

**Compilación de artículos
de investigación de la Red
Académica Internacional
Diseño y Construcción.**

**Administración y Tecnología
para Arquitectura, Diseño e
Ingeniería.**

**GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE
LA CONSTRUCCIÓN**

Mtro. Luis Rocha Chiu

GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN

Mtro. Luis Rocha Chiu
Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco
México, D.F., México
Departamento de Materiales
Área de Construcción
rcla@correo.azc.uam.mx

RESUMEN

Los edificios en el mundo, al igual que en México, son responsables de consumos significativos de energía y de agua, así como de importantes emisiones de contaminantes, entre ellos bióxido de carbono, y generación de desechos sólidos. De estos últimos, una parte importante está constituida por los residuos de construcción procedentes de la ejecución de obras nuevas, de la rehabilitación de edificios y de la demolición.

En respuesta a esta problemática, muchos países del mundo han instrumentado políticas para la gestión integral de los residuos sólidos, con especial atención a los residuos con un alto potencial de valoración económica y técnica para su reutilización y reciclado.

Por otra parte, organismos como el Consejo Estadounidense de Edificación Sustentable (US Green Building Council, USGBC) proponen el empleo de elementos de edificación sustentable en el proceso de diseño y construcción de los edificios, con los que se puede reducir sustancialmente el consumo de energía y agua, así como la generación de residuos y las emisiones contaminantes. Con este propósito la USGBC desarrolló el programa Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (Leadership in Energy and Environmental Design, LEED) como un sistema de evaluación para establecer niveles de desempeño sobre el grado de sustentabilidad de las edificaciones.

En este trabajo se presenta un análisis del ciclo de vida de las edificaciones con el objetivo de resaltar la importancia que tiene desde el diseño: la selección, el empleo, la reutilización, el reciclaje y la disposición final de los materiales de construcción. También, se muestra el diagnóstico de los residuos de construcción que se generan en la Ciudad de México, así como la caracterización de los compuestos más importantes. Además, se evalúa el impacto de las especificaciones de la certificación LEED de edificaciones con respecto al área de materiales y recursos. En la parte final, se formula una clasificación de los materiales de construcción con mayor potencial de reutilización y reciclamiento, así como las áreas de aplicación.

PALABRAS CLAVE

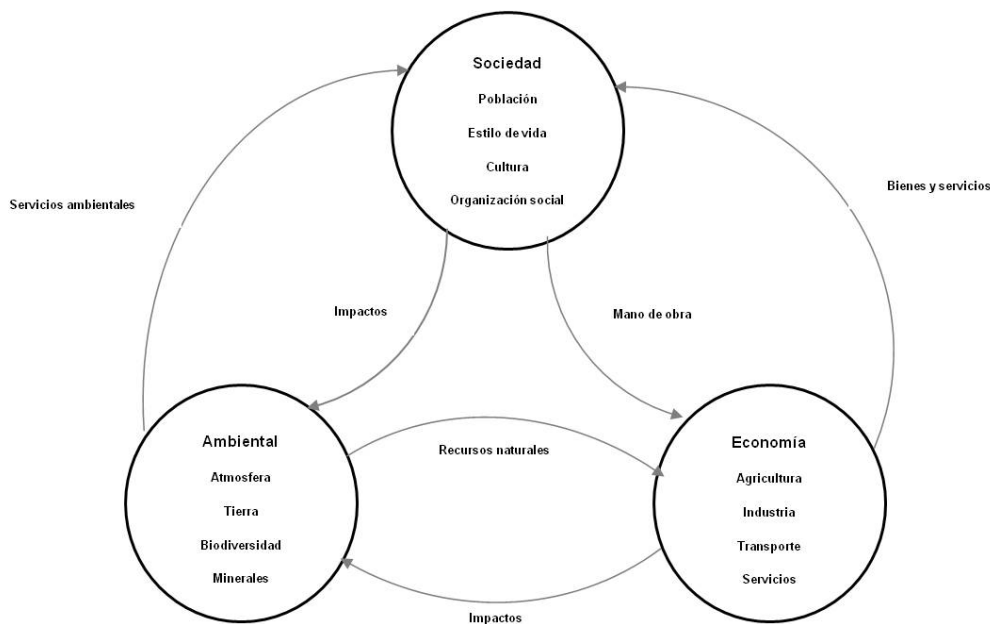
Palabras clave: Edificación sustentable, residuos de construcción, certificación LEED, ciclo de vida y reciclaje de materiales de construcción

Introducción

En nuestros días es común reconocer el concepto de sustentabilidad relacionándolo con la frase "...el desarrollo es sustentable cuando satisface las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para que satisfagan sus propias necesidades...", pronunciada por la primer ministro noruega Gro Brundtland en la 42a sesión de las Naciones Unidas. Cuando el término tenía poco uso, el Diccionario de la Real Academia de Española permitió traducir "sustainable" como "sostenible" pero dejando dudas en su uso; de tal forma, que en la península ibérica el término inglés "sustainable" se traduce comúnmente como sostenible mientras que en América Latina está más extendido el término sustentable; sin embargo, ambas expresiones se refieren a un mismo concepto.

