

TIERRA VERTIDA

ALBRECHT, Jesica ⁽¹⁾; **SAVINO, Nicolás** ⁽²⁾; **MORETTI, Pablo** ⁽³⁾

Facultad Regional Santa Fe – Universidad Tecnológica Nacional

Lavaise 610, Santa Fe, Santa Fe, Argentina

jesicaalbrecht@gmail.com

Palabras claves: Tierra; hormigón con tierra; Sustentabilidad.

RESUMEN

En un trabajo de investigación conjunta entre las Universidades de Tamaulipas (México) y Tecnológica de Santa Fe (Argentina), se desarrollaron actividades tendientes a obtener una dosificación y procedimiento de elaboración de tierra vertida (también llamado hormigón verde) con materiales locales.

Dado los escasos antecedentes, se desarrolló una primera etapa de búsqueda de parámetros, a través de prueba-error, para definir procedimientos y ensayos. En una segunda etapa se hicieron pruebas con diferentes tipos de aglomerantes y aditivos; primero a escala de probetas de laboratorio y luego con moldeos a escala real.

Los resultados obtenidos son promisorios y perfilan al material como apto para su uso en muros. Estos fueron confrontados con la Universidad mexicana que avanzó en la construcción de un prototipo.

El trabajo en laboratorio estuvo a cargo de becarios supervisados por los investigadores.

Las conclusiones permitieron plantear nuevas hipótesis de trabajo y objetivos para los futuros proyectos.

INTRODUCCIÓN

La tierra vertida tiene como antecedentes antiguas construcciones realizadas en Brasil y México con interés arqueológico debido a su antigüedad y procedencia (Alcántara y Chihuahua), a los que se incorporaron, luego de una búsqueda bibliográfica, algunos otros pocos antecedentes más actuales como ser los del arquitecto Michael Frerking de EEUU y fundamentalmente la experiencia de Craterre en Grenoble que desde hace unos 20 años viene desarrollando experimentaciones relacionadas con la tierra vertida en sus laboratorios [1].

El trabajo de investigación realizado fue financiado dentro del Marco de los programas del acuerdo bilateral entre los organismos responsables de ciencia y técnica de México y Argentina. Contó con un irremplazable intercambio de opiniones y conocimientos entre el laboratorio de UTN Santa Fe y los de la FADU de la UAT en Tampico, México. Estas dos instituciones están entre las pocas que se encargan de desarrollar este tipo de temas de investigación, habiendo podido avanzar en conjunto buscando potenciarse mutuamente en cada uno de los intercambios de investigadores y becarios realizados.

La perspectiva desde UTN se proyecta hacia la obtención de un material que dentro del contexto Latinoamericano satisfaga las exigencias de potenciales destinatarios, entendiendo estos a las empresas constructoras, microemprendimientos, autoconstructores y usuarios finales de distintas condiciones culturales y económicas. Para ello se tuvo en cuenta el uso de suelos limosos del lugar (contrastando con los suelos del laboratorio Tampico), con el agregado de arena y cascote de ladrillos de granulometría baja y teniendo especial cuidado en la retracción del conjunto tal como se encontró en las experiencias de Craterre.

Se trabajó en dos períodos de investigación; el primero destinado a generar un mínimo de conocimientos y familiarización con el material en estudio, probando diversos tipos

de materias primas y dosificaciones; también se manejaron diferentes técnicas de moldeo y uso de herramientas y equipamiento, teniendo siempre como prioridad que sean lo mas parecidas a las utilizadas en la tecnología del hormigón. En el segundo período se trabajó dentro de un diseño de experimento básico y más sistemático en base a materiales y formas de trabajo seleccionadas, y se obtuvo como resultado parcial e insumo para los siguientes trabajos un manual de procedimientos de elección de materia prima, moldeo curado y ensayo del material en laboratorio. También se hicieron llenados a escala real y pruebas sistemáticas con aditivos fluidificantes de la mezcla para obtener un menor consumo de agua [3].

Cabe destacar que actualmente las actividades desarrolladas están enmarcadas dentro del proyecto PID IFN 1560 “Desarrollo de materiales compuestos en base a tierra cruda, empleando técnicas similares a las del hormigón” que se desarrolla en conjunto con la Regionales Venado Tuerto y Rafaela.

OBJETIVOS

Objetivo Principal: encontrar una dosificación que emplee entre sus componentes mayormente tierra y que, usando técnicas de la construcción similares a las del Hormigón Armado, pueda dar respuesta a los requerimientos de resistencia que plantea un muro, una cimentación u otro componente constructivo para obras sencillas.

Objetivos secundarios:

- Proponer proporciones de suelo, arena y grava; y porcentajes de aglomerantes como el cemento, la cal y/o el yeso para obtener una mezcla fluida y resistente que permita trabajar muros de carga.
- Estudiar la factibilidad de aplicación de las normas establecidas para hormigones en los pastones de tierra vertida.
- Redactar un manual de procedimiento para la elección de materias primas, moldeo curado y ensayo del material de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los trabajos de investigación realizados en UTN, durante la **primera etapa** (2009-2010), comenzaron con una clasificación y selección de suelos locales, y una búsqueda empírica de dosificaciones, a partir de pruebas-error, que tiendan a mejorar la trabajabilidad y la resistencia a la compresión y erosión de probetas cilíndricas.

En particular, se emplearon limos, debido a que en el segundo horizonte de la llanura de la zona se encuentra prioritariamente este material, y arenas, ya que la ciudad de Santa Fe se ubica a la vera del río Paraná y su sistema hídrico permite la obtención de arena fina de manera poco dificultosa. También se hicieron pruebas con piedra partida, como agregado grueso, y aglomerantes, como la cal, el yeso, el cemento y combinaciones de los mismos.

Por simplicidad y manejo de técnicas se adoptó como metodología de moldeo y ensayos las utilizadas en el hormigón.

Los ensayos realizados fueron los siguientes:

- Asentamiento, con el cono de Abrams
- Retracción de la mezcla en probetas cilíndricas.
- Retracción de la mezcla por prueba de Alcock.
- Ensayo a compresión, utilizando una prensa hidráulica.
- Ensayo de resistencia a erosión (norma Craterre y New Zeland) [2].

En una **segunda etapa** (2011-2012), se estableció como parámetro fijo el uso de 4 volúmenes de Tierra limo-arcillosa, 3 volúmenes de arena y 2 volúmenes de escombros. La investigación se centro en el estudio de las proporciones de los aglomerantes antes mencionados y la incorporación de aditivos plastificante y

superfluidificante, y de aloe vera. Con esto se buscó optimizar la cantidad de agua a agregar a la mezcla y mejorar la trabajabilidad.

La incorporación de agregados gruesos, por el equipo UTN, se inclinó hacia el uso de escombros de construcción debido a que representa un menor costo que la piedra y es un material de fácil obtención. Los mismos fueron incorporados limpios y con un tamaño máximo de 2.5cm. Los suelos se utilizaron previamente molidos para mejorar la humectación de las partículas de arcilla.

También, se realizaron 2 bancos para evaluar el desempeño del material en el tiempo y la logística de trabajar a escala real. Como encofrados se adoptó los moldes utilizados para la técnica tapia (tierra apisonada).

La dosificación utilizada fue la siguiente: 2 partes de escombros – 3 partes de arena – 4 partes de tierra – 1 parte de cemento; y la cantidad de material necesario se calculó en función al volumen de diseño.

Para generar la base de apoyo de los bancos se utilizaron placas de ladrillos unidas con nervios de hormigón, lo cual redujo la tarea al simple emparejado del terreno y colocación de las placas. Los agregados gruesos se incorporan limpios pero sin selección de tamaños y el suelo incorporó en estado molido.

En la construcción del segundo banco se cubrió la obra con una lona para evaluar si la fisura en el primer banco se originó por fenómenos de retracción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los resultados de la **primera etapa** los mayores valores de resistencia a compresión se observaron en las probetas con contenidos de arena y piedra. Este hecho se corroboró, además, con los trabajos realizados por la parte mexicana, con la cual se fijó la incorporación de agregados gruesos a la mezcla y un rango de resistencias a la compresión entre 40 - 50 kg/cm².

Las probetas realizadas con yeso mostraron muy buenos resultados en cuanto a resistencia a la compresión y erosión pero la tarea del moldeo resultó muy difícil debido a la rapidez con que fraguaron.

En la **segunda etapa** se adoptó la variable asentamiento como parámetro representativo de la cantidad de agua incorporada a la mezcla, debido a que resulta mucho más fácil de controlar y medir.

Las pruebas con fluidificantes no arrojaron los resultados esperados en cuanto a la reducción del agua de amasado y mejora de la resistencia a compresión, pero se mostraron alentadores en cuanto a la trabajabilidad de la mezcla y la resistencia a erosión por chorro de agua. En cuanto a la incorporación de aloe los resultados obtenidos mostraron una mejor trabajabilidad de la mezcla en la mayoría de los casos, no así en la resistencia a compresión, la que se mantuvo o disminuyó con respecto a muestras patrón sin aditivo realizadas en simultáneo para no alterar las variables relacionadas con la humedad de los materiales, etc. Por lo anterior se destaca que, a pesar de no aportar demasiadas mejoras a la dosificación, la incorporación de aditivos resulta en pequeñas cantidades de manera que no se resiente la ecuación económica.

Las experiencias con diferentes contenidos de cemento mostraron un mayor descenso de la resistencia a compresión para contenidos de cemento de 6% y una disminución de la resistencia al desgaste por chorro de agua en probetas con edades, en promedio, superiores a los 50 días.

Con respecto a la construcción a escala real de bancos, en el primero, se presentaron fisuras en la parte superior en correspondencia con la ubicación de los agujeros del molde de tapia. En el segundo se tomó la precaución de curarlo y no se observaron fisuras, por lo que se supone que las fisuras del primero se debieron a un secado brusco.

Para realizar comparaciones con los resultados de resistencia a la compresión y erosión obtenidos en laboratorio se moldeó una probeta por cada pastón utilizado en la construcción de los bancos. Los resultados de resistencia a la compresión fueron similares a los obtenidos en muestras de laboratorio y en algunos casos superiores. En cuanto a los resultados de los ensayos a erosión por chorro de agua resultaron óptimos. También se moldearon probetas de tipo alcok, las cuales mostraron resultados de retracción aceptables.

CONCLUSIONES

La necesidad de incorporar material grueso y lograr una curva granulométrica bien graduada se presenta como la base para llegar a una dosificación adecuada a los objetivos fijados. Por ello se recomienda trabajar distintas granulometrías y tipos de suelos con el fin de llegar a conocer su comportamiento y poder establecer entornos granulométricos.

En cuanto al desempeño de los aglomerantes, si bien se optó por el cemento en la dosificación propuesta en la segunda etapa, el yeso mostró resultados muy alentadores en cuanto a resistencia a compresión y erosión a chorro de agua, por lo que se propone la realización de nuevas investigaciones con este material.

Las pruebas con fluidificantes no arrojaron los resultados esperados en cuanto a reducción del agua de amasado y mejora de la resistencia a compresión, pero se mostraron alentadores en cuanto a la trabajabilidad de la mezcla y la resistencia a erosión por chorro de agua. En cuanto a la incorporación de aloe, las experiencias muestran la necesidad de estudiar distintos contenidos para conocer más sobre su comportamiento.

La construcción de los bancos reveló la factibilidad de trabajar la tierra vertida con las mismas técnicas y herramientas que un hormigón normal.

Todo lo producido se tomó como antecedente para la redacción de un manual de procedimientos y descripción de técnicas operatorias que servirá, además, como sustento metodológico para la redacción de normas técnicas y para la capacitación de nuevas incorporaciones de personal.

REFERENCIAS

- [1] Leaetitia Fontaine et Romain Anger (2009). *Batir en Terre*. Paris, Editions Belin
- [2] NZS 4298:1998 - Materials and workmanship for earth buildings. SNZ. Wellington: Standards New Zealand, 1998.
- [3] Ariel Gonzalez; María Eugenia Germano (2011). "Desarrollo Interlaboratorial de Técnicas de Tierra Vertida". *XI Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra y el IV Seminario Internacional Investigación del Diseño Sustentables*. Tampico – Editorial Universitaria