

DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA LA FABRICACIÓN DE MATERIALES AGREGADOS RECICLADOS (AR) CON BASE EN RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN

MARÍA NEFTALÍ ROJAS VALENCIA

La generación y manejo de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial son uno de los problemas ambientales de la sociedad actual. La gran producción de basuras domésticas, restos de mobiliario, residuos de construcción y demolición, así como desmontes de terrenos y jardines, obliga a establecer servicios especiales de recolección, almacenamiento y tratamiento de dichos residuos, sin embargo, muchos de ellos se siguen vertiendo a ríos, lagunas, lagos y a sus riberas; se acumulan en terrenos baldíos, banquetas, barrancas, tiraderos a cielo abierto y vertederos, los cuales producen un serio impacto sobre el paisaje, el suelo y la calidad del aire.

En 2011 partiendo de las necesidades del proyecto titulado *Diagnóstico preliminar para un plan de manejo de residuos sólidos en el parque Ecológico Tuzantepetl, Veracruz* (proyecto elaborado para el Instituto de Biología-PEMEX) y con el apoyo de un grupo multidisciplinario en el cual participó el Dr. David Morillón, entre otros investigadores, tomó fuerza la línea de investigación *Valorización y desarrollo de materiales a partir de residuos sólidos urbanos y de manejo especial*, la cual tiene dos objetivos: el primero, dar valor agregado a residuos generados en diferentes edificaciones e industrias, dándoles un manejo apropiado cambiando el término de residuo por materia prima, para que sean utilizados nuevamente, y el segundo, desarrollar técnicas menos perjudiciales para el ambiente, mediante el aprovechamiento de la materia prima.

Esta línea de investigación se divide en tres ejes principales: 1) Caracterización de materiales, diseño de mezclas y manufactura, 2) diseño y manufactura de máquinas moldeadoras de ladrillos y 3) diseño y manufactura de un desecador solar a pequeña escala para adobes, ladrillos y bloques. A continuación, se describen los avances en cada eje.

1) Caracterización de materiales, diseño de mezclas y manufactura

El primer eje de investigación está enfocado a la valorización y aprovechamiento de los materiales de excavación y residuos de construcción que se generen en cualquier edificación. Se han probado materiales de excavación y residuos de construcción provenientes de Puebla, Estado de México, Ciudad de México, Hidalgo y Morelos, y mezclas de algunos de éstos con excelentes resultados y se continua con el desarrollo experimental, con el fin de integrar el uso de diversos materiales como residuos de tala, aserrín, cartón, residuos provenientes de la industria nopalera, papelera, azucarera y plásticos; por lo que se puede decir que esta tecnología puede tener una cobertura muy amplia dirigida al campo de la construcción sostenible.

En el año 2015 se generaron en la República Mexicana 12 millones de toneladas (t/año) de residuos de construcción (RC), sólo en la Ciudad de México se generan 7,000 t/día de RC sin considerar los generados por fenómenos naturales. Actualmente sólo se reciclan 1,000 t/día.

Paralelamente, la demanda de ladrillos en México es de aproximadamente 280 millones de piezas por Estado, lo que acarrea graves problemas ambientales, entre ellos el de la explotación y consumo desenfrenado de bancos de materiales vírgenes.

Por lo que, si se toma en cuenta las cifras anteriormente mencionadas se puede ver que se tiene un potencial de materia prima que podría ser disponible para el sector ladrillero.



Como productos de este eje de investigación se solicitó una patente en 2014, la cual se refiere a eco-ladrillos. Pueden ser fabricados a partir de residuos de excavación (arcilla), residuos de construcción triturados de granulometría (3/8 y 1/4”) a finos sólo cementantes, residuos de tala (producto del corte de árboles y ramas) y una mezcla líquida entre agua y mucílago de nopal. El eco-ladrillo puede ser utilizado en la construcción de muros interiores y en construcciones exteriores usando como recubrimiento un acabado convencional.



Los eco-ladrillos pueden ser empleados como sustitutos de ladrillos fabricados con materiales de primer uso, en muros divisorios, bardas, pretilos y parapetos, sólo por mencionar algunos. Al igual que se hace en los muros de ladrillos convencionales el estructurista puede decidir si es necesario incluir elementos de refuerzo como castillos y cadenas alrededor de los muros. Otros beneficios de esta tecnología es cumplir con el proyecto de norma ambiental PROY-NADF-007-RNAT-2013, que establece la obligación de reciclar los residuos generados en la obra en la Ciudad de México, también, cumplir con la norma NMX-AA-164-SCFI-2013 que establece los requerimientos de las Edificaciones Sustentables en cuanto a minimización, reutilización y/o reciclaje de los residuos generados desde la planeación de la obra.

Otras de las ventajas es la eliminación de emisiones al ser ladrillos que no requieren cocción, la disminución de la explotación de bancos de material virgen, el coste de adquisición y su transporte. Además, determinar la forma y tamaño de los ladrillos de acuerdo con las necesidades y ser un excelente aislante térmico, motivo por el cual se reducen las demandas de energía.

Estudios más recientes han llevado a la fabricación de Recobloques y bloques-AR, ambos incluyen en sus mezclas agregados reciclados (AR). Antes de la manufactura se realizan pruebas preliminares al material de excavación ya que el comportamiento de algunas características físicas del suelo es fundamental para las mezclas. También se llevan a cabo pruebas físicas, químicas y mineralógicas para los residuos de construcción y pruebas de erosión e intemperismo.

Los resultados muestran que los eco-ladrillos, Recobloques y bloques-AR cumplen con lo que se solicita en las normas mexicanas: NMX-C-038-ONNCCE-2004 para determinar las dimensiones de los ladrillos, NMX-036-ONNCCE-2004 para resistencia a la compresión, NMX-037-ONNCCE-2005 para la absorción de agua máxima inicial, NMX-C-441-ONNCCE-2013 para uso no estructural y NMX-C-404-ONNCCE-2005 para uso estructural. A nivel internacional, los Recobloques elaborados con la mezcla de suelos y mucílago de nopal cumplen con la resistencia mínima establecida en Brasil, Colombia, España, Francia y Kenia.

Cabe destacar que se ha firmado un convenio de colaboración entre la UNAM y la Universidad de Aconcagua de Chile, para unir esfuerzos con el Ingeniero Constructor Luciano Montiel Reyes, con el fin de desarrollar nuevos proyectos que se puedan patentar como el *Diseño y construcción de un prototipo*

de un Sistema de Bloques Trabables o Plug and Play, empleando residuos de construcción y plásticos para construir una estructura monolítica aplicable en la industria de la edificación.

El objetivo es obtener un diseño innovador de vanguardia que, al utilizarlo como material de construcción, libre de aglomerantes, genere un nuevo desarrollo tecnológico que ayude a dar respuesta sustentable a las necesidades de auto construcción y a la industria de la edificación tanto en México como en Chile. Además, con esta tecnología se da una respuesta constructiva rápida ante eventos inesperados.

Otras actividades de intercambio académico se han tenido con el Dr. José Manuel Gómez Soberón del Departamento de Arquitectura Tecnológica de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España. Dos alumnas de ingeniería ambiental y uno de ingeniería civil han realizado una estancia de investigación en dicha Universidad y como resultado se tiene la publicación de un artículo en la revista *Appl. Sci.* 2017, 7(10).

Es importante señalar que se ha formalizado el primer intercambio académico apoyado por el programa de Movilidad Académica Internacional de la Secretaría Técnica de Intercambio Académico de la Coordinación de la Investigación Científica, UNAM.

Por último, en colaboración con la Dra. Mabel Vaca Mier de la UAM-Azcapotzalco, se están utilizando los agregados reciclados (AR) sólo cementantes para encapsular suelos ya tratados que estuvieron contaminados con metales.

2) Diseño y manufactura de máquinas moldeadoras de ladrillos

El segundo eje de investigación está enfocado al diseño, básicamente a la generación de planos para la manufactura de máquinas moldeadoras de ladrillos.

Al respecto, en 2015 se solicitó la segunda patente la cual se refiere a una máquina moldeadora de ladrillos que se fabricó con materiales provenientes de residuos de la construcción, actualmente se está desarrollando una ladrillera multifuncional empleando materiales más resistentes y convencionales apoyada por el Ing. David Santoyo del Laboratorio de Diseño Mecánico y Manufactura Avanzada del Instituto de Ingeniería.

3) Diseño y manufactura de un desecador solar a pequeña escala para adobes, ladrillos y bloques

En México existen más de 17 mil productores artesanales que usan 8,000 hornos rudimentarios de baja eficiencia para cocer ladrillos de arcilla, sin posibilidades de control de emisiones, lo

que genera gases peligrosos y afecta gravemente al ambiente ya que el cocido de cada lote tarda varios días (INECC, 2018).

Lo anterior motiva la implementación de tecnologías avanzadas y menos contaminantes como aprovechar la radiación solar para acelerar la disminución del contenido de agua presente en ladrillos, lo cual representa una ventaja ambiental ya que reduciría a cero la gran cantidad de emisiones a la atmósfera que arroja un horno típico que se emplea en el sector ladrillero, mejoraría la calidad de vida de los ladrilleros y de las comunidades adyacentes a las plantas de producción, especialmente en zonas con alta concentración de ladrilleras.

Como producto de este eje se ha diseñado, construido y puesto en marcha un desecador solar (de primera, segunda y tercera generación) a pequeña escala para adobes, ladrillos y bloques; para este proyecto se buscó la colaboración del Mtro. Felipe Muñoz Gutiérrez del Instituto de Ingeniería y de la Universidad de Cottbus Alemania. Con esta Universidad se realizó un primer intercambio académico en el que el alumno Sathya Rajan Karuppasamy Vasurajan (Masters Environmental & Resource Management de la BTU) estuvo en México realizando su tesis *Use of construction materials from waste*.

En esta línea de investigación han realizado su servicio social más de una docena de alumnos provenientes de diferentes carreras entre las que se encuentran arquitectos, ingenieros civiles, industriales, químicos, biólogos y administradores. Se han titulado alumnos tanto de licenciatura como de maestría y se encuentran en desarrollo una tesis de licenciatura y tres de maestría. Se han presentado trabajos en tres congresos tanto en México como en el extranjero con el apoyo del Dr. Morillón y cinco artículos en revistas indexadas tanto nacionales como internacionales. Además de participar activamente en los talleres que organiza el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) del sector ladrillero artesanal en México. Si desea mayor información sobre esta línea de Investigación favor de comunicarse con

MRojasV@iingen.unam.mx |

