el aporte de mano de obra familiar.

Hasta el momento se han desarrollado etapas iniciales de transferencia buscando generar y ajustar un modelo de gestión participativa a nivel barrial, para estos componentes y elementos. El mayor avance se realizó en Bancalari con la vereda del centro vecinal y con la familia Benavídez, con quién se estableció un acuerdo para construir el piso y revoques de uno de los dormitorios de su casa con los prototipos producidos por esta investigación (ver figura 5).



Figura 5: Transferencia piloto en el barrio Bancalari (piso y revoques en dormitorio existente).

En el caso del centro vecinal (Asociación Civil El Nuevo Progreso) se viene trabajando desde el año 2004 mediante acuerdos formales aprobados por su Comisión Directiva, y se han logrado tareas de participación comunitaria, apoyo logístico del municipio de pertenencia (Tigre) y de ONGs de Buenos Aires (SEDECA y terrabaires) en el desarrollo de soluciones alternativas con uso de tierras estabilizadas para mejorar la vivienda deficitaria del barrio.

En los barrios de la periferia de Mar del Plata se realizaron tareas de evaluación con el fin de orientar y diseñar una gestión adecuada para nuevas soluciones constructivas, con empleo de suelos estabilizados, a partir de los antecedentes de generación de tecnología del grupo de investigación local y del modelo de gestión en curso (Cacopardo et al,2008).

La investigación ha realizado dos avances importantes. El componente básico "baldosa" presenta una complejidad tecnológica que en apariencia puede ser rápidamente apropiada por la autoconstrucción, parece factible de ser producido y utilizado en estos sectores, en los cuales la calidad físico-sanitaria de la vivienda demanda cuestiones tan básicas como tener un piso firme y limpiable, con durabilidad aceptable. Si bien las resistencias de rotura a flexión obtenidas son altas pero no alcanzan la exigencia de la norma IRAM, algunos ejemplares la superan; y la resistencia al desgaste por abrasión es totalmente satisfactoria. Los prototipos de revoques sobre muros tradicionales de ladrillo cerámico y ladrillo cocido, con 6 meses de edad, presentan un comportamiento satisfactorio en cuanto a fisuración, cohesión interna y adherencia al sustrato. Los costos relativos comparativos para el caso del piso de baldosas, obtuvo resultados alentadores en sus valores relativos comparados con los del mercado formal de la construcción en el área de trabajo.

Se evaluaron la metodología y las técnicas de gestión, la factibilidad técnica-económica y social para un desarrollo local de las innovaciones en estudio, la participación potencial de beneficiarios barriales, la posibilidad de realizar transferencia a escala masiva, y la posibilidad de mejorar los prototipos. La metodología empleada en la transferencia inicial (Bancalari), si bien es de reducida escala al momento, ha brindado información importante desde el punto de vista de poder evaluar qué aceptación social tienen estas innovaciones, y ha permitido una evaluación cualitativa continua de cerca de tres años de duración.

El modelo de gestión y los mecanismos de diseño y transferencia a continuar presentan desafíos esperables en contextos en situación de pobreza, en cuanto a los aspectos organizativos (grupos beneficiarios-grupo de investigación-organizaciones y empresas asociadas participantes), que serán diferentes en los distintos barrios del área de estudio; y en cuanto a los resultados del comportamiento físico-mecánico y durabilidades de cada tipo de componente y elemento constructivo que se transfiera; su experimentación necesita de tiempos diferentes según cada contexto local, que podrá ser más extenso en algunos, y que podrá estar acompañado o no de ensayos normalizados.

Desde la óptica de la complejidad de las técnicas constructivas a emplear, los resultados obtenidos permiten observar que podrán ser apropiadas y mejoradas por los beneficiarios potenciales, dado que los cambios, si bien en algunos casos son importantes, no se alejan demasiado de las prácticas de la autoconstrucción presente en estos barrios. Para la mayoría de los componentes y elementos se está trabajando deliberadamente a partir de cada universo tecnológico local, precisamente para hacer posible (y útil) la generación de innovaciones en los modos populares de autoproducción de componentes y elementos para mejorar la vivienda.

