El potencial integral de la tierra

ALEJANDRO FERREIRO
Y CLAUDIA VARIN

PALABRAS CLAVE
CONSTRUCCIÓN CON TIERRA; MATERIALES DE BAJA ENERGÍA INCORPORADA; OBRA-ESCUELA; ESTRATEGIAS DE DISEÑO

Resumen

En el año 2021 se formaliza —dentro del Instituto de Tecnologías [IT] de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo [FADU] de la Udelar— un equipo docente dedicado a estudiar la tierra como material de construcción, desde la extensión, la investigación y la enseñanza. Este artículo, además de identificar los antecedentes sobre el tema en el ámbito académico, presenta una aproximación al estado de conocimiento al respecto. Se considera que las características físicas y mecánicas de los componentes elaborados con tierra permiten proponerlos como una opción pertinente frente al escenario del cambio climático, a partir de su baja energía incorporada. Si bien es necesario profundizar en diversas líneas de investigación que integren el sector productivo con la academia, también se requiere de la consolidación y el desarrollo de procesos pedagógicos que involucren la enseñanza y la extensión, por medio de la metodología de obra-escuela.

Alejandro Ferreiro. Arquitecto (FArq-Udelar, 2005). Profesor adjunto de la Cátedra de Tecnología Integrada y maestrando en Arquitectura, Área Tecnológica. Integrante del equipo de investigación Arquitectura con Tierra, de la Comisión del Centro de Vivienda y Hábitat y del Comité de Sostenibilidad (FADU-Udelar). Miembro de la Red Iberoamericana Proterra, integrante de su Consejo Consultivo (2019-2021) y coordinador científico del Seminario Siacot 2021 perteneciente a dicha red.

Claudia Varin. Arquitecta (FArq-Udelar, 2014). Maestranda en Arquitectura, Área Tecnológica (FADU-Udelar). Docente ayudante del Instituto de Tecnologías (FADU-Udelar). Integrante del comité editorial de la revista *Textos de Tecnología,* del equipo de investigación Arquitectura con Tierra y docente ayudante en Tecnología Integrada. Integrante del Centro de Sustentabilidad de FADU. Miembro de la Red Iberoamericana Proterra.

Antecedentes institucionales

En la Universidad de la República existen antecedentes de investigación, extensión y enseñanza de la arquitectura y la construcción con tierra, en particular desde mediados de los 90, con mayor presencia institucional en la sede Regional Norte. Entre otros proyectos, se destacan Montaje de Prototipos de Vivienda a través de la Utilización de Tecnologías de Tierra: Adobe, Fajina y BTC, de 2004, y Elaboración de un Programa Regional de Formación en Técnicas de Bioconstrucción, de 2007, por su alcance en distintos lugares de Uruguay y su incidencia en actividades posteriores.

En el sur del país y desde la sede central de FADU, se han llevado a cabo proyectos dentro de la línea de extensión, como Proyecto Hornero (2002-2007), EnTerrón (2012), El Terruño (2014), Bio Casa Vá (2021-2022) y Salón de usos múltiples en Boix y Merino (2021-22). Entre 2013 y 2016, se ha desarrollado como optativo el curso Diseño de Arquitectura con Tierra [DAT]; a partir de 2016, en modalidad de Educación Permanente [EP]. Luego de casi diez años de existencia del curso, se considera que la demanda por parte de estudiantes de arquitectura respecto de la temática superó ampliamente las expectativas del equipo docente. El curso EP DAT ha acompañado, entre otros espacios, las prácticas en los proyectos previamente mencionados, delineando un trayecto hacia la metodología de obra-escuela.

En el año 2018, se realizó el Primer Encuentro de Construcción con Tierra en Maldonado, promovido por docentes de FADU y del Centro Universitario Regional Este y financiado por la Comisión Sectorial de Investigación Científica [CSIC]. En 2022 se realizó el Segundo Encuentro de Construcción con Tierra en San Javier, Río Negro, enmarcado dentro de la financiación otorgada por el Espacio Interdisciplinario de la Udelar para eventos interdisciplinarios.

Fuera del ámbito universitario, desde 2009, existe la asignatura Taller de Bioconstrucción, dictada en centros del Consejo de Educación Técnico Profesional, en los cuales se capacitaron cientos de personas. Este curso surge de la propuesta elaborada con FADU para el programa de formación del Proyecto Cuenca del Arroyo Carrasco del año 2009.

En el 2021 se formalizó, dentro del Departamento de Materiales y Procedimientos del IT de FADU, un equipo docente dedicado a estudiar la tierra como material de construcción desde la extensión, la investigación y la enseñanza. Actualmente se llevan adelante el curso DAT EP y el Espacio de Formación Integral Hábitat y Territorios.

La tierra como material de construcción

Desde los tiempos más remotos, las personas han construido su hábitat con materiales obtenidos en su entorno inmediato, a los que se aplicaba un bajo grado de transformación. Con la aparición de tecnologías basadas en el uso del hormigón, a mediados del siglo XX, se instaló el paradigma de la modernidad y se dejó de lado el uso de materiales naturales, entre ellos la tierra. A partir de la década de 1970, época de crisis energética mundial, investigadores franceses y alemanes profundizaron en sistemas y técnicas constructivas que incluían la tierra como material de construcción. En tanto en América Latina, África y Asia, fuera de los ámbitos académicos europeos, continuaba vigente la tradición de construir y habitar espacios con tierra como parte de la cultura constructiva.

Según el informe final de Adapta FADU (Picción y Sierra, 2021a),

> en dicho contexto de enorme profundidad histórica [...,] la arquitectura con tierra se revitaliza y revaloriza como campo temático específico. Es algo propio de las últimas décadas, a escala global, en acuerdo con la teoría de la sostenibilidad, pero también por su valor patrimonial e histórico-cultural. (p. 313)

La tierra como material está incluida dentro de los materiales naturales y ofrece una amplia variedad de posibilidades a la hora de transformarla en un componente constructivo. Esto se suma a que la tierra posee, a nivel local, características propias que dependen de cuestiones geológicas y geográficas, debido a que las técnicas se adaptan a diferentes características socioculturales del lugar, tal como se puede ver en la Tabla 1.

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS.

Método	Técnica	Nombre	Estabilización	Estado de humedad	Sistema
Excavar	Tierra excavada	Tierra excavada (*)	N/A	Húmeda	Monolítico portante
Verter	Tierra vertida	Tierra vertida	Física química	Viscosa líquida	
Apilar	Tierra apilada	Cob	Física	Plástica	
Modelar	Tierra modelada	Técnicas africanas			
Comprimir	Tierra apisonada	Tapia	Mecánica química	Húmeda	Albañilería
	Bloques apisonados	Bloques apisonados	Mecánica química	Húmeda	
	Bloques prensados	BTC			
Cortar	Bloques cortados	Tepetate (*)	N/A		
	Terrones de tierra	Terrón (*)			
Extruir	Tierra extruida	Tierra extruida	Física	Plástica viscosa	
Modelar	Adobe mecánico	Adobe de prensa	Física	Plástica	
	Adobe moldeado	Adobe			
	Adobe manual	Adobes cónicos			
Rellenar	Recubrimiento de tierra	Fajina (proyectada)	Física	Plástica	Mixtos
	Tierra sobre encestado	Fajina (relleno)	Física	Líquido	
Empastar	Tierra alivianada	Tierra paja			
Llenar	Tierra de relleno	Tierra ensacada	Física	Húmeda	
Cubrir	Tierra en cubierta	Torta			

Nota (*). El estado de humedad es, en estos casos, el natural del suelo.

FUENTE: *ADAPTADO DE CRATERRE (1989) (PICCIÓN Y SIERRA, 2021A).*

Una clasificación difundida por Craterre[1] a partir de 1989 —no muy distinta a otras clasificaciones de métodos constructivos convencionales— se basa en los sistemas constructivos que agrupan técnicas según correspondan a sistemas de mampostería portante, sistemas monolíticos o estructuras mixtas. En función de tal complejidad, cada cultura generó su desarrollo tecnológico particular con este material, llegando a definir diversas técnicas y prácticas constructivas, cada una asociada a un determinado *corpus* de conocimiento (Dorado, Cabrera, Barrozo y Rolón, 2019).

A la hora de seleccionar un suelo como materia prima para la construcción, se consideran principalmente sus características físicas, descartando la capa orgánica y teniendo en cuenta la granulometría, plasticidad, compactación y cohesión de sus agregados (Houben y Guillaud, 2006). Por lo anterior, el suelo requiere de un proceso de estabilización que convierte esa materia en material, a partir del análisis a través de pruebas de campo y/o ensayos de laboratorio. La expresión *estabilización de suelos* refiere, en un sentido amplio, a todo proceso de mejora de sus características, por el cual adquiere las propiedades necesarias para cumplir con la finalidad a la cual se lo destina (Neves, Borges, Rotondaro, Cevallos y Hoffmann, 2009). El proceso de estabilización podrá ser realizado según diferentes métodos, relacionados con la técnica constructiva a emplear. Estos métodos pueden ser la *estabilización física* mediante el agregado de otros suelos o de fibras vegetales que mejoran las propiedades físicas de la tierra; la *estabilización mecánica*, producto de la eliminación del aire entre los granos del suelo; o una *estabilización química,* que considera el agregado de aglomerantes como el cemento, la cal o el bitumen, para modificar la estructura granular y dotar a la tierra de una cohesión que no tenía, o para disminuir la excesiva plasticidad (Houben y Guillaud, 2006). La elección del método de estabilización debe tener en cuenta la disponibilidad regional de los estabilizantes y la reducción del impacto ambiental en función de su ciclo de vida; las características de los procesos tecnológicos, garantizando que sean apropiados para la puesta en obra y el mantenimiento; y las consideraciones económicas (Asociación Española de Normalización, 2008).

Los procesos constructivos con tierra, al tener un carácter artesanal, introducen como variable la *forma de ejecución*, que genera diferencias entre los aspectos teóricos y lo ejecutado finalmente. Tal como señala Azil et al. (2022), existen diferencias en los resultados alcanzados en la medición de muros de *cob*[2] y tierra alivianada, al ser estudiados en laboratorio y al verificarse la situación en el sitio. De allí concluyen que es necesario relacionar los resultados de ensayos con mediciones ambientales, para tener una mayor comprensión del desempeño real de las construcciones, y proponen una depreciación porcentual del comportamiento *in situ* respecto al laboratorio.

En cuanto a los aspectos higrotérmicos del material, diversos autores (Anglade, Aubert, Sellier y Papon, 2022; Chabriac, Fabbri, Morel, Laurent, y Blanc-Gonnet, 2014; Allison y Hall, 2010) han estudiado las propiedades térmicas de la tierra. Azil et al. (2021) han estudiado la relación entre la conductividad térmica y la densidad de la tierra, identificando la influencia que tiene el contenido de agua en el desempeño térmico. Anglade et al. (2022) identificaron las diferencias que genera el contenido de humedad de una muestra en las mediciones de conductividad térmica y calor específico, a partir del estudio de tres muestras que presentaban diferencias en el contenido de arena fina y en la cantidad de agua.

Otros autores han sistematizado información de distintas investigaciones sobre valores obtenidos en relación con los parámetros higrotérmicos (Colinart et al., 2020; Cuitiño-Rosales, Rotondaro y Esteves, 2020; Picción y Sierra, 2021b; Fabri et al., 2022). De esta revisión bibliográfica, es claro que se cuenta con numerosos estudios de laboratorio sobre la evaluación higrotérmica de componentes que utilizan la tierra, aunque sólo unos pocos artículos presentan mediciones realizadas en prototipos construidos (Acevedo, Broughton y Carrillo, 2022; Cuitiño, Esteves y Hernández, 2011). Algunos de estos autores concluyen que los resultados no pueden ser comparados en forma estricta, ya que no existe una normalización de los protocolos experimentales, pero también por la variabilidad de las características de la tierra utilizada en cada caso. A esto se suma que las condiciones de ensayo en laboratorio pueden no ser consecuentes con los procedimientos de producción en obra, tal como se mencionó anteriormente.

Al respecto, Fabbri et al. (2022) indican que, para superar este problema, los modelos de comportamiento higrotérmico deberían ser considerados junto con mediciones *in situ*, a los efectos de evaluar el rendimiento final de un edificio de tierra real. Algunos autores han avanzado en esta línea, validando modelos de simulación energética o higrotérmica a partir de mediciones *in situ*: Colinart et al. (2020), Cuitiño et al. (2011) y Allison y Hall (2010).

Tanto el bajo grado de transformación aplicado a la materia prima como la poca energía incorporada para fabricar componentes son aspectos que permiten valorizar la tierra como material constructivo, en un marco de sostenibilidad, ofreciendo potencial frente al cambio y la variabilidad climática, tal como afirman varios autores.

> Bestraten, Hormías y Altemir (2011) sostienen que la construcción con tierra resurgió a nivel mundial durante el siglo XXI a partir de sus propiedades sostenibles, de bajo impacto ambiental y de gran capacidad expresiva. Por su parte, Martínez Gaytán (2012) afirma que, si bien se puede identificar una gran oportunidad en este tipo de construcciones, desde el punto de vista sustentable ciertos conceptos pueden resultar relativos y basados en supuestos respaldados en el sentido común. Al respecto, sostiene que este proceso debe requerir una evaluación rigurosa para ser usado como base de normas y especificaciones técnicas. (Picción y Sierra, 2021a, p. 327)

1. Cátedra Unesco, de referencia internacional en la producción académica asociada a la construcción con tierra.

2. Palabra en lengua inglesa, utilizada para describir una técnica constructiva que utiliza la tierra como masa modelada.

El panorama local

Existen vestigios de construcción con tierra a nivel mundial, desde la Antigüedad. «Las construcciones en tierra surgen en las planicies bajas del Noreste y Este de Uruguay hace aproximadamente 4000 años BP y perduran hasta el momento de la colonización europea» (Gianotti, 2005, p.3).

Los cerritos son construcciones en tierra, de morfología diversa y tamaño variable. Esas construcciones fueron base para las construcciones de las aldeas, en las que luego se identificaron espacios de probable colocación de palos, a modo de sostén de un enramado. Según el universo planteado para sistemas constructivos tradicionales por el MTOP, los sistemas constructivos que utilizan tierra son sistemas no tradicionales, ya que no se encuentran en el listado de la Memoria Constructiva General para Edificios Públicos. Sin embargo, los registros mencionan su existencia previa y deberían tomarse como tradicionales. Por este motivo, cuando se mencionan los sistemas constructivos que utilizan ladrillos cocidos, ticholos y hormigón colado, se presentan como convencionales, entendiendo que son los sistemas que se han utilizado con mayor frecuencia, según relevamiento del parque habitacional.

Es necesaria la revisión de los conceptos utilizados, para poner en valor una cultura constructiva que habla de nuestro territorio y su paisaje cultural.

En Uruguay existen más de 160 construcciones con tierra ejecutadas entre 1988 y 2015, que totalizan 17000 m², con un crecimiento importante a partir de 2010.

Como se aprecia en la Figura 1, estas construcciones están concentradas en el sur del país. La mayoría están destinadas a vivienda individual, aunque también existen construcciones destinadas a centros de educación infantil, viviendas

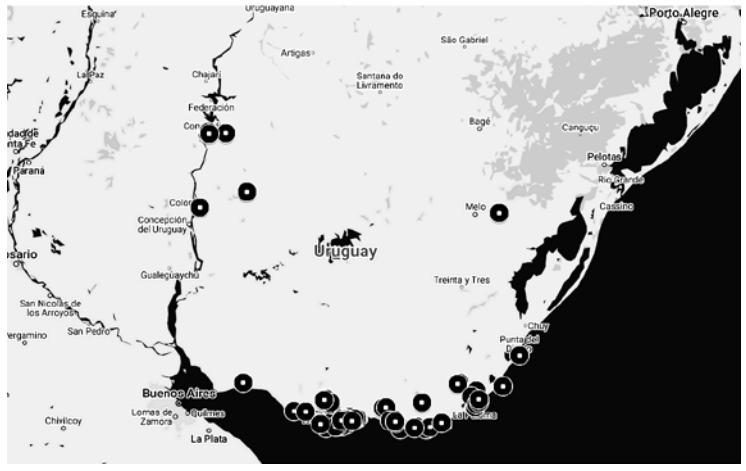


FIGURA 1. UBICACIÓN DE EJEMPLOS CONSTRUIDOS CON TIERRA EN URUGUAY (1988-2015). EL MAPA MUESTRA LA UBICACIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES CON TIERRA RELEVADAS ENTRE 1988 Y 2015. **FUENTE:** ELABORACIÓN PROPIA.

colectivas, clubes de campo, posadas y aularios (Ferreiro y Nogués, 2016). Las razones de este crecimiento se podrían encontrar en la mayor difusión que existe de este tipo de tecnologías, la incorporación al mercado de nuevas generaciones de arquitectas y arquitectos interesados en el tema, un interés creciente en el cuidado de los recursos y una crisis económica posterior al año 2002, que obligó a encontrar soluciones de vivienda más económicas, en las que los propietarios se pudieran involucrar con su mano de obra (Ferreiro, 2012).

En Uruguay, las técnicas más utilizadas pertenecen a los sistemas de albañilería y mixtos, en particular a las técnicas de adobe y fajina, y es escasa o inexistente la utilización de sistemas monolíticos (Picción y Sierra, 2021a).

La revalorización de la arquitectura y la construcción con tierra como respuesta a las necesidades de vivienda —con propuestas liberadas de prejuicios sociales y constructivos— aún no cuentan con un marco normativo sobre el que basarse a la hora de evaluar las construcciones por parte de organismos nacionales o departamentales (Picción y Sierra, 2021a). Equiparar la construcción con tierra a otras tecnologías implica, en el contexto actual, que el material deba ser analizado con el mismo rigor que cualquier otro material de construcción, lo cual exige comprender su comportamiento y caracterizar sus propiedades.

La investigación científica sobre este tema en Uruguay presenta desfases con relación a la que se está desarrollando a nivel regional; sin embargo, los trabajos mencionados en el primer apartado de este artículo incorporan —tanto en la enseñanza como en la extensión— enfoques vinculados a la investigación. A nivel local y de manera más reciente, en el proyecto Muros de Tierra y Eficiencia Energética (Zubeldía, 2022), se obtuvieron datos de las propiedades físicas de componentes construidos con tierra, a partir de ensayos realizados en el Laboratorio del Instituto de Tecnologías de la FADU.

En Uruguay, constituye una debilidad que el material y los componentes constructivos con tierra no estén incluidos dentro de los materiales convencionales y se asocien a situaciones de precariedad constructiva, por lo que su uso y aplicación implicaría no solo validarlo a nivel técnico, sino cambiar un concepto vinculado a cuestiones socioeconómicas y culturales. Desde el punto de vista técnico, hay una ausencia de datos de desempeño efectivo aplicados a nuestro país (Picción y Sierra, 2021a).

Es de gran interés que los estudios sobre técnicas constructivas basadas en el uso de la tierra se desarrollen en conjunto entre la academia y los entes estatales, con el fin de aunar esfuerzos que puedan señalar alternativas de trabajo en beneficio de las comunidades (Beltrán, 2012). Esto implica una política institucional de investigación académica, difusión, aplicación de sus resultados y posterior respaldo normativo.

Desde el punto de vista político e institucional, los planes de vivienda social en nuestro país están centrados en el uso de materiales convencionales como el hormigón, los bloques de cemento o la mampostería cerámica. Los pocos intentos de introducir la tierra dentro de este sistema no han prosperado. No existen políticas que estimulen su uso. Incluso en algunos departamentos del país, la

normativa vinculada a la construcción —redactada en muchos casos hace varias décadas— prohíbe expresamente construir con tierra, ya que se la entiende como un material asociado a contextos de pobreza y precariedad.

A pesar de esto, y aunque resulte paradójico, muchas de las construcciones con tierra realizadas en los últimos veinte años cuentan con las autorizaciones correspondientes en departamentos de Uruguay cuya normativa en realidad no lo permite.

Por consiguiente,

> al no existir una línea política que trabaje a favor de establecer las condiciones que motiven un uso más intensivo de la tierra como material de construcción, lo que se ha construido es fruto de impulsos individuales o de pequeñas comunidades organizadas [...]. Para Rotondaro, Aranda y González (2017), leyes, normas, reglamentos, códigos y ordenanzas juegan un papel fundamental en la construcción con tierra a la hora de determinar tanto los materiales, componentes y sistemas constructivos como las recomendaciones de diseño pertinentes según la zona geográfica y sus características climáticas. Por esto, su afectación impacta directamente en la seguridad de la construcción, facilitando la supervisión técnica de la obra, la higiene de los edificios y, en general, el mejoramiento del espacio edificado. (Picción y Sierra, 2021a, p. 314-315)

Buenas prácticas que ponen en valor la tierra

Para lograr un buen desempeño de las construcciones, es necesario desarrollar adecuadas estrategias de diseño. De esta forma se aumenta la durabilidad de los materiales y se potencia el uso adecuado. La arquitectura con tierra desarrollada en nuestro clima necesita ciertas estrategias de diseño que la protejan de sus efectos, para potenciar sus características. La tierra utilizada en viviendas, o en lo que se ha denominado *rancheríos*, fue un material estigmatizado por la falta de terminaciones apropiadas que evitaran la propagación de insectos, como ha sido el caso de la vinchuca. Pero distintas investigaciones demostraron que la reproducción de este insecto, que transmite el mal de Chagas, no está asociada al material con el que están construidas las viviendas, sino a las condiciones de orificios y falta de acabados adecuados (Rolón, Dorado, Varela y Olivarez, 2016).

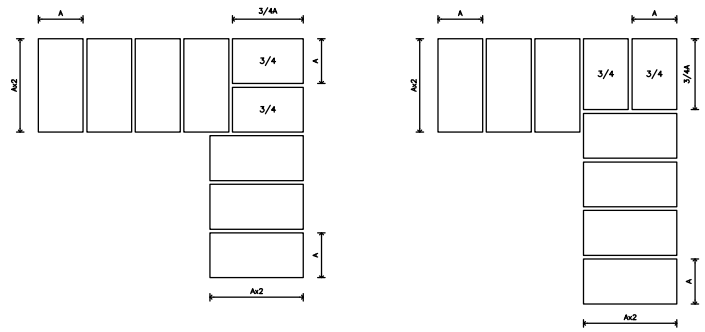
En este sentido, se presentan detalles constructivos característicos de tres obras construidas y una en proceso de construcción. Estos muestran avances en el cuidado y protección por diseño, que hacen a los sistemas constructivos que utilizan tierra un sistema con gran potencial.

Canelones

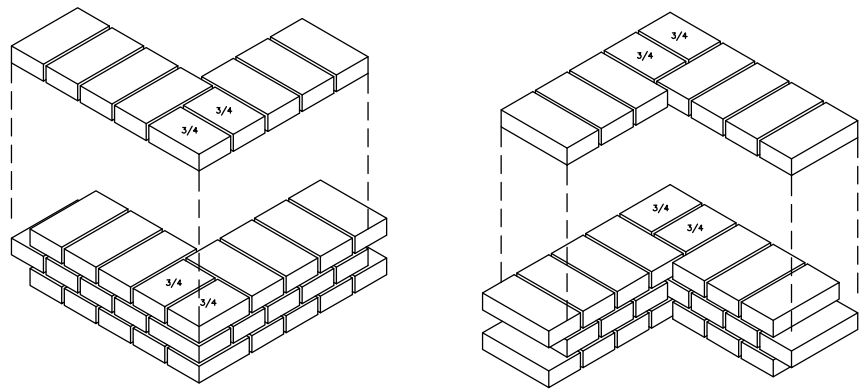
PROYECTO: Alejandro Ferreiro y Fulvio Capurso
CONSTRUCCIÓN: Constructor Julian Rodriguez y equipo
AÑO: 2016
FOTOGRAFÍA: Alejandro Ferreiro

POSICIONADO DE ADOBES EN ESQUINA
HILADA INICIAL E HILADA SIGUIENTE

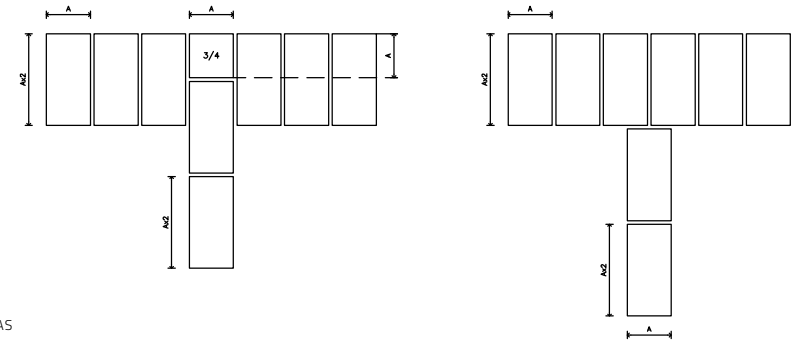
PLANTAS



ISOMÈTRICAS

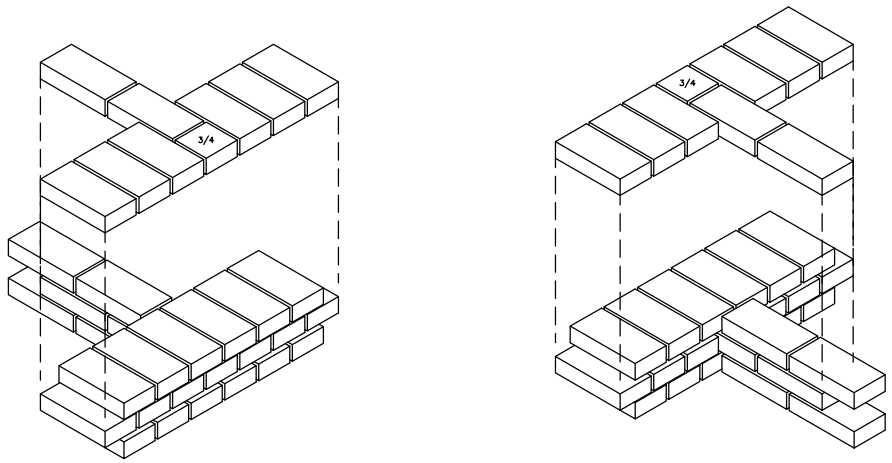


POSICIONADO DE ADOBES EN ENCUENTRO “T”HILADA
INICIAL E HILADA SIGUIENTE



PLANTAS

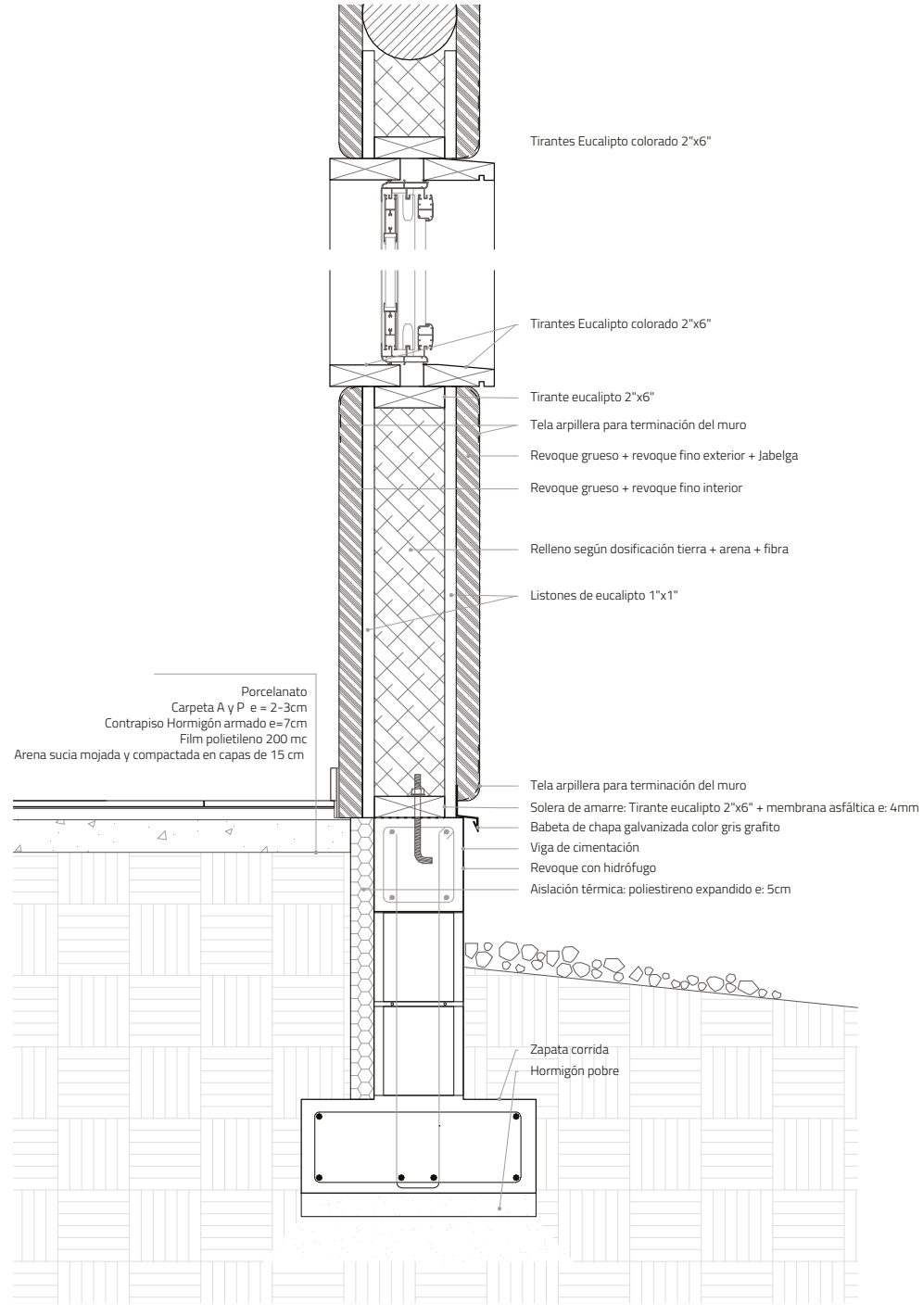
ISOMÈTRICAS



Cuchilla Alta

PROYECTO: Santiago Merello y Claudia Varin
CONSTRUCCIÓN: Víctor Domínguez, Diego Cohenar, Martín Del Castillo y Ronny Perera
AÑO DE CONSTRUCCIÓN: 2020-2021
FOTOGRAFÍA: Viviana Bordoli

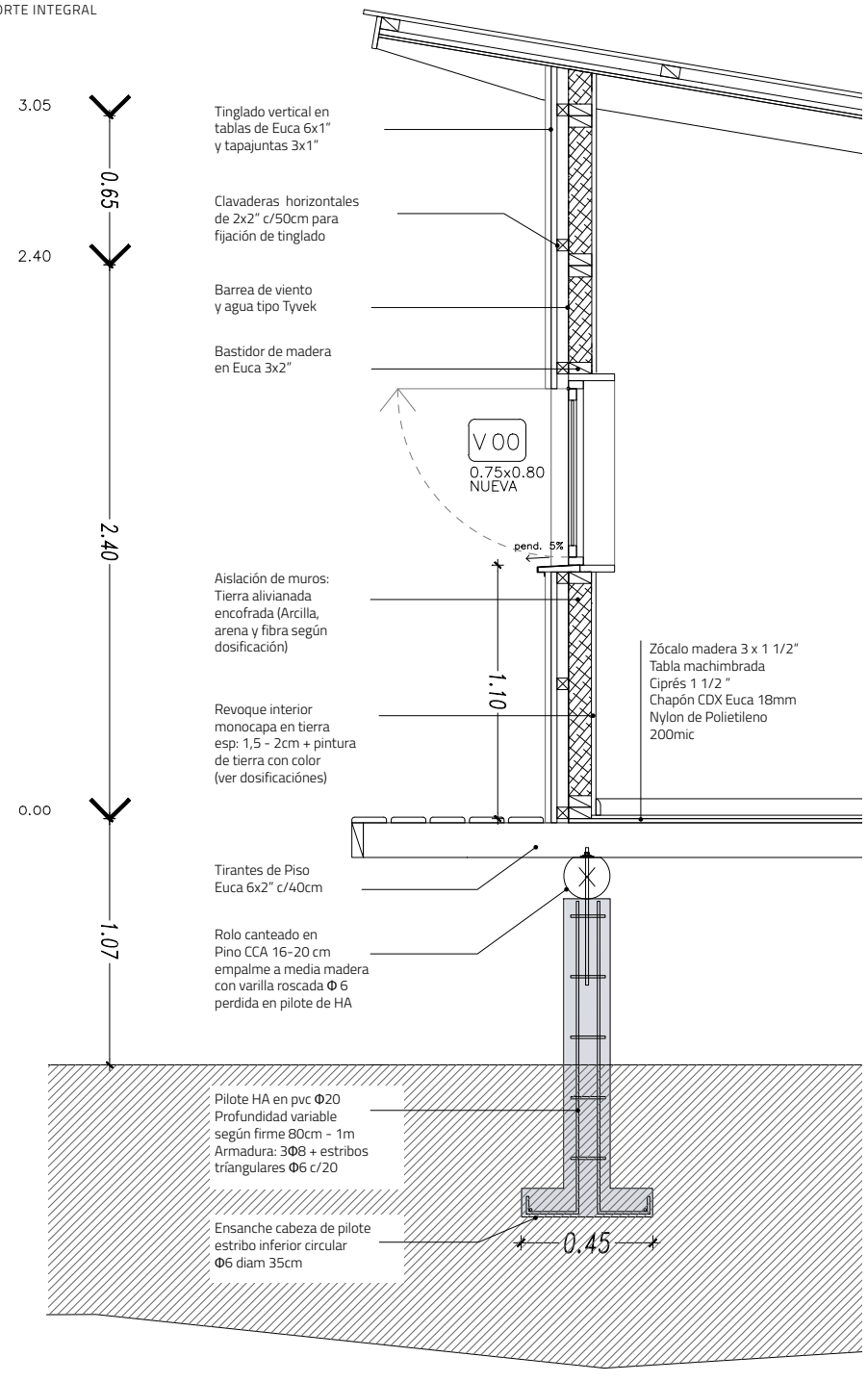
CORTE INTEGRAL



Cerro Negro

PROYECTO: Victoria García, Claudia Costa, Bruno Palumbo
CONSTRUCCIÓN: Cimientos, muros, cubierta y revestimiento exterior: Juan Meirana (carpintero), Electricidad: César Morales, Sanitaria: Santiago lain y Autoconstrucción asistida con jornadas abiertas
AÑO DE CONSTRUCCIÓN: 2022
USUARIAS: Nadia Rodríguez y Aleli Aballone
FOTOGRAFÍA: Nadia Rodríguez

CORTE INTEGRAL



Referencias bibliográficas

Acevedo, R., Broughton, J. y Carrillo, Ó. (2022). *Construcción en quincha liviana. Sistemas constructivos sustentables de reinterpretación patrimonial.* Hualpen: Dostercios.

Allison, D. y Hall, M. (2010). Hygrothermal analysis of a stabilised rammed earth test building in the UK. *Energy and Buildings*, *42* (6), 845–852. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.12.005

Anglade, E., Aubert, J., Sellier, A. y Papon, A. (2022). Physical and mechanical properties of clay–sand mixes to assess the performance of earth construction materials. *Journal of Building Engineering, 51*. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104229.

Asociación Española de Normalización. (2008). Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo (Norma UNE n° 41410:2008).

Azil, A., Le Guern, M., Touati, K., Sebaibi, N., Boutouil, M., Streiff, F., Goodhew, S. y Gomina, M. (2022). Earth construction: Field variabilities and laboratory reproducibility. *Construction and Building Materials*, *314*. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125591

Azil, A., Le Guern, M., Touati, K., Gomina, M., Sebaibi, N., Boutouil, M., Streiff, F., S. Goodhew, S. y Louahlia, H. (2021, junio). Construction field monitoring of a COB prototype building. En *4th International Conference on Bio-Based Building Materials.* Conferencia llevada a cabo en la Escuela de la Construcción (Epseb), Barcelona, España.

Bestraten, S., Hormías, E. y Altemir, A. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI. *Revista Informes de la Construcción*, *63* (523), 5-20.

Colinart, T., Vinceslas, T., Lenormand, H., Menibus, A. H. D., Hamard, E. y Lecompte, T. (2020). Hygrothermal properties of light-earth building materials. En *Journal of Building Engineering, 29*. https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.101134

Cuitiño, G., Esteves, A. y Hernández, A. (2011). Proceso de evaluación de un sistema constructivo. Caso de la quincha. *Avances. Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente* [Averma], 37-41. Recuperado de: http://portalderevistas.unsa.edu.ar/ojs/index.php/averma/article/view/2336

Cuitiño-Rosales, M. G., Rotondaro, R. y Esteves, A. (2020). Análisis comparativo de aspectos térmicos y resistencias mecánicas de los materiales y los elementos de la construcción con tierra. *Revista de Arquitectura*, *22* (1), 138-151. https://doi.org/10.14718/revarq.2020.2348

Dorado, P., Cabrera, S., Barrozo, G. y Rolón, G. (2019). Problemática asociada al desarrollo de la tecnología de construcción con BTC en Argentina. En C. Neves, Z. Salcedo y O. Borges (Eds.), *Siacot 2019. Conservación sostenible del paisaje: Tierra y Agua* (pp. 590-603). Recuperado de https://redproterra.org/wp-content/uploads/2020/06/19-SIACOT-Mexico-2019.pdf

Ferreiro, A. (2012). Construcción con tierra en Uruguay. *Revista Ecohabitar*, (33), 22-25.

Ferreiro, A. y Nogués, A. (2016). Arquitectura contemporánea. En M. Correia, C. Neves, F. Guerrero y H. Pereira (Eds.), *Arquitectura de tierra en América Latina*, pp. 266-269. Lisboa: Argumentum

Gianotti, C. (2005). Arqueología del Paisaje en Uruguay: origen y desarrollo de la arquitectura en tierra y su relación con la construcción del espacio doméstico en la prehistoria de las tierras bajas. En L. Mameli y E. Muntañola (Eds.), *América Latina: realidades diversas*, pp.104-118. Barcelona: Instituto Catalán de Cooperación Iberoamericana - Casa de América.

Houben, H. y Guillaud, H. (2006). *Traite de construction en terre*. Grenoble: Parenthesis.

Picción, A. y Sierra, P. (Coord.) (2021a) Adapta FADU: Informe Final Marzo 2021; *Integración del enfoque de adaptación en ciudades, infraestructura y ordenamiento territorial en Uruguay*. Montevideo: FADU, Udelar, PNUD, MVOT y Ministerio de Ambiente.

Picción, A. y Sierra, P. (Coord.) (2021b) Adapta FADU. *Integración del enfoque de adaptación en ciudades, infraestructura y ordenamiento territorial en Uruguay*. Montevideo: FADU, Udelar, PNUD, MVOT y Ministerio de Ambiente.

Rolón, G., Dorado, P., Varela, G. y Olivarez, J. (2016). Los factores de riesgo del Mal de Chagas y su relación con la construcción con tierra. *Memorias 16° Siacot*, 435-445.

Rotondaro, R., Aranda, Y. y González A. (2017). Avances y alcances de las normativas de la construcción con tierra en iberoamérica. Una aproximación. *Memorias 17° Siacot*, 507-519.

Martínez Gaytán, I. (2012). Hacia la determinación de la viabilidad ambiental de los sistemas constructivos: el caso de los BTC en la zona central de la República mexicana. *Apuntes*, *25* (2), 248-257.

Neves, C., Borges, O., Rotondaro, R., Cevallos, P. y Hoffmann, M. (2009). *Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra. Prácticas de Campo* (E.M Azevedo Salomao, trad.). Recuperado de http://www.redproterra.org

Zubeldía, G. (2022). Muros de tierra y eficiencia energética. Informe final del Proyecto Iniciación a la Investigación - FADU.