

METODOLOGÍA DE CONTROL DE CALIDAD EN PRODUCCIÓN DE PANELES CON SUELOS ESTABILIZADOS

Adriana Beatriz García¹; Juan Pablo Mazzeo²; Armenia G. Martínez³

Facultad Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, Argentina, ¹abgarciafalcon@gmail.com;
²jpmazzeo@gmail.com;

³Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires-Facultad Regional Avellaneda, UTN, Buenos Aires, Argentina armelaboral@gmail.com

Palabras claves: control de calidad, suelos-cementos, suelos-cal, paneles, vivienda social

Resumen

El presente trabajo describe la implementación tecnológica de un sistema de control de calidad sobre la producción de paneles compuestos por suelos-cementos o suelos cal, destinados a la construcción de viviendas sociales. El mismo surge como parte del programa de tareas desarrolladas por becarios de investigación, estudiantes, graduados y docentes de la Facultad Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional (UTN). Este sistema de control de calidad se enfoca en el desarrollo de una metodología que incluye ensayos, diseño de equipamiento específico y observaciones del comportamiento de los productos obtenidos, que contribuya al aseguramiento de la calidad de las piezas fabricadas con suelos estabilizados y que se destinen a la construcción de viviendas sociales. Se han adoptado como bases las experiencias desarrolladas desde el año 2006 por el Grupo de investigación Tecnologías Constructivas Biosostenibles, en el Laboratorio de Ensayo de Materiales y Estructuras del Departamento de Ingeniería Civil. El desarrollo de productos cuyos materiales componentes resulten de fácil obtención y bajo costo, más requerido en la última década para satisfacer la demanda de vivienda, requiere métodos de control específicos que aseguren su calidad. El estudio y aporte de la Universidad Tecnológica Nacional, en este sentido, puede ser generador de mejoras en la calidad de vida de la población, resultando además interesante en sus aspectos bioambientales y sustentables, ya que la mayor energía que utiliza es renovable y su cadena de valor se incrementa por las facilidades de reciclado de los materiales y producto final. A partir de la investigación realizada se profundizarán los estudios de laboratorio que proponen métodos para optimizar los métodos de control y aseguramiento de la calidad de estas tecnologías, considerando la composición del suelo y su dosificación dentro de parámetros económicos.

1. INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad, los primeros habitáculos o construcciones protectoras, fueron hechas con "tierra cruda". Según los relevamientos realizados por organismos oficiales, más de un tercio de la población mundial habita en casas construidas con este material, tierra. Con el avance de las técnicas e investigaciones en curso, se han mejorado estas viviendas y se llega a construir estructuras e mayor complejidad.

Arqueológicamente, se encuentran construcciones con tierra que conformaron los primeros asentamientos humanos. La tierra fue empleada desde la antigüedad para todo tipo de estructuras, bajo diversas condiciones climáticas, resultando un material noble y de una vida útil por demás extensa.

Actualmente el suelo como material constructivo es utilizado en países de menores recursos económicos y sectores rurales alejados de zonas urbanas, comparado con países centrales donde ha desaparecido con la industrialización. Socialmente se ha generado la asociación de este material con la pobreza y la inseguridad (García; Nigro; Mazzeo, 2007).

No obstante, y ante el agotamiento de los recursos naturales, usados tradicionalmente por la industria, es cada vez más acuciante la necesidad de encontrar y poner en práctica los buenos usos en la construcción e implementar las buenas prácticas que engloba la sustentabilidad.

Muchas han sido las voces que se han levantado, a través de Organismos Internacionales en defensa del Medio Ambiente, tales como la ONU, OEA, Organizaciones sin fines de lucro, etc., que llaman a una toma de conciencia en defensa de los recursos que el planeta brinda.

Como ejemplo, cabe mencionar la reflexión realizada por la denominada Comisión Brundtland (ONU, 1987):

Meets the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet their own needs (Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades).

En la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo – Agenda 21 (ONU, 1992) se planteó un programa de acción sobre desarrollo mundial sostenible mediante lineamientos tendientes a tomar como base los mencionados aspectos. Presentó una propuesta de desarrollo orientada a mejorar la calidad de vida de la comunidad sobre la base de:

- Respetar la diversidad biológica, la ecología.
- Satisfacer necesidades básicas primarias de las personas, entre las que se encuentra la salud y la vivienda.
- Reducir del uso de recursos no renovables y la producción de basura.

La problemática de la escasez de vivienda se ha extendido a países de Latinoamérica y el mundo, acompañando a la escasez de recursos y pobreza. En Argentina, la Subsecretaría de Vivienda ha desarrollado desde el 2003 distintos Programas Federales destinados a atender diversas necesidades habitacionales.

Por otra parte, se desarrollan técnicas constructivas en las que se utilizan diferentes materiales como un desafío enfocado en el crecimiento de la denominada “construcción sostenible”, aquella que respeta y se compromete con el medio ambiente.

Las investigaciones que en la actualidad se llevan a cabo en distintos países, alientan el uso de los “ecomateriales” como materia prima para la construcción de viviendas.

La aplicación de estas tecnologías de bajo impacto como el uso de suelos estabilizados procura menor impacto en el medio ambiente, disminución de costos para un mejor aprovechamiento de recursos y principalmente deben atender a una mejor calidad de vida de las personas.

Este contexto requiere de sistemas que aseguren la calidad de las obras, desarrollando un sistema de control de calidad que incluya ensayos, diseño de equipamiento específico y observaciones del comportamiento de los productos obtenidos, asegurando la calidad de las piezas fabricadas con suelos estabilizados para la construcción de viviendas sociales.

2. ANTECEDENTES

Las edificaciones que emplearon piedra calcárea, ladrillo cocido y de tierra apisonada datan de muchos siglos.

Algunas de ellas, datan de 8000-6000 años a.C., como por ejemplo en Turquestán, las bóvedas del Templo de Ramses II en Egipto, la gran muralla China construida del siglo V a.C. (Minke, 2001). En América los vestigios más importantes se encuentran en México, Estados Unidos, Perú, Brasil y otros países de la región. En la Argentina, la construcción en tierra, la típica casa de adobe, se desarrolló fuertemente durante todo el periodo colonial. Construcciones como el Convento de San Francisco en la Provincia de Santa Fe o las Estancias Jesuíticas en la Provincia de Córdoba, se encuentran aún en pie y en buen estado de conservación.

En el extremo Norte de Argentina, en Provincias de Salta, Jujuy, Tucumán, Catamarca, el adobe es de uso frecuente.

Destacados grupos de investigación en la temática, tales como el CECOVÍ - Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda. (UTN-Facultad Regional Santa Fe) y el CRIATIC - Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (Universidad Nacional de Tucumán), entre otros en Argentina, han detectado fallas que pueden sintetizarse en los ítems que a continuación se detallan:

- Selección del material
- Selección de mezclas dosificadas
- Deficiencias en el proceso constructivo
- Falta y/o escasez de especificaciones técnicas
- Falta de mantenimiento adecuado que asegure la calidad de las obras

Actualmente existen desarrollos de normativas en torno a la construcción con suelos para vivienda en Brasil, Colombia, Perú, Ecuador, Chile, EEUU, India, Italia, África entre otros, algunos orientados a la construcción con adobe y/o a la preservación de patrimonio.

La evaluación de desempeño y aptitud técnica a través de modelos constructivos elaborados con suelo estabilizado para su uso en viviendas, requiere desarrollos que contribuyan a asegurar la calidad, y conformen una base válida para el futuro diseño de normas específicas para la construcción de viviendas con este tipo de material, inexistentes actualmente en el país.

No obstante, existen ya trabajos presentados desde el año 2006 por este mismo equipo de investigación, además de otros antecedentes generados por acciones de PROTERRA orientados a su tratamiento, así como algunos registros de ordenanzas municipales con disposiciones al respecto que pueden servir como base para el tratamiento y definición de futuras normativas técnicas argentinas.

En el Laboratorio de Ensayo de Materiales y Estructuras (LEME), Departamento de Ingeniería Civil de la UTN – Facultad Regional Avellaneda, el equipo de investigación realiza trabajos enfocados en tecnologías constructivas biosustentables desde hace una década.

Se ha trabajado en el desarrollo de materiales que disminuyen daños al medioambiente, metodologías de control de calidad, alentando la formación académica de los futuros ingenieros civiles, basada en prácticas de sustentabilidad que aseguren la calidad de las obras.

El proyecto “Sistema de Control de Calidad de Modelos Constructivos con Suelo Estabilizado - SCC-MOD” (2007-2010), homologado por UTN, se orientó en la generación aportes que facilitaran el establecimiento de metodologías de control y el aseguramiento de la calidad de las obras, promoviendo fundamentalmente la mejora de la calidad de vida de la población.

La edificación utilizando suelos estabilizados es de bajo impacto hacia el medio ambiente y disminuye los costos comparativos con construcciones tradicionales, aplica tecnología de baja complejidad y ductilidad en la transferencia a la comunidad, facilitando su uso en la autoconstrucción.

3. OBJETIVOS

El presente trabajo pretende aportar una metodología en el control de calidad, destinada a mejorar la calidad en la producción de los paneles con suelos estabilizados para su uso final en la vivienda, considerando requisitos técnicos, ambientales y sociales.

Esto implica establecer:

- Un desarrollo metodológico de criterios de control, tanto en Laboratorio como en campo, destinados a lograr una construcción sostenible sobre los que el profesional debe reflexionar y adoptar decisiones en relación al diseño. Dentro de estas pautas, se deben analizar las condiciones geográficas y atmosféricas donde se emplazará la estructura, los recursos naturales propios de la región, para la toma de decisiones respecto de los materiales a utilizar en la construcción, evitando el traslado de materiales foráneos a la región. Esto último, además, propende a la reducción de costos en el mantenimiento de la estructura.
- La determinación de técnicas de control basadas en prácticas experimentales, diseño de modelos de ensayo, evaluación de su comportamiento físico-mecánico.
- Herramientas documentales de registro de ensayos y lista de verificación de criterios de control global.

4. DESARROLLO

Es de vital importancia aplicar criterios de calidad en la etapa de diseño de las mezclas y ejecución de la construcción. La aptitud del modelo constructivo, resistencia, durabilidad, etc., está en relación directa con la adecuación de la calidad de los materiales componentes, y adecuados criterios para adoptar procedimientos constructivos que aseguren la calidad de los paneles para viviendas como producto final.

Según los estudios realizados, las causas de falla pueden ser adjudicadas principalmente a la etapa de diseño y proyección de la construcción. Todo esto conlleva a un incremento en el costo final de la vivienda, a un desmesurado gasto energético y consumo de agua excesivo, a un uso indiscriminado de recursos naturales, a una selección negativa de materiales que pueden agredir el medioambiente, y por último, la producción de residuos hostiles para la naturaleza y el hombre.

Resulta apropiado insistir en esta etapa, debido a que minimizar las fallas y patologías en las construcciones con suelos estabilizados para su uso en viviendas de interés social, posibilitaría una mejora en la confiabilidad de uso y aplicación de estos sistemas constructivos.

Se entiende que los sistemas de control de calidad sobre los materiales y productos deben contemplar:

- Ensayos para determinar el material base de los modelos
- Ensayos de control de los modelos resultantes
- Diseñar las técnicas de aplicación en los procesos constructivos.

Para llegar a determinar estas metas, se ha analizado todo el material que a lo largo de los años se ha recopilado, los análisis y evaluaciones de antecedentes, las patologías presentes, las normas nacionales e internacionales referentes a la temática.

4.1. Metodología de control de calidad

- El suelo a adoptar debe provenir de una zona próxima

Es importante destacar que preferentemente los suelos seleccionados deben ser adquiridos próximos a la zona de emplazamiento de la construcción, en nuestro caso en particular, próximo al emplazamiento del laboratorio de la Facultad Regional Avellaneda, donde se realizaron todas las pruebas. La cantera proveedora del suelo debe encontrarse, como se ha dicho anteriormente, en proximidad del emplazamiento.

- Ensayos y análisis

El suelo adoptado se sometió a ensayos de caracterización y evaluación de comportamiento físico-mecánico comparativo, con el agregado de cemento y cal como estabilizantes. Esto

permite la determinación las características físicas y organolépticas, tanto del suelo en estado natural como aquel que ha sido estabilizado; determinación de la densidad máxima de compactación y humedad óptima de moldeo.

Se evalúan los resultados de ensayos sobre materias primas base para utilizar en los modelos.

Toda la información producida en esta etapa se volcó en fichas, denominadas “Modelo de Identificación de Suelos”, donde constan los siguientes datos:

- Extracción de muestras (IRAM 10500).

Datos de identificación que caracterizan la muestra. Fecha de extracción del suelo, cantidad de muestra, identificación de la cantera, zona, profundidad de extracción, color y olor.

- Granulometría (IRAM 10507).

Resultados porcentaje que pasa los tamices IRAM N°10, N°40 y N°200.

- Constantes físicas (IRAM 10501).

Resultados porcentuales de límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP).

- Clasificación de suelos.

Determinación según los métodos de las normas IRAM 10509 y VN-E4-84 de la Dirección Nacional de Vialidad.

De acuerdo a todos estos estudios se puede determinar el tipo de suelo y su origen. Con el agregado de estabilizantes, cemento y cal aérea, se evaluó el comportamiento del suelo seleccionado, y el grado de variabilidad de su plasticidad con cada tipo de estabilizante.

- Ensayo de compactación.

Se determina en laboratorio el comportamiento por compactación de los suelos seleccionado y con el agregado porcentuales crecientes de cementos y cales como estabilizantes (IRAM 10511-10522). Del estudio surgió la mezcla de mejor calidad y se determinaron la densidad máxima de compactación y humedad óptima.

Esto permite obtener los porcentuales más adecuados de cementos y/o cales para el suelo seleccionado, pudiendo medir los requerimientos de agua que la mezcla necesita para alcanzar a una densidad óptima.

- Diseño de las mezclas.

Se selecciona aquella mezcla que evidencia mejor desempeño considerando todos los ensayos realizados.

- Ensayos mecánicos.

Se realiza el moldeo de probetas de suelos estabilizados y seleccionados, manteniendo controlada la densidad máxima y humedad óptima, para verificar su resistencia a la compresión según la Norma VN-E-33-67 de la Dirección Nacional de Vialidad.

En este caso por tratarse de suelos finos se moldearon probetas cilíndricas de 50 x 100 mm, las cuales posteriormente se ensayaron a las edades de 7, 14 y 28 días.

- Construcción de modelos experimentales para ensayo.

Se trabajó en diferentes etapas sobre la base de construcción de modelos con posibilidades de ser ensayado con el equipamiento disponible en Laboratorio previa adaptación de mecanismos para la seguridad de los resultados. Se han evaluado y diseñado tipo de modelo experimental, método de moldeo y compactación.

El ensayo a la compresión se realiza en un pórtico de carga preparado para tal fin. El mismo cuenta con un dispositivo de transmisión de carga que asegura que se aplique dicha carga

en forma distribuida a lo largo de la sección transversal del elemento en estudio (0,10 m x 1,00 m) y con incrementos progresivos hasta su rotura.

Para el ensayo a la compresión se desarrollaron diferentes técnicas de moldeo de modelos evaluando la simplicidad del trabajo, las alteraciones durante el proceso constructivo, el proceso de curado, el estudio de fallas y la prevención de aquellas potenciales.

a) Modelo a mediana escala para ensayos de diseño en laboratorio.

Incluye el diseño de un molde metálico reforzado con su sistema desmontable cuyas dimensiones de 1,00 m x 1,00 m x 0,10 m que facilitara su utilización en laboratorio evitando las dificultades propias de una escala real.

Método de moldeo y compactación. Se utiliza un equipo compuesto por un pisón neumático asistido por un compresor (Figura 1). El moldeo se realiza colocando capas del suelo estabilizado definido en la etapa anterior, cuidando que durante el proceso se mantengan las condiciones de humedad óptimas definidas. Se realizan capas de 0,10 m, compactadas a razón de 200 golpes por capa.



Figura 1. Equipo de apisonado automático (García; Nigro; Mazzeo, 2007)

Desmolde y curado. El desmolde se realiza a las 48 horas e inmediatamente se protegen las muestras con polietileno para que no pierdan humedad durante el proceso afectando su resistencia y durabilidad. Se mantienen las muestras en ambiente de laboratorio de 20-24°C hasta su ensayo a las edad de 28 días.

b) Modelo para ensayos de control en laboratorio y campo.

Se diseñaron modelos de probetas de pequeñas dimensiones que resultaran representativas de la calidad de los materiales en la obra, considerando la facilidad de utilización y forma representativa de los paneles.

Se diseñaron y utilizaron moldes metálicos reforzados con sistemas desmontables cuyas dimensiones son de 0,30 m x 0,30 m x 0,10 m (Figura 2).

Método de moldeo y compactación:

Se utilizó el equipamiento de moldeo descrito anteriormente. El moldeo se ejecutó en tres capas con energía de compactación automática equivalente aplicada durante 60 segundos por capa.

Desmolde y curado:

El desmolde se realizó a la 24 horas. Se pesan para verificar la densidad y se colocan de manera de preservar la humedad en ambiente de laboratorio 20°-24°C hasta su ensayo a 7 y 28 días.

La frecuencia de extracción de muestra se estimó conveniente de al menos una muestra cada 10 m² de panel.

La muestra está compuesta por al menos tres especímenes para su ensayo a la compresión a las edades de 7 y 28 días, expresada en MPa.



Figura 2. Probeta de suelo estabilizado ensayo a la compresión LEME UTN-FRA
(García; Mazzeo, 2010)

4.2. Criterios para establecer el sistema de control

Considerando los antecedentes y las pautas de trabajo que guiaron las investigaciones, se asumen los criterios de responsabilidad sobre la construcción sostenible. Por lo cual se plantean criterios que deben evaluarse al momento de diseñar una vivienda de interés social (Dirección de Tecnología e Industrialización, 2000) y se verifican durante la construcción (Dirección de Tecnología e Industrialización, 2008), cotejándolos con la lista de verificación, que a continuación se enumera:

1. Medioambiente

Respeto por el entorno, analizar las propuestas y optar por los caminos que lleven a una menor agresión al medioambiente.

Cuidar la calidad de vida de los destinatarios de la vivienda social; es decir, analizar y optar por los materiales y componentes que no dañen la salud e integridad de las personas.

2. Recursos

Se deberán diseñar las mezclas y métodos constructivos de las viviendas, minimizando el consumo de agua, cuidando esta fuente de vida. Además, se deberán evitar, en lo posible, los contaminantes de suelos y el consumo racional de energía.

Se deberá priorizar la elección de materiales locales, evitando los traslados, que encarecen la construcción y consumen gran cantidad de recursos. Minimizar la contaminación y residuos.

3. Criterio calidad vivienda

Salvaguardar el medioambiente, sus recursos naturales y las energías no renovables, llevan a la mejor decisión en la adopción de los materiales a utilizar para la construcción de viviendas de interés social, y en consecuencia, la calidad de vida de sus habitantes.

Esta calidad se traduce, además, en los procesos constructivos que demandan buenas prácticas, tales como la reducción de energía y residuos tóxicos.

Junto con los criterios de buenas prácticas, elección de materiales, procesos constructivos, se deberá elaborar un protocolo de evaluación y mantenimiento de las estructuras resultantes, una guía práctica para que los mismos usuarios de la vivienda puedan realizar esta tarea, otorgando calidad a la vida útil de la misma.

4. Factor humano

Es necesario continuar con la tarea ya emprendida en muchas regiones, tanto de nuestro país como así también del resto de Latinoamérica, respecto de la formación de grupos humanos capaces de autogestionar la construcción de viviendas de interés social.

Esta formación sería muy valiosa si emana directamente de los productores de conocimiento, tales como, Laboratorios de investigación universitarios y aquellos insertos en empresas que brinden y aporten conocimientos que generen valor para la sociedad.

Además, es necesario difundir estos conocimientos a la sociedad en su conjunto, a fin de concientizar sobre la preservación de los recursos naturales, sobre el respeto hacia la naturaleza y todo lo que ella brinda.

5. CONSIDERACIONES FINALES

La selección de métodos de compactación automatizados ha facilitado lograr desempeños adecuados de los modelos elaborados.

La metodología empleada es sensible al tipo de compactación, el equipamiento y el curado aplicado.

El método aplicado de compactación automática ha registrado repetibilidad entre muestras ensayadas.

Las patologías detectadas durante el proceso en general se asocian a defectos ocurridos en el moldeo, su compactación y alteraciones en los contenidos de humedad respecto de los determinados en el diseño.

La extensión del sistema de control durante la etapa constructiva a través de la extracción de muestras periódicas puede considerarse un aporte de aplicación sencillo en obra debido a que los moldes son de fácil maniobrabilidad y transporte.

La formación de estudiantes universitarios y técnicos en sistemas de control para este tipo de material en laboratorio y propicia la transferencia a e instalación en obras por la facilidad de implementación, asegurando la calidad de los materiales componentes de las mezclas y elementos durante el proceso de construcción.

Los modelos desarrollados han generado la posibilidad de estudiar las patologías de patologías y fallas a mediano y largo plazo.

La aplicación de controles en obra contribuye a las mejora de la calidad final (resistencia y durabilidad) de las construcciones, en especial para grupos de autoconstrucción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dirección de Tecnología e Industrialización, (2000). Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social. Buenos Aires: Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. Ministerio de Infraestructura y Vivienda.

Dirección de Tecnología e Industrialización, (2008). Recomendaciones para inspectores. Buenos Aires: Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. Ministerio de Infraestructura y Vivienda.

Dirección Nacional de Vialidad, (1998). Normas de Ensayo VN-E4-84 – Clasificación de suelos. Buenos Aires: Dirección Nacional de Vialidad. Secretaría de Obras Públicas. Ministerio de Economía, Obras y Servicios Públicos.

Dirección Nacional de Vialidad, (1998). Normas de Ensayo. VN-E33-67. Ensayo de compresión de probetas compactadas de suelo-cal y suelo-cemento. Buenos Aires: Dirección Nacional de Vialidad. Secretaría de Obras Públicas. Ministerio de Economía, Obras y Servicios Públicos.

García, A.B.; Nigro, E.; Mazzeo, J.P. (2007). Métodos de control de calidad aplicados a modelos constructivos con suelo estabilizado. Anuario de Investigación de Construcción con Tierra y del Diseño Sustentable. ISBN 978-970-9031-22-5. México: Ediciones Universidad Autónoma de Tamaulipas, p.191-195.

IRAM, (1968). IRAM 10500. Mecánica de suelos. Preparación de muestras. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.

IRAM, (2007). IRAM 10501. Geotecnia. Método de determinación del límite líquido y del límite plástico de una muestra de suelo. Índice de fluidez e índice de plasticidad. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.

IRAM, (1986). IRAM 10507. Mecánica de suelos. Método de determinación de la granulometría mediante tamizado por vía húmeda. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.

IRAM, (1982). IRAM 10509. Mecánica de suelos. Clasificación de suelos, con propósitos ingenieriles. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.

IRAM, (1977). IRAM 10511. Mecánica de suelos. Método de ensayo de compactación en laboratorio. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. IRAM, (1971). IRAM 10521 – Suelos. Clasificación por el sistema del índice de grupo. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.

IRAM, (1972). IRAM 10522. Mecánica de suelos. Método de ensayo de compactación en mezclas de suelo-cemento. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.

Minke, G. (2001). Manual de construcción en tierra. ISBN: 9974-42-078-4. Uruguay: Editorial Nordan-Comunidad.

ONU (1987). Report of the World Commission on Environment and Development - WCED N° A/42/427 (Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo a la Asamblea de Naciones Unidas). Estados Unidos: Organismo de Naciones Unidas.

ONU (1992). Conferencia de las Naciones Unidas sobre Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Agenda 21. Organismo de Naciones Unidas ONU, División for Sustainable Development. En: <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/index.htm>

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la dedicación e interés de los becarios y estudiantes investigadores de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad Regional, así como al personal técnico del Laboratorio de Ensayo de Materiales y Estructuras (LEME).

AUTORES

Adriana Beatriz García. Ingeniera en Construcciones, Magíster en Docencia Universitaria. Quality System Manager, Quality Auditor DGQ-European Organization for Quality. Docente investigadora, directora proyectos de I+D+i del Dpto. Ingeniería Civil, Coordinadora de Ciencia y Tecnología, UTN-FRA delegada UNILAB. Asesora en tecnología de materiales hace aprox. 30 años. Auditora en Gestión de la calidad en el área pública y privada. Miembro de PROTERRA.

Juan Pablo Mazzeo, Ingeniero Civil. Docente investigador Dpto. Ingeniería Civil, Co-Director de proyectos de I+D+i en tecnología de materiales de construcción de UTN-FRA. Proyectista y calculista

de estructuras metálicas y de hormigón armado en el ámbito privado desde hace aprox. 10 años. Miembro de PROTERRA.

Armenia G. Martínez. Personal de apoyo a la investigación Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Investigadora en proyectos de I+D+i en tecnología de materiales de construcción, miembro de equipo de la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado, UTN-FRA. Actividad como personal de apoyo a la investigación en laboratorio el ámbito público desde hace aprox. 27 años.