BIBLIOGRAFÍA

BERRETA,Horacio. Charla en el II Seminario Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Hábitat Popular, AVE-CEVE CONICET, Córdoba, Argentina. 19/21 setiembre 2007.

CACOPARDO,Fernando;ONDARTZ,Ariel;GARCIA PALACIOS,Rodolfo;MAÑÁ,Carlos; PUGLIA, Luján. "Materiales y Tecnologías sociales alternativas para hábitat y vivienda sobre trabajo de base territorial y cogestión interinstitucional: Prueba piloto Alto Camet y Monte Terrabusi, Mar del Plata, 2005-07." En: *CD II Sem. Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Hábitat Popular*. AVE-CEVE CONICET, FAUD-UNC, FAU /UCC. Córdoba, Argentina. 19, 20 y 21 Setiembre 2007.

CACOPARDO, Fernando; ROTONDARO, Rodolfo; PALACIOS, Rodolfo; MAÑÁ, Carlos; ONDARTZ, Ariel; PUGLIA, Luján; GARCÍA CEIN, Emma; AMÉNDOLA, Verónica; PATRONE, Juan Carlos; ROLÓN, Guillermo. "Tecnologías sociales posibles con base territorial: gestión y transferencia, asimilación social de prácticas y producción de conocimiento. Barrios del periurbano de Mar del Plata y Buenos Aires, Argentina". En: *CD III Sem. Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Hábitat Popular*. AVE-CEVE CONICET, FAUD-UNC, FAU /UCC. Córdoba, Argentina. 5, 6 y 7 Noviembre 2008.

IRAM-INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE LOS MATERIALES. Norma N° 1522 "Baldosas aglomeradas con cemento con cara vista plana". IRAM, Ciudad de Buenos Aires. 1971.

IRAM-INSTITUTO ARGENTINO DE RACIONALIZACIÓN DE LOS MATERIALES Norma N° 1781 "Hormigón. Método para la determinación de la capacidad y velocidad de succión capilar de agua para hormigón endurecido". (norma en estudio). IRAM, Ciudad de Buenos Aires. 2004.

PELLI, Víctor Saúl. "Habitar, participar, pertenecer". Ed. Nobuko. Ciudad de Buenos Aires. 2007.

ROTONDARO, Rodolfo.; PATRONE, Juan Carlos. "Tecnología de tierra y vivienda social en el Gran Buenos Aires". En: *CD del VI SIACOT (Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra)-II SIIDS (Seminario Internacional de Investigación del Diseño Sustentable)*. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Autónoma de Tamaulipas, México. 19-22 Setiembre 2007, Tampico, México.

ROTONDARO, Rodolfo; PATRONE, Juan Carlos; SCHICHT, Alex "Innovación tecnológica y vivienda en el Gran Buenos Aires. Pisos y revoques para sectores en situación de pobreza". Cuaderno Urbano-7:115-144. Edit. Nobuko, Ciudad de Buenos Aires. 2008. ISBN: 1666-6186000007

Rodolfo Rotondaro. Arquitecto, Máster CRATerre/UPAG (Francia). Investigador del CONICET. Profesor Adjunto y Director del Programa ARCONTI (Arquitectura y Construcción con Tierra), IAA, en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires. Codirector del centro Terrabaires. Miembro activo de la Red Iberoamericana PROTERRA.

Fernando Cacopardo. Arquitecto, Master en Historia, Investigador del CONICET. Docente de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Mar del Plata, Director del Programa Interdisciplinario en Urgencias del Hábitat y de la Unidad Ejecutora Hábitat y Ciudadanía, UNMdP-MGP.

Juan Carlos Patrone. Arquitecto. Investigador del Programa ARCONTI (Arquitectura y Construcción con Tierra), IAA, en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires. Miembro activo de la Red Iberoamericana PROTERRA. Codirector del centro Terrabaires.

Guillermo Rolón. Arquitecto. Becario Doctoral CONICET. Investigador del Programa ARCONTI (Arquitectura y Construcción con Tierra), IAA, en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires.