

Hacia la determinación de la viabilidad ambiental de los sistemas constructivos: el caso de los BTC en la zona central de la República mexicana*

Inti Martínez Gaytán

En los últimos años el tema de la sustentabilidad se ha abordado desde los espacios más diversos, motivado en gran parte por los serios problemas de degradación ambiental que actualmente se hacen presentes en todas las latitudes del mundo. Sin embargo, el tema engloba (o debería englobar) un universo mucho más complejo que involucra también aspectos sociales, económicos y culturales. En el ámbito de la arquitectura y la construcción se ha mostrado un gran interés por el medio ambiente y se ha progresado en procesos de diseño y uso de materiales que buscan ser cada vez más amigables con el entorno natural.

En la construcción con tierra cruda, se puede identificar una gran oportunidad, ya que en principio, requiere un mínimo de procesos de transformación, no necesita de combustibles para su elaboración, no produce emisiones contaminantes, y generalmente puede usarse el propio material circundante al terreno de la construcción. Además, bajo un diseño y aplicación adecuados, se pueden generar espacios confortables con lo que se abate, en cierta medida, el gasto energético requerido para la climatización de los espacios, tanto en zonas frías como cálidas. Sin embargo, hay que reconocer que esta serie de conceptos resultan relativos y muchas veces se basan en supuestos respaldados solamente por el sentido común y la simple intuición, por lo que demandan una evaluación rigurosa a fin de convertirse en la base de normas y especificaciones de amplia aplicación.

El reto consiste en transformar los supuestos en planteamientos comprobados que permitan cuantificar e interpretar los *beneficios* ambientales, a partir de la construcción de una metodología desde la cual sea posible ordenar parámetros de evaluación y, sobre todo, elementos de comparación. La presente propuesta busca plantear y desarrollar el concepto de *viabilidad ambiental*, a partir de la definición de materiales y procesos constructivos ambientalmente viables desde una ponderación que relativiza una opción *con respecto* a otra. Esto quiere decir que si se busca determinar, por ejemplo, la viabilidad ambiental de los bloques de tierra comprimida (BTC), será necesario utilizar otro material y sistema constructivo de referencia, como puede ser el caso del ladrillo recocido o el bloque de cemento (por pertenecer también a la categoría de materiales de mampostería). De tal manera, se podrá

* Cómo citar este artículo: Martínez, 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. En: Apuntes 25 (2): 248 - 257.



*Construcción con BTC en el centro
de la república mexicana.
Fotografía:
Luis Fernando Guerrero Baca.*

Hacia la determinación de la viabilidad ambiental de los sistemas constructivos: el caso de los BTC en la zona central de la República mexicana

Determination of the environmental feasibility of building systems: the case of BTC in the central area of the Mexican Republic

Para determinar a viabilidade sistemas de construção ambientais: o caso da área central BTC da República mexicana

Inti Martínez Gaytán

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
imgaytan@gmail.com

Ingeniero en Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua y Magíster en Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de la Ciudad de México. Con un Diplomado en Estudios Urbanos Avanzados y el Diplomado en Defensa y Promoción de los Derechos Humanos, ambos de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México. En lo laboral destacan su coordinación de la oficina de la Senadora Rosario Ibarra, asesoría de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal y la coordinación de un programa de Microcuencas Hidrográficas en la misma institución.

RESUMEN

El presente trabajo expone los avances de una investigación tendiente a la definición y caracterización de una metodología que permita la evaluación de la *viabilidad ambiental* de materiales constructivos, a partir del estudio de caso de los bloques de tierra comprimida utilizados en el centro de la República Mexicana.

A los materiales de tierra cruda se les ha concedido la categoría de ecológicos, limpios, o sustentables. Sin embargo no se ha explicado a fondo el por qué. Generalmente se argumenta su bajo o nulo consumo energético, pero el espectro ambiental es mucho más amplio y complejo. Desde la lógica del *análisis de ciclo de vida* (ACV) es posible identificar eventos en cada etapa de un material, desde la extracción de materias primas hasta el final de su vida útil. Tomando en cuenta esta lógica, y conociendo de manera general los procesos productivos de tres materiales de mampostería, se hace un ejercicio deductivo, a partir del cual se otorgan valores de posibles impactos positivos y negativos a cada uno, en relación con ocho variables de interés, a lo largo de cada etapa de su ciclo de vida.

Palabras clave: bloques de tierra comprimida, viabilidad ambiental, análisis del ciclo de vida

ABSTRACT

This paper presents the progress of an investigation that pretends to identify and characterize a valid method for assessing the environmental viability of building materials, focusing on the case study of compressed earth blocks used in central Mexico.

Raw earth materials have been granted the status of green, clean, or sustainable. But it has not been fully explained why. Generally, the argument revolves around their low or zero energy consumption, but the environmental spectrum is much broader and complex. From the logic of life cycle analysis (LCA) it is possible to identify events at each stage of a material, from raw material extraction to the end of its useful life. Based on this logic, and generally knowing the production processes of three masonry materials, it becomes a deductive exercise, from which possible values are provided with positive and negative impacts, for eight interest variables, along each stage of its life cycle.

Keywords: compressed earth blocks, environmental viability, life cycle analysis

RESUMO

Este artigo apresenta o andamento de uma investigação para a identificação e caracterização de uma metodologia para avaliar a viabilidade ambiental dos materiais de construção, a partir do estudo de caso de blocos de terra compactada no centro do México.

A matéria-prima da terra têm sido concedido o estatuto de verde, limpo, ou sustentável. Mas não totalmente explicado o porquê. Geralmente argumentou sua energia baixa ou zero, mas o espectro ambiental é muito mais amplo e complexo. A partir da lógica de análise do ciclo de vida (ACV) é possível identificar eventos em cada fase de um material, a partir de extração da matéria-prima para fim da vida. Com base nesta lógica e, geralmente, conhecendo os processos de produção de três materiais de alvenaria, torna-se um exercício de dedutivo, a partir do qual os valores são dados impactos positivos e negativos para cada um, em relação a 8 variáveis de interesse, ao longo de cada fase do seu ciclo de vida.

Palavras Chave: blocos de terra comprimidos, a viabilidade ambiental, análise de ciclo de vida

SICI: 1657-9763(201212)25:2<248:HDVASC>2.0.TX;2-7

* Los descriptores y key words plus están normalizados por la Biblioteca General de la Pontificia Universidad Javeriana.

Artículo de investigación

El artículo se desarrolla durante el proceso de investigación del autor, encaminado a consolidar la Tesis de la Maestría en Arquitectura, en la Universidad Nacional Autónoma de México.

Recepción: 10 de agosto de 2012

Aceptación: 22 de septiembre de 2012

cuantificar la viabilidad ambiental, a partir de la distancia ambiental que existe entre los impactos que generan uno y otro material, determinando en qué aspectos, en qué medida, y bajo qué condiciones, uno de ellos resulta ser más conveniente con respecto a los otros desde los parámetros previamente determinados.

Ahora bien, existe una corriente de especialistas en el diseño industrial que ha dado cada vez más importancia al llamado *análisis de ciclo de vida*, por ser una metodología que de manera minuciosa, busca evaluar los impactos ambientales y energéticos de un producto desde su concepción hasta el término de su vida útil, la posibilidad de reciclaje o reutilización, o siendo el caso, las mejores características de disposición final.

En la presente propuesta, se desarrolla una metodología que permita determinar la viabilidad ambiental de los bloques de tierra comprimida con respecto a materiales convencionales a partir de los principios del análisis de ciclo de vida. La investigación se ha centrado en el caso de los BTC en la zona central de la República Mexicana, pero, la metodología puede brindar información y criterios para corregir u optimizar posibles disfunciones en cualquier etapa en la 'vida' de los materiales; desde su producción, transporte, construcción, uso y hasta la posible demolición. En suma, entrega una noción más precisa en cuanto al impacto ambiental, y mayor información para la toma de decisiones. El desarrollo de una metodología con estas características abrirá sin duda un panorama que permitirá seguir en el camino hacia una arquitectura y una construcción de menor impacto ambiental, y en consecuencia, hacia formas humanas de habitar más amigables con el entorno natural.

1. ANTECEDENTES DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

En épocas antiguas la vivienda se desarrolló en estrecha relación al medio ambiente más inmediato: diseños inteligentes y materiales convenientes de cada región fueron la esencia de las diferentes tipologías que esencialmente buscaban el mayor confort posible, además de otras significaciones culturales o religiosas. La vivienda autóctona nace de una relación muy estrecha con el entorno, toma los materiales disponibles, para adaptar los espacios a las condiciones climáticas de cada medio geográfico. No es casual que grupos de



diferentes regiones, creencias y culturas, lleguen a soluciones similares en paisajes de condiciones similares. (Olgay, 1963)

Aunque los sistemas constructivos de tierra cruda están entre los más antiguos que desarrolló el hombre, y en el siglo XX empezó a decaer su aplicación, se puede afirmar que en nuestros días tienen gran vigencia. En México y otras regiones, su uso sigue siendo común en la construcción, especialmente en zonas rurales y de escasos recursos económicos, ya que el bajo o nulo costo de insumos y facilidad de producción, le dan notable viabilidad. A pesar de ello, y de manera desafortunada, sus habitantes tradicionales cada vez la valoran menos y paulatinamente sustituyen la tierra con materiales industrializados, ecológica y económicamente desarticulados. Paradójicamente, en diversos países desarrollados se ha venido generando un aprecio creciente por la tierra. (Guerrero, 2001).

Figura 1:
Fabricación de un BTC en una prensa manual.
Fotografía:
Luis Fernando Guerrero Baca (2011)

Figura 2:
Prueba de resistencia
a la compresión
simple. Laboratorio
de materiales de la
Universidad Autónoma
Metropolitana,
Xochimilco, México
D.F. 2011.
Fotografía:
Luis Fernando Guerrero
Baca (2011).



De manera general, según Barbeta (2002) existen tres sistemas para transformar la tierra en elementos de construcción:

- La fabricación de elementos individuales que se unen con mortero, como el adobe y el BTC.
- La aplicación en masa de dicho elementos para generar construcciones monolíticas, como en el caso de las técnicas del tapial, el barro vaciado y el cob.
- La superposición o relleno de tierra de una estructura realizada con un material diferente, generalmente de origen vegetal, como sucede con el bajareque.

Actualmente muchas organizaciones de arquitectos e institutos, siguen haciendo investigaciones sobre estos sistemas constructivos, capacitan y promueven la construcción con tierra cruda, a veces en combinación con estructuras de acero o de hormigón, para tratar de renovar su imagen y elevar su resistencia.

En el campo de estudio y aplicación de BTC cabe destacar las actividades de instituciones como *CRATerre* en Francia, *Lehm* en Alemania, *Auroville* en India, *Midwest Earth Builders* en Estados Unidos, el *Centro da Terra*, en Portugal, *Tierra Viva* en Colombia, *Fronterra* en Argentina y Uruguay, así como la *Red Iberoamericana PROTERRA*, por sólo nombrar algunas cuantas. En México existen empresas que desarrollan este tipo de productos, como *Tecnoterra* en Sinaloa,

y también empresas que producen la maquinaria que facilita la fabricación de BTC, como *Tecnoadobe* en Puebla e *Ital Mexicana*.

2. LOS BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA

ASPECTOS TÉCNICOS

La construcción con tierra emplea una de las sustancias más abundantes en la naturaleza, y su extracción y transformación es muy sencilla. Los procedimientos constructivos utilizan básicamente la fuerza humana, y la técnica requerida no es muy sofisticada. Muchas veces los usuarios pueden participar de manera directa. (Guerrero, 2001)

Un *bloque de tierra comprimida (BTC)* es un moderno descendiente del bloque de barro moldeado, más comúnmente conocido como adobe. Aunque la idea de comprimir la tierra no es reciente, los primeros prototipos fueron elaborados con prensas de madera. Probablemente desde el siglo XVIII se producía este tipo de materiales en Francia. Sin embargo un antecedente definitorio en la producción de BTC para propósitos arquitectónicos fue a partir de 1952, cuando el Ingeniero Raúl Ramírez inventó la prensa CINVA-RAM (Albuquerque, 2009). Su nombre obedece a las iniciales del *Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento*, con sede en Bogotá, Colombia, institución para la cual el inventor la diseñó. (Lou, 1981). Sobre las letras RAM, se cree que puede ser una especie de abreviatura de su apellido. Este prototipo es el más utilizado en todo el mundo, aunque en diferentes países presenta algunas variantes. (Barbeta, 2002)

De entre las técnicas constructivas con tierra, ésta presenta ciertas ventajas, entre las que destacan:

- La posibilidad de escalonar la fabricación durante un largo período
- La disminución de fisuras del muro, por la baja cantidad de agua que se utiliza en su elaboración
- Su amplia flexibilidad, tanto para la puesta en obra como para la concepción arquitectónica
- La posibilidad de almacenaje inmediato
- Una superficie de fabricación y secado relativamente reducida, y que por tanto, puede ser recubierta
- El potencial de fabricación con formas especiales

- Una mayor resistencia a la compresión que los adobes

Como inconvenientes se tiene que la fabricación es más lenta, y el coste de producción aumenta por el costo de su maquinaria. Las posibilidades constructivas son iguales a las de los ladrillos cocidos. Pueden emplearse para muros, cúpulas, bóvedas y arcos, con la ventaja de que su producción puede llevarse a cabo en la misma obra, ya sea a través de prensas manuales, o unidades de producción automatizadas. (Barbeta, 2002)

2.1 Propiedades de la mezcla

La consistencia de la tierra debe ser húmeda y la granulometría fina. En algunos casos se recomienda adicionar algún estabilizante como el cemento o la cal, que suman una resistencia e impermeabilidad apreciables. Esta última se ha utilizado en suelos lateríticos¹ o en los que tienen altos índices de sílice² y alúmina³ (Barbeta, 2002). Los estabilizantes son compuestos destinados a mejorar el desempeño de los BTC en cuanto a su resistencia, proteger de la acción del agua, mejorar sus propiedades de ductilidad y tenacidad, evitando así las contracciones y variaciones (Albuquerque, 2009). Dicho de otra manera, el propósito principal de compactar los bloques, y en caso necesario agregar algún estabilizante, es el de aumentar sus capacidades constructivas.

En algunos, casos con un tratamiento químico con base en aditivos se puede mejorar la resistencia, pudiendo alcanzar valores superiores a los 75 Kg/cm² (Barbeta, 2002). La sola compactación aumenta su resistencia en mezclas con paja o pasto en trozos hasta 7 kg/cm². (García del Valle, 1993). Para mejorar la tierra contra el salitre, la abrasión y la resistencia a la compresión, puede estabilizarse la arcilla añadiendo emulsión asfáltica (10% en peso), cemento (10% - 15% en peso), y cal hidratada (hasta 15% en peso) (García & Villagrán, 1993).

2.2 El sistema de fabricación

En general, el principio de fabricación es sencillo:

1. La tierra mezclada se vierte en un cajón, el cual dará forma al bloque

2. Una palanca hace presión sobre la tapa superior comprimiendo el cajón contra el molde
3. Al retirar la palanca, un mecanismo de abertura libera el bloque que está prácticamente disponible para ser utilizado

Existen variaciones en las máquinas, algunas están diseñadas para ser operadas de manera manual, aplicándose presión a través de una palanca. En este caso una persona debe apretar la palanca dos veces por minuto. El posible cansancio del operador puede reflejarse en la calidad de los bloques, por ello se recomienda más de un trabajador. Se puede utilizar también una máquina motorizada, en cuyo caso se recomienda que tenga la opción manual de manera combinada, previendo casos en que se produzcan cortes de energía.

En el caso de la prensa manual de CRATerre se utiliza tierra cribada menor a 10 mm, que se vierte en la tapa de la prensa en estado húmedo. Luego se le aplica una presión de 10 a 20 kg/cm², obteniendo una reducción a la mitad del volumen inicial. Con un sistema así se pueden producir 120 bloques de 28 x 18 x 9 cm cada hora (Barbeta, 2002).

2.3 Dimensiones del bloque

Las dimensiones pueden variar, sin embargo es importante considerar que para bloques más pequeños, se requerirá una mayor producción por metro cúbico y más motero para su colocación debido a la proporción. El mejor formato para el bloque está determinado por el máximo en tamaño y peso manejable por una persona utilizando una sola mano. Una dimensión común es de 29 x 14 x 9 cm. Es bueno considerar que cuando un bloque se comprime por un solo lado la altura se limita a 10 cm, ya que la cara opuesta queda débilmente comprimida. En caso de que se produzcan bloques parcial o totalmente huecos, se recomienda que el volumen total de agujeros no exceda el 30% (Barbeta, 2002).

3. LA DETERMINACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Determinar cómo un fenómeno impactará sobre el medio ambiente es un ejercicio que puede ser muy impreciso en la medida en que

1 La laterita es un suelo propio de las regiones cálidas, caracterizado por la pobreza en sílice y su elevada cantidad de hierro y alúmina.

2 El óxido de silicio o dióxido de silicio (SiO₂) es un compuesto de silicio y oxígeno, llamado comúnmente sílice. Es uno de los componentes de la arena. Una de las formas en que aparece naturalmente es el cuarzo.

3 La alúmina es el óxido de aluminio (Al₂O₃). Junto con la sílice, es el componente más importante en la constitución de las arcillas y los esmaltes, confiriéndoles resistencia y aumentando su temperatura de maduración.

aumente la complejidad de lo que se pretende estudiar. Sin embargo, es un estudio necesario si se busca desarrollar una arquitectura más limpia. La carga ambiental de un material es la suma de consecuencias negativas que conlleva su producción sobre el medio ambiente (Barbeta, 2002).

Aunque en materia de evaluación de impacto ambiental existe un desarrollo metodológico, y está normativizado en un país como México, éste se enfoca casi exclusivamente en determinar y valorar impactos a partir del momento de la construcción de una obra determinada, o de un proceso específico, es decir, aporta eventos aislados, y no la globalidad de un fenómeno, ignorando los sucesos previos y posteriores al evento sobre el cual se enfoca. Sin embargo, si se considera la totalidad del ciclo de vida de cada uno de sus componentes, se obtendrá una revisión completa de las implicaciones ambientales. Si además se pueden desarrollar criterios para cuantificar los impactos, valorar su peligrosidad, su persistencia a través del tiempo, y su comportamiento espacial, entonces se estará abordando todo el espectro de posibilidades que implica la relación ambiental de cualquier actividad.

3.1 Análisis de ciclo de vida del material

Como parte de las respuestas que han surgido a la preocupación por la degradación medioambiental, y la complejidad de conse-

cuencias que desencadena, se han conformado disciplinas que se enfocan en desarrollar una producción más adecuada desde este punto de vista. Esto implica necesariamente un enfoque amplio desde la génesis de los productos, es decir, desde su diseño, valiéndose de las metodologías de análisis de ciclo de vida (ACV). Esencialmente, el ACV identifica el uso de materia, energía y vertidos en el entorno, para determinar su impacto en el medio ambiente, ofreciendo una vasta comprensión de las implicaciones ambientales, permitiendo analizar todas las etapas de su desarrollo, desde la obtención de materias primas, hasta su desecho o hasta el final de su vida útil. (García, 2008)

El Ecodiseño es un proceso que evalúa y pretende reducir los impactos ambientales asociados con un producto a lo largo de su ciclo de vida⁴. Su enfoque se concentra en diseñar materiales, productos, proyectos y sistemas en armonía y con respeto a las especies vivientes y a la ecología del planeta (García, 2008). A pesar de que los BTC son productos que actualmente se están desarrollando, e incluso en algunos países se les ha normativizado. La perspectiva que se ha desarrollado en el área del ecodiseño es útil para determinar la viabilidad ambiental de productos existentes, permitiendo identificar los aspectos positivos, pero a la vez, los factores que puedan ser modificables teniendo de manera implícita, una o varias soluciones posibles, es decir un eco rediseño, o rediseño ecológico.

4 También llamado Diseño ecológico o Diseño Ambientalmente Sensible, Diseño Respetuoso con el Medio Ambiente o Diseño para el Medio Ambiente (DFE).

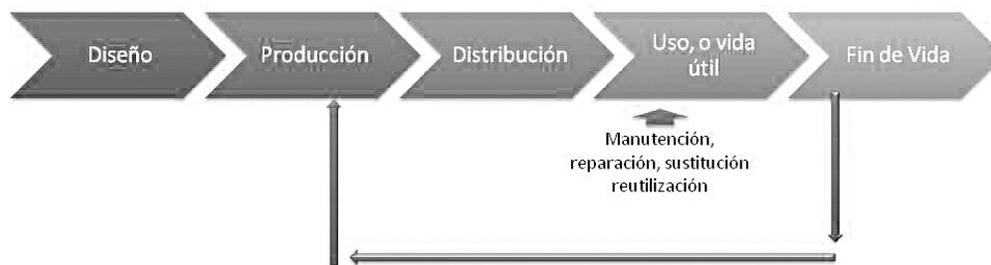


Figura 3:
Esquema del ciclo de vida de un producto.
Fotografía:
Inti Martínez Gaytán
(García, 2008)

Etapas de ciclo de vida	Materiales	Uso de energía	Emisiones tóxicas
Extracción de recursos			
Producción			
Distribución			
Utilización			
Desecho			

Figura 4:
Ejemplo de matriz de impacto ambiental para el ciclo de vida de un material.
Autor:
Inti Martínez Gaytán
(García, 2008)

Etapas del ciclo de vida		Degradación natural	Afectación al ciclo hidrológico	Emissiones tóxicas al aire	Consumo de agua	Generación de residuos sólidos	Consumo de energía	Transporte	Impactos a la salud humana	Total
Extracción de materia prima	C	-5	-5	-5	0	-5	-5	-5	-5	-35
	L	-3	-1	-1	0	-4	-1	-1	-1	-12
	BTC	5	0	-1	0	52	-1	0	-1	2
Procesado de materias primas	C	-5	0	-5	-2	-5	-5	-5	-5	-32
	L	-2	0	-1	-2	-3	-1	-2	-1	-12
	BTC	0	0	0	0	5	0	0	0	5
Producción o fabricación	C	-5	-5	-5	0	-5	-5	0	-5	-30
	L	-3	-1	-5	-2	-3	-5	0	-5	-24
	BTC	0	0	0	-1	0	0	0	-5	-6
Distribución	C	-53	-1	-5	0	0	-5	-5	-1	-17
	L	-3	-1	-5	0	0	-5	-5	-1	-20
	BTC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aplicación	C	0	0	0	-5	-5	0	0	0	-10
	L	0	0	0	-3	-5	0	0	0	-8
	BTC	0	0	0	-1	-1	0	0	0	-2
Uso o empleo	C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	L	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	BTC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desecho	C	-54	0.5	-1	0	-5	-5	-5	0	-16
	L	-5	0	-1	0	-5	-5	-5	0	-21
	BTC	06	0	0	0	0	0	0	0	0
Reciclaje ⁷	C	0	0	-5	-5	0	-5	-5	-3	-23
	L	0	0	-3	-5	0	-5	-5	-3	-21
	BTC	0	0	0	-1	0	-2	-2	0	-5

Actualmente se dispone de una serie de herramientas que permiten reducir los impactos ambientales de un producto desde el momento de diseñarlo, pero también permiten corregir o adecuar los procesos de producción, en aras de 'enverdecer' los productos ya existentes. Por ejemplo, muchos software manejan ya listas de comprobación, matrices de impacto, matrices de ciclos vitales, ruedas ecológicas, inventarios de ciclos vitales y análisis de ciclos verdes (Faud-Luke, 2002).

Si se desarrolla un primer acercamiento comparativo entre los BTC, ladrillo y bloques de cemento, se podrían hallar resultados interesantes ya desde un primer acercamiento. Tomando por un lado el modelo matriz de impacto ambiental, con el que se determinen las principales etapas de ciclo de vida de estos materiales, y por otro los posibles impactos ambientales, sería posible valorar de qué manera impactará cada uno de los materiales en el medio ambiente. Ahora bien, podría establecerse una escala numérica fácilmente comprensible, por ejemplo entre el 5 y el -5, para valorar los impactos ambientales. Los valores positivos corresponderían a los impactos que puedan

considerarse buenos y los negativos para los que se consideren degradantes para el entorno.

Considerando que la calidad del suelo con la que se producirán los BTC es adecuada, y que ni las características de la construcción a la que serán aplicados, ni el entorno natural, ameritan la adición de alguna sustancia estabilizante, estos tendrían un comportamiento adecuado en cuanto a su relación con el medio ambiente. En el siguiente cuadro se hace una subdivisión de las principales etapas de ciclo de vida de cada material, así como las variables ambientales sobre las que se podrían registrar efectos. Así, de manera general, sobre cada evento se podría integrar una calificación de acuerdo con las condiciones más comunes de producción y aplicación.

En el presente ejercicio, se puede observar que aun estableciendo una escala numérica para la valoración de impactos potenciales, en cada una de las etapas de ciclo de vida de cada uno de los materiales, persiste cierta subjetividad de acuerdo al criterio del evaluador. En una evaluación específica, estos valores cambiarán dependiendo del contexto. No obstante, en este acercamiento general se puede identificar que la presencia de

Tabla 1
En una escala de -5 a 5, se evalúan los impactos ambientales positivos y negativos.

C = cemento;

L = ladrillo;

BTC = bloque de tierra comprimida.

Fuente:

Inti Martínez Gaytán

1 Con degradación natural se hace referencia a sitios o ecosistemas naturales, su composición edafológica, remoción de flora y fauna.

2 Se le da un 5 porque se está empleando favorablemente un material que con otro método constructivo sería considerado como residuo.

3 Se la signa -5 porque muchas veces se tienen que abrir caminos para tener acceso a las zonas de producción.

4 Se le asigna -5 a menos que sea llevado a una planta de reciclaje, en cuyo caso el proceso implicaría un nuevo ciclo que por sí mismo generaría nuevos impactos al ambiente.

5 Se le asigna 0 porque algunos de estos residuos podrían ser utilizados en programas de conservación de suelos para evitar la erosión en zonas sensibles. Sin embargo, el hecho de introducirlos como elementos ajenos a los ecosistemas constituye una afectación ambiental.

6 Se coloca 0 porque dependiendo del tipo y cantidad de estabilizante utilizado, los BTC podrían ser reciclados, y en algunos casos integrados al suelo como tal.

7 Suponiendo que todos los materiales sean factibles de ser reciclados. Ahora bien, de manera general, a mayor complejidad en el proceso de producción de un material, mayor dificultad para ser reciclado.

impactos en cada etapa es mínima para el BTC, con respecto a los otros materiales.

4. CONCLUSIONES

Un desarrollo tecnológico tan simple como es el BTC, permite incrementar considerablemente las capacidades constructivas de la tierra, conservando su capacidad de integración arquitectónica en distintos entornos con gran libertad para el diseño. Actualmente los límites de la construcción con tierra son más de orden cultural que técnico. Por lo mismo, la investigación sobre BTC, y la tierra en general, tiene una gran importancia no sólo desde el punto de vista patrimonial, sino también para el mejoramiento y desarrollo de nuevas técnicas. Con un adecuado control de calidad, los BTC podrían remplazar a los materiales convencionales, pudiendo ser fabricados para aplicaciones específicas, pues hay máquinas que permiten desarrollar dimensiones y formas especiales. No obstante, las condiciones de algunos suelos merecen un tratamiento adicional, añadiendo algún material estabilizante, lo que incrementará el costo, y adicionará cierta carga ambiental.

La relación que guardan los materiales empleados en la construcción con el medio ambiente es algo complejo de determinar, en muchos casos esas relaciones serán variables en el tiempo y en el espacio. Sin embargo, sí se pueden identificar aspectos generales que den luz sobre las características más constantes de cada uno, que permitan entonces determinar cuáles son más convenientes y en qué aspectos. Desde una primera aproximación al proceso de producción de BTC, se puede afirmar que no se produce contaminación ambiental significativa, ya sea por gases emitidos, intensidades acústicas, contaminación del suelo o el agua, efectos térmicos, ni afectación a los ecosistemas. Su carga ambiental más significativa es la que produce la obtención de los materiales que intervienen en su producción, sin embargo estos tienen la posibilidad de ser reciclados o reincorporados en el entorno.

Durante el transcurso de la vida útil del material, no desprende ningún tipo de radiación ni productos tóxicos, a menos que el suelo con el que se fabrican estuviera contaminado previamente. Fabricado correctamente, es un material durable y de fácil mantenimiento. No sufrirá el ataque de microorganismos si se escoge el revestimiento adecuado. En términos térmicos es un material

adecuado para el diseño casi en cualquier clima, pudiendo crearse modelos específicos de acuerdo con el espesor más adecuado en función de cada clima.

Si bien un ejercicio de este tipo puede darnos una noción amplia sobre la relación que guardan estos tres materiales con respecto al impacto ambiental, se requiere desarrollar una metodología mucho más detallada que permita profundizar en los criterios para la determinación de valores, y abundar en el conocimiento de los procesos productivos de cada uno. No obstante, a partir de los principios del análisis de ciclo de vida, y el conocimiento del comportamiento de los materiales en el medio ambiente durante cada etapa, se pueden determinar eventos de interés en los cuáles es posible identificar posibles impactos. El ejercicio matriz que aquí se desarrolló, permitió determinar la relación general entre el BTC, el ladrillo o tabique, y el bloque de cemento-arena. Al encontrar que para el BTC los impactos identificados son mínimos (en algunos casos positivos), pero que además la intensidad de los mismos no es grande con respecto a los otros materiales, se puede concluir que el BTC es significativamente viable desde el punto de vista ambiental, con respecto al ladrillo cerámico, y el bloque de cemento-arena.

Referencias

- Albuquerque Buzon, M. (2009). *Krafftterra*. Brasilia, Brasil: Universidade de Brasilia, Faculdade de Arquitectura e Urbanismo .
- Arenas, F., (2007). *El impacto ambiental en la edificación. Criterios para una construcción sostenible*. Buenos Aires, Argentina: Edisofer.
- Barbeta Solà, G. (2002). *Mejora de la tierra estabilizada en el desarrollo de una arquitectura sostenible hacia el siglo XXI*. (I, Ed.) (Tesis de Doctorado) Barcelona, España: Scola Técnica superior d'arquitectura de Barcelona.
- Deffis Caso, A. (1987). *La casa ecológica autosuficiente para climas templado y frío*. México D.F., México: Editorial Concepto S.A.
- Elizondo, M.F. (1990). *Impacto Ambiental por la Edificación en Asentamientos Humanos*. (Tesis inédita). Universidad de Colima, Colima; México.
- Faud-Luke, A. (2002). *Manual del diseño ecológico*. Palma de Mallorca, España: Editorial Càrtago.

- Gamboa Carrera, E., & Guerrero Baca, L. (2008) Condicionantes para la puesta en valor para las casas en acantilado de la sierra de Chihuahua, México. Sao Luis: Brasil: TerraBrasil 2008.
- García del Valle & Villagrán, G. (1993). *Introducción al estudio de la edificación*. México D.F., México: Facultad de Arquitectura Universidad Nacional Autónoma de México.
- García Parra, B. (2008). *ECODISEÑO nueva herramienta para la sustentabilidad*. México: Diseño.
- Gobierno del Distrito Federal. Normas de Construcción. (6 de octubre de 2004). *Acuerdo por el que se dan a conocer las normas técnicas complementarias del reglamento de construcciones para el Distrito Federal*. México D.F.: Gaceta Oficial del Distrito Federal.
- Guerrero Baca, L. F. (2007). *Patrimonio construido con tierra*. México D.F., México: Universidad Autónoma de México, ICOMOS, Proterra & CyAD.
- Guerrero, L.F., (2007, julio-diciembre) Hacia la recuperación de una cultura constructiva. *Revista Apuntes*, 20 (2), 182-201.
- Houben, H. & Doat, P., (1982). Construir en tierra., *Tecnología de construcción en tierra sin coquer*, (47-57). Mexico, D.F., México: Conescal.
- Lou Ma, R. (1981). *Manual para la construcción de la CETA-RAM*. Guatemala: Centro de Experimentación en Tecnología Apropiada.
- Miller, G. T. (1994). *Ecología y Medio Ambiente*. (D. L. Irma, & G. V. Virgilio, Trads.) EUA: Grupo Editorial Iberoamérica S.A. de C.V.
- Olgay, V. (1998). *Arquitectura y Clima*. Barcelona, España: Gustavo Gili.
- Van Lengen, J. (2002). *Manual del arquitecto descalzo*. Colombia: Árbol Editorial / Editorial Pax, México.