El concepto del desarrollo sostenible o sustentable se basa en tres principios: el análisis del ciclo de vida de los materiales; el desarrollo del uso de materias primas y energías renovables; y la reducción de las cantidades de materiales y energía utilizados en la extracción de recursos naturales, su explotación y la destrucción o el reciclaje de los residuos; esto es, la sustentabilidad suele incluir aspectos ambientales, económicos y sociales (Figura 1: Pilares de la sustentabilidad).

Figura 1: Pilares de la sustentabilidad



Fuente: El concepto moderno de sustentabilidad, Calvente, A., Universidad Abierta Interamericana, Junio 2007

En forma análoga, la edificación sustentable es un modo de concebir el diseño y la construcción de manera sostenible, buscando aprovechar los recursos naturales de tal modo que minimicen el impacto ambiental de los edificios sobre el medio ambiente y sus habitantes.

En este trabajo se estudia el ciclo de vida general de los materiales de construcción con el propósito de ofrecer alternativas de tratamiento para los residuos que por su naturaleza poseen alto valor de reinserción en edificaciones por medio de la reutilización y el reciclaje. Adicionalmente, se realiza un análisis sobre las ventajas que ofrece tener la certificación LEED para edificaciones en la categoría de materiales y recursos cuando se realiza una gestión eficiente de los materiales y residuos de construcción.

Ciclo de vida de los materiales

La importancia de los materiales de construcción al momento de crear un modelo de construcción sostenible es innegable; solamente la construcción y mantenimiento de edificios consume el 50% de los materiales empleados a nivel mundial. A lo largo de la historia se ha producido un cambio en el proceso de obtención de los materiales, hasta no hace mucho las sociedades rurales obtenían sus materiales en el entorno más próximo con un impacto sobre el territorio relativamente bajo.

La aparición de medios de extracción y fabricación más eficientes y productivos, así como un transporte mucho más globalizado por la abundante y barata disponibilidad de energía, hace que la producción de materiales pierda la inmediatez de lo cercano y se convierta en una actividad altamente impactante.

Si algo diferencia el tema de los materiales de otros que constituyen el ciclo de vida de la construcción, es el hecho de que, mientras la planeación urbana, el diseño y ejecución de los edificios parece coto cerrado de los especialistas, prácticamente cualquier ciudadano tiene la mayoría de las ocasiones la posibilidad de elegir determinados materiales (pequeñas remodelaciones, tareas de mantenimiento, etc.). De esta manera, el impacto que sobre el medio ambiente y la salud humana producen los materiales de construcción puede centrarse en cinco aspectos:

1. Consumo de recursos naturales. El consumo a gran escala de determinados materiales puede llevar a su agotamiento. Así, el empleo de materiales procedentes de recursos renovables y abundantes es una opción de interés. El empleo de la madera puede ser un buen ejemplo de material renovable y abundante.

2. Consumo de energía. Si una importante fracción de la energía primaria se consume en el sector de la construcción y si su empleo ocasiona el calentamiento global, a partir de las emisiones de CO₂, así como el riesgo de agotamiento de determinados recursos, emplear materiales de bajo consumo energético en todo su ciclo de vida será uno de los mejores indicadores de sostenibilidad. Al analizar el consumo de energía para la fabricación de estos materiales, se comprueba que los materiales pétreos (arena, grava, piedra, tierra) y la madera presentan el comportamiento energético más idóneo, mientras que los plásticos y los metales, en especial el aluminio, el más negativo. Los metales y los plásticos consumen gran cantidad de energía en su proceso de fabricación, aunque los primeros presentan adecuadas características de resistencia y los segundos propiedades aislantes de suma utilidad.

3. Emisiones generadas. Uno de los grandes problemas ambientales que supuso la explosión de la conciencia ecológica fue el adelgazamiento de la capa de ozono debido a, entre otros motivos, la emisión de gases denominados clorofluorocarbonos (CFC). Los aislantes más empleados en construcción presentaban un agente espumante que le daba sus características como espuma o panel. Aunque hoy en día los espumantes no utilizan CFC, nos encontramos ante la aparición de multitud de productos de aislamiento ecológicos que nos permiten descartar esas opciones. Los PVC (Cloruro de polivinilo), abanderados de la industria del cloro, y debido a sus contaminantes emisiones de dioxinas y furanos, son materiales que poco a poco van siendo prohibidos en cada vez más usos, por ejemplo en el suministro de agua para el consumo humano.

4. Impacto sobre los ecosistemas. El empleo de materiales cuyos recursos no procedan de ecosistemas sensibles sería otro aspecto a tener en cuenta a la hora de su selección. Las maderas tropicales sin ninguna garantía en la gestión de su procedencia, la bauxita procedente de las selvas tropicales para la fabricación del aluminio, los bancos de materiales en áreas protegidas de interés para la extracción de grava y arena.

5. Comportamiento como residuo. Los materiales al finalizar su vida útil pueden ocasionar importantes problemas ambientales. Su destino, ya sea la reutilización directa, el reciclaje, la deposición en rellenos sanitarios o la incineración, hará que su impacto sea mayor o menor. Los materiales metálicos para chatarra, la teja cerámica vieja, las vigas de madera de determinada sección pueden ser pequeñas joyas en la demolición para un uso posterior.

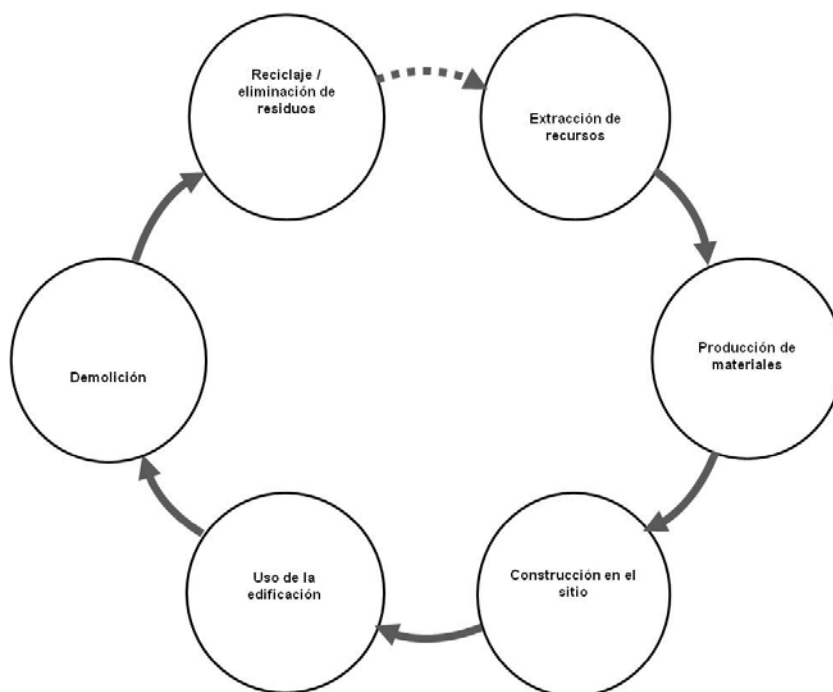
Cuando se analiza el comportamiento de los materiales debemos tener en cuenta el ciclo de vida de los mismos, las diferentes fases que lo configuran:

- En la fase de extracción de los materiales habrá que considerar la transformación del medio.
- En la fase de producción (plásticos y metales), las emisiones que se generan y el consumo de energía.

- En la fase de transporte, el consumo de energía que será más elevado si provienen de lugares más lejanos.
- En la puesta en obra, los riesgos sobre la salud humana y la generación de sobrantes.
- En la demolición, las emisiones contaminantes y la transformación del medio.

Los métodos de Análisis del Ciclo de Vida (ACV) pretenden analizar el impacto que ocasionan cada una de las fases de su vida entre materiales o procesos de diseño y construcción alternativos (por ejemplo, las emisiones de gases invernadero se traducen en cantidades equivalentes de CO₂). En el mercado existen programas de cómputo que analizan los siguientes impactos: efecto invernadero, ozono, contaminación atmosférica, acidificación del suelo, eutrofización del agua, contaminación del suelo y el agua por metales pesados y pesticidas, consumo de energía y producción de residuos sólidos (Figura 2).

Figura 2: Fases del ciclo de vida del edificio. Fuente: Elaboración propia



El ACV es aplicable a un material, un elemento único de un edificio (pared, ventana, equipos, etc.), así como a todo el edificio o incluso a una ciudad. El análisis se vuelve más complejo cuando se amplían los límites de estudio y los parámetros de análisis, como: el consumo de energía, el uso del suelo, mano de obra, capital y las emisiones contaminantes. En algunos países, para evitar esta situación la aplicación del método se centra en la cuantificación de los consumos de energía y de agua, empleo de materiales, en las emisiones contaminantes y el agua residual desalojada.

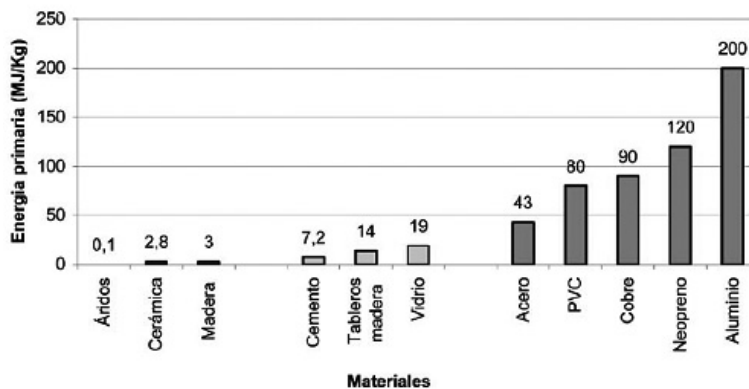
Los cálculos del ciclo de vida dependen en gran medida de los supuestos de la esperanza de vida, elegir diferentes períodos de vida útil para los edificios mostrarán diversos resultados. Por ejemplo, un edificio de veinte años de duración puede tener una baja energía incorporada pero es necesario hacer ajustes para compararlo con un edificio similar con mayor energía embebida pero que se espera tenga una vida útil más larga.

La huella ambiental de la edificación debe abordarse en cada fase de la existencia del edificio: extracción y fabricación de los materiales de construcción, proceso de construcción, operación a lo largo de su vida útil, demolición y eliminación de los residuos o reciclaje. El análisis de ciclo de vida para edificios residenciales revela un consumo aproximado de 80% del total de energía durante la fase de uso, mientras que la energía incorporada en la construcción debida los materiales utilizados representa alrededor de 20% de la energía. Los valores exactos de consumo de energía para cada una de las etapas del ciclo de vida dependen del clima, patrones de consumo y estilo de vida de los ocupantes de la construcción.

La energía utilizada en la extracción y procesamiento de los materiales de construcción del edificio se define como su energía incorporada y se distingue de la energía utilizada en las otras fases del ciclo de vida. Una vez que se ha definido el diseño de un edificio, la energía incorporada es la utilizada para la extracción, transporte y proceso de materias primas que se convierten en productos manufacturados y componentes de construcción, y son transportados al sitio de construcción e incorporados al edificio.

En particular, el consumo de energía para la fabricación de los diferentes materiales de construcción se realiza comparando su contenido energético; por ejemplo, para procesar metales se requiere de 40 a 200 MJ/kg (Energía en Megajoules para fabricar un kilogramo de material), mientras que los plásticos en general requieren energía en el rango de 40 a 80 MJ/kg y los aglutinantes como la cal, el yeso o el cemento necesitan menos de 10 MJ/kg.

Figura 3: Intensidad energética en la fabricación de materiales de construcción.



Fuente: Reutilización y reciclaje de los residuos del sector de la construcción, Cuchí, A. y Sagrera, A., Ambienta, mayo 2007

La importancia de la energía incorporada sólo puede entenderse en el contexto del sistema completo, en lugar de elementos aislados; deben compararse distintas alternativas para realizar una función específica. Los resultados de una comparación directa entre una tonelada de un material y otro de características diferentes sería engañosa; por el contrario, debe hacerse una comparación, por ejemplo entre un metro cuadrado de una pared de tabique térmico y una de bloque de concreto con aislamiento. Esta comparación debe basarse en los niveles de aislamiento que proporcionan y la vida útil esperada. También, deben tenerse en cuenta aspectos sobre la dificultad constructiva, el transporte al sitio de construcción y la facilidad de eliminar o reciclar el material.

Igualmente, es importante señalar que la energía primaria utilizada para calcular la energía incorporada de un elemento del edificio (por ejemplo una pared) o el edificio completo depende de la mezcla de combustible del país. Así, la electricidad que se utiliza en el cálculo de la energía incorporada de una unidad funcional será diferente si su generación proviene de plantas de energía nuclear o de centrales eléctricas de carbón.

Selección eficiente de los materiales. El análisis de las diferentes variables en todo el ciclo de vida del material nos puede determinar una serie de pautas a seguir para seleccionar los materiales más sostenibles. En este caso, son los materiales que:

- procedan de fuentes renovables y abundantes;
- no contaminen;
- consumen poca energía en su ciclo de vida;
- sean duraderos;
- puedan estandarizarse;
- sean fácilmente valorizables;
- procedan de producción justa;
- tengan valor cultural en su entorno;
- tengan bajo costo económico.

A continuación se incluye un análisis de los materiales de construcción más empleados desde el punto de vista de la sostenibilidad, para una selección eficiente de los mismos:

Materiales pétreos. Estos materiales presentan un impacto menor, esta situación requiere una aclaración, efectivamente lo es, por kilogramo de material empleado; el problema se plantea cuando se analiza el uso masivo que se hace de ellos. El principal impacto estriba en su fase de extracción, es decir la alteración que se produce en el terreno, la modificación de ecosistemas y del paisaje. La

extracción y, por su peso, el transporte requieren un consumo de energía elevado; por eso siempre se aconseja el empleo de materiales locales. La mayor ventaja de los materiales pétreos es su elevada durabilidad, una de las máximas de los materiales sostenibles.

No obstante, debido a su uso masivo, son los principales responsables del colapso de vertederos o tiraderos. En la actualidad, se está prestando cada vez mayor atención a iniciativas encaminadas a comercializar agregados reciclados para relleno y para la fabricación de morteros y concretos. Aunque el concreto es un material de considerable impacto, su elevado calor específico lo hace muy útil para emplear estrategias pasivas de aprovechamiento de la radiación solar, la llamada inercia térmica.

Metales. Fundamentalmente el acero y el aluminio, representan la dualidad existente en casi todos los materiales de construcción con una serie de beneficios y otra de perjuicios. El principal impacto de los materiales metálicos se produce en la fase de transformación y en los tratamientos de acabado y protección. Materiales que requieren un elevado consumo energético, además de producir la emisión de sustancias nocivas a la atmósfera. Asimismo, se trata de uno de los materiales más valorizables existentes en obra. La chatarra se convierte en un pequeño tesoro en cualquier demolición. A esto podemos añadir sus muy interesantes prestaciones mecánicas que nos permiten soportar las mismas cargas con una menor cantidad de material. Los materiales metálicos requieren tratamientos de protección a base de pinturas férricas o galvanizados altamente impactantes. En la actualidad existen múltiples sistemas que incorporan productos naturales.

Maderas. La madera es uno de los materiales que pueden considerarse más sostenibles siempre que cumplan dos premisas. Por un lado se deben tener garantías de que la gestión del espacio forestal de donde procede es sostenible; para eso se crea una certificación que garantiza el origen sostenible de esa madera. Por otro, los tratamientos de preservación de la madera frente a la humedad, insectos y hongos suelen ser tóxicos para el medio ambiente y la salud humana. En la actualidad existen productos cuyas imprimaciones y tratamientos compuestos son resinas vegetales. Al finalizar su vida útil, la madera puede ser recuperada o reciclada para la fabricación de tableros aglomerados o bien para su valorización energética como biomasa. Finalmente, para minimizar el transporte, el uso de maderas locales es una opción recomendable.

Materiales aislantes. Los aislantes más empleados en construcción son las espumas en forma de panel. El uso de agentes espumantes causantes del adelgazamiento de la capa de ozono y del efecto invernadero ha hecho que los CFC sean sustituidos por otros productos que aunque evitan daños a la capa de ozono, son responsables del calentamiento global. Existen en el mercado otras opciones tales como las fibras minerales (fibra de vidrio o de roca), el vidrio celular y, sin duda las más interesantes desde el punto de vista ambiental, las procedentes de fuentes renovables (corcho, cáñamo, celulosa, etc.).

Plásticos. Los plásticos son materiales derivados del petróleo que presentan un comportamiento similar a los metales, elevado consumo energético y altas contaminaciones en su proceso de fabricación. A estos problemas deberíamos añadir los riesgos sobre el medio ambiente en caso de accidentes petroleros, así como la inestabilidad geopolítica que provoca su control. Por el contrario, el plástico como material de construcción presenta interesantes propiedades, tales como su alta resistencia, su estabilidad y su ligereza, así como las posibilidades de empleo como aislamiento. Algunos materiales tradicionales empleados para las instalaciones (cobre y plomo) están siendo sustituidos por los plásticos (polietilenos y poliestirenos) por su mejor comportamiento ambiental y sus magníficas prestaciones.

Pinturas. Las pinturas presentan una composición muy variada, pigmentos, resinas, disolventes, etc., muchos de ellos derivados del petróleo. Paralelo a ello, por tratarse de un material comúnmente empleado, se han desarrollado multitud de productos que sustituyen los originales hidrocarburos por componentes naturales, las llamadas pinturas ecológicas y naturales.

Calificación de materiales de construcción sustentables

Los impactos ambientales de las edificaciones tienen lugar durante todas las etapas del ciclo de vida: desde el diseño hasta la demolición, pasando por la ubicación, construcción, uso y renovación. Por otra parte, las actuales prácticas de edificación suelen prestar poca atención a la eficiencia energética o los impactos económicos, ambientales o sociales más amplios en el ambiente edificado. En este sentido, cada vez más se considera que la edificación sustentable forme parte de programas generales de urbanización orientados al desarrollo de comunidades sustentables con especial énfasis en la integración de la edificación sustentable con infraestructura urbana sustentable para transporte, servicio de gas y energía eléctrica, agua potable, eliminación y reciclaje de aguas residuales, y manejo de agua de lluvia y aguas residuales y alcantarillado.

Para este propósito se desarrollan los sistemas de calificación de la edificación sustentable para fijar objetivos y marcos de desempeño específicos a fin de evaluar el diseño y el desempeño general de una edificación. El programa Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (LEED, por sus siglas en inglés), elaborado y manejado por el Consejo Estadounidense de Edificación Sustentable (United States Green Building Council – USGBC), constituye el sistema de calificación de la edificación sustentable más usado en el mundo.

Los sistemas de clasificación LEED son voluntarios, basados en tecnologías probadas y existentes, evalúan la eficiencia medioambiental a partir de una amplia perspectiva de la construcción en función del ciclo de vida de los edificios, ofreciendo una norma para lo que constituye un edificio sustentable en diseño, construcción y operación.

Los requisitos y créditos del LEED para Nuevas Construcciones y Grandes Remodelaciones se dirigen en las siguientes áreas: desarrollo sostenible del sitio, eficiencia del agua, energía y atmósfera, materiales y recursos, calidad ambiental en interiores, innovación en el diseño y prioridad regional. En particular, el sistema en el área de “Materiales y Recursos” obliga el cumplimiento del prerrequisito Almacenamiento y Recogida de Reciclables y, califica siete créditos, para alcanzar 14 puntos posibles (Tabla 1).

Tabla 1: LEED para Nuevas Construcciones y Grandes Remodelaciones categoría de Materiales y Recursos

Materiales y Recursos		14 Puntos Posibles	Calificación
Prerrequisito 1	Almacenamiento y recogida de reciclables		Requerido
Crédito 1.1	Reutilización del edificio-Mantener paredes, suelos y tejado		1 – 3
Crédito 1.2	Reutilización del edificio-Mantener elementos no estructurales		1
Crédito 2	Gestión de residuos de construcción		1 – 2
Crédito 3	Reutilización de materiales		1 – 2
Crédito 4	Contenido en reciclados		1 – 2
Crédito 5	Materiales regionales		2
Crédito 6	Materiales rápidamente renovables		3
Crédito 7	Madera certificada		2

Fuente: LEED 2009 para Nueva Construcción y Grandes Remodelaciones, USGBC, noviembre 2008

Las edificaciones deben cumplir el prerrequisito “Almacenamiento y recogida de reciclables” proporcionando áreas accesibles para el almacenamiento de materiales para su reciclaje, entre ellos: papel, cartón corrugado, vidrio, plásticos y metales.

Los créditos sobre “Reutilización del edificio” se cubren utilizando los elementos estructurales y no-estructurales como: muros, losas, cubiertas y puertas. En cuanto a la “Gestión de residuos” se solicita reciclar o recuperar al menos la mitad de los residuos de construcción y demolición e implantar un plan de gestión que identifique y clasifique los materiales.

El empleo de materiales recuperados que constituyan al menos el 5%, en función del valor total de los materiales del edificio, sirve para obtener los puntos del crédito “Reutilización de materiales”. Mientras que el “Contenido de reciclados” se cumple mediante el uso de materiales cuyo contenido en reciclados sea 10% o mayor.

El cumplimiento de “Materiales regionales” se logra con la utilización de un mínimo de 10% de materiales o productos que se hayan extraído o fabricado en un radio de 800 kilómetros del sitio

de construcción. Reducir el uso y la disminución de materias primas limitadas y de materiales renovables de ciclo largo reemplazándolos con materiales rápidamente renovables es la exigencia del crédito 6: “Materiales rápidamente renovables”. El último criterio busca favorecer una gestión forestal responsable con el medio ambiente, usando como mínimo el 50% (en función del costo) de materiales y productos permanentes en el edificio con base madera.

Generación de residuos sólidos en el Distrito Federal

El Distrito Federal y los Municipios conurbados del Estado de México forman una de las metrópolis más grandes del mundo, su población asentada sobre un área urbana de alrededor 1,250 kilómetros cuadrados ronda los 18 millones de habitantes. El tamaño y concentración de la población en la zona metropolitana ocasionan deficiencias para satisfacer la demanda de servicios municipales de sus pobladores como agua, energía, comunicaciones, transporte y saneamiento; en éste último, los residuos sólidos representan en la actualidad una problemática especial debido a la falta de lugares adecuados para su disposición.

Marco normativo. En este sentido, la generación de residuos sólidos urbanos (RSU) se ha incrementado de manera paralela al crecimiento de las ciudades y a la tendencia de la concentración de la población en los centros urbanos, ocasionando impactos negativos al medio ambiente de las ciudades y a la salud humana de sus pobladores. Esta situación ha motivado la instrumentación de políticas encaminadas a reducir su generación, mitigar los efectos nocivos y estimular su reutilización y reciclado.

Al respecto en el Distrito Federal el marco normativo comienza en la Ley de residuos sólidos del Distrito Federal (22 de abril de 2003) en la que se establece primordialmente la regulación de la gestión integral de los residuos sólidos considerados como no peligrosos y la prestación del servicio público de limpia, así como la gestión de los residuos de manejo especial como los residuos de la demolición, mantenimiento y construcción civil en general. El Reglamento de la Ley de residuos sólidos del Distrito Federal (7 de octubre de 2008) tiene por objeto reglamentar la Ley, los planes de manejo de los residuos sólidos por volumen y por características especiales, además de establecer las reglas para formular el Programa de gestión integral.

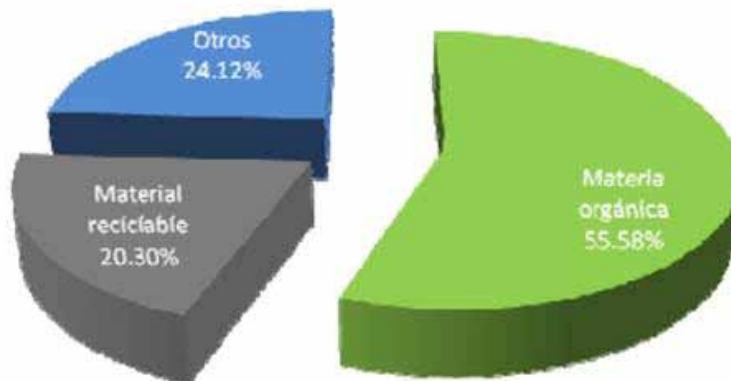
Por su parte el Programa de gestión integral de los residuos sólidos para el Distrito Federal (13 de septiembre de 2010) tiene como propósito general contribuir en la mejora de la calidad de vida y el medio ambiente del Distrito Federal, garantizando la efectiva cobertura y eficacia del servicio público de limpia, minimizando la generación y disposición a través de una gestión integral, moderna y eficiente, con capacidades tecnológicas, técnicas y operativas basadas en una planificación participativa, con conciencia ambiental, de todos los sectores de la sociedad.

Finalmente, la Norma ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2004 (12 de julio de 2006), que establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción en el Distrito Federal para optimizar su control, fomentar su aprovechamiento y minimizar su disposición final inadecuada.

Generación de residuos sólidos en el Distrito Federal. Actualmente la generación estimada de RSU en el Distrito Federal es de 11,722 ton/día (cifras del Programa de Gestión Integral de los Residuos Sólidos para el Distrito Federal del 13 de septiembre de 2010), su composición física depende de factores asociados al nivel de ingresos de la población, costumbres y zona donde habita.

Con el objeto de conocer específicamente los residuos de origen doméstico, se realizó un estudio de generación y composición. Los resultados muestran que la generación per cápita promedio de residuos sólidos de tipo domiciliario es de 0.582 kg/hab/día, esto es, 44% del total. El comercio, la industria y los servicios generan, en conjunto, 0.692 kg/hab/día, un 56% del total, para sumar una generación promedio/habitante/día de 1.274 kg. Como parte de los resultados del estudio sobre la generación domiciliaria, se identificaron 31 subproductos catalogados en tres fracciones: 55.58% de materia orgánica, 20.30% subproductos con potencial de reciclamiento y 24.12% de subproductos que tienen un escaso valor en el mercado (Figura 4).

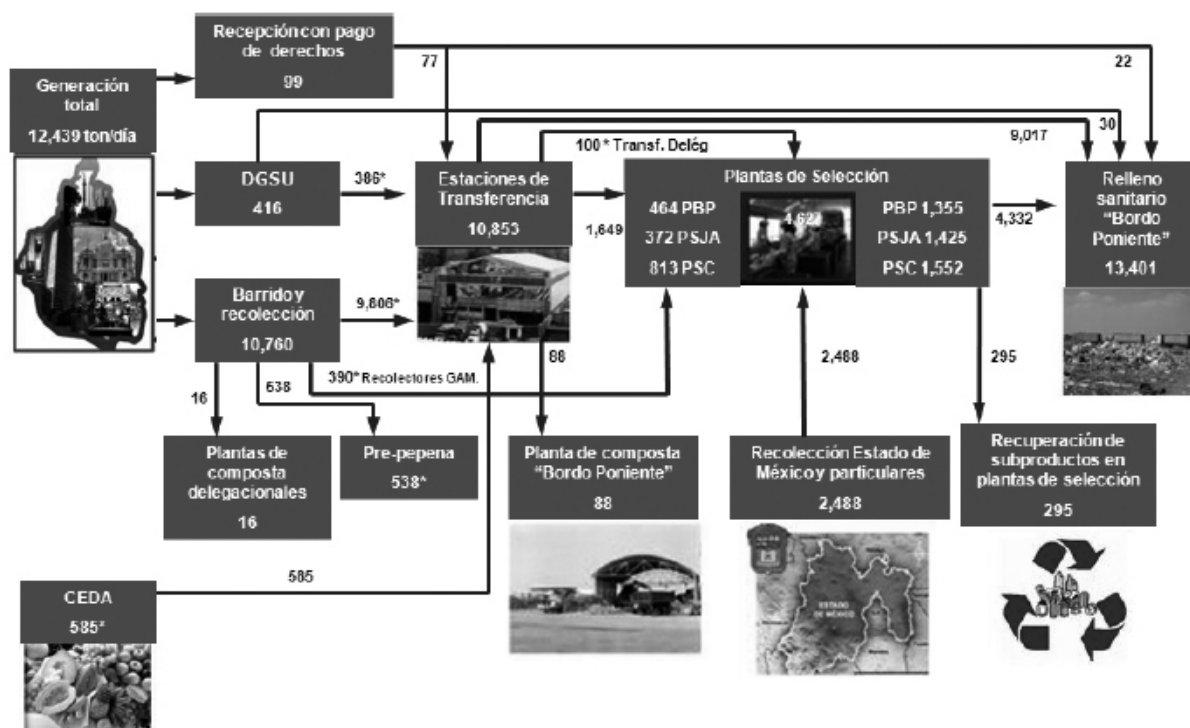
Figura 4: Fracciones principales del estudio de generación domiciliaria.



Fuente: Programa de gestión integral de los residuos sólidos para el Distrito Federal, Gobierno del Distrito Federal 2010

El flujo que siguen los residuos sólidos urbanos en el Distrito Federal hasta su disposición final en el Bordo Poniente se muestra en la Figura 5.

Figura 5: Diagrama de flujo de los residuos sólidos urbanos en el Distrito Federal



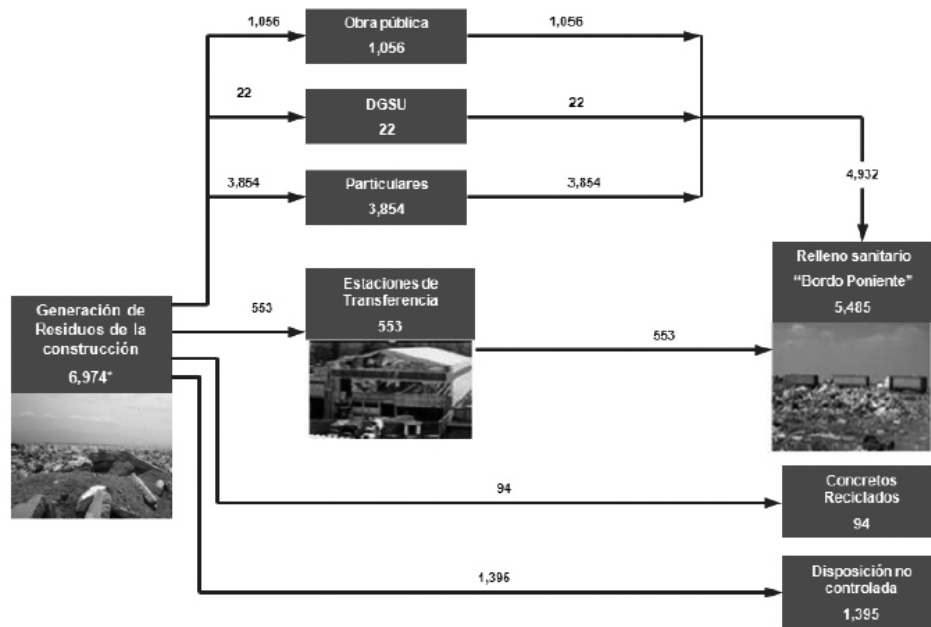
Fuente: Inventario de residuos sólidos del Distrito Federal 2008, Secretaria del Medio Ambiente del Distrito Federal.

Residuos de la construcción. Por otra parte, en la fracción de subproductos con potencial de reciclamiento se encuentran los residuos de la construcción (RC) cuya composición varía mucho dependiendo del tipo de actividad ya sea demolición o construcción. Los residuos generados en estas actividades consisten en pedazos de materiales utilizados para construir tales como madera, residuos de albañilería, metales, vidrio, plásticos, asfalto, concretos, ladrillos, bloques y cerámicos. Dentro de los RC los metales y la madera son los materiales que mayor potencial de reuso tienen, sin embargo, los residuos de las excavaciones, el concreto, las tejas, los ladrillos, tabiques y cerámicos, son otros componentes que también han demostrado a nivel mundial, tener un potencial importante de reciclaje.

Desde el 1º de enero de 2009 quedó prohibido el ingreso de RC al Bordo Poniente y un volumen no cuantificado de estos residuos se mezcla diariamente con la recolección delegacional en las estaciones de transferencia. Según los datos de un estudio realizado en 2009 sobre la composición física porcentual de los RSU en las trece estaciones de transferencia del Distrito Federal, se obtuvieron porcentajes de 51 subproductos, en particular el de materiales de construcción fue de 1.75%, con lo cual éste residuo representa alrededor de 205 toneladas diarias depositadas solamente en la estaciones de transferencia.

La cuantificación de los RC presenta numerosas dificultades debido a la enorme cantidad de actores que se encuentran involucrados, a la falta de recursos materiales y a las actividades clandestinas de disposición final realizadas por un sinnúmero de ciudadanos y transportistas. Estimaciones presentadas en el Inventario de Residuos Sólidos 2008 establecen que los RC aprovechables para reciclamiento fueron de 3,121 toneladas diarias de las cuales se reutilizaron 59% (Figura 6); mientras que en el Inventario de Residuos Sólidos 2009 los RC aprovechables para reciclamiento fueron de 3,804 toneladas diarias con un porcentaje de aprovechamiento de 64%.

Figura 6: Diagrama de flujo de los residuos de la construcción en el Distrito Federal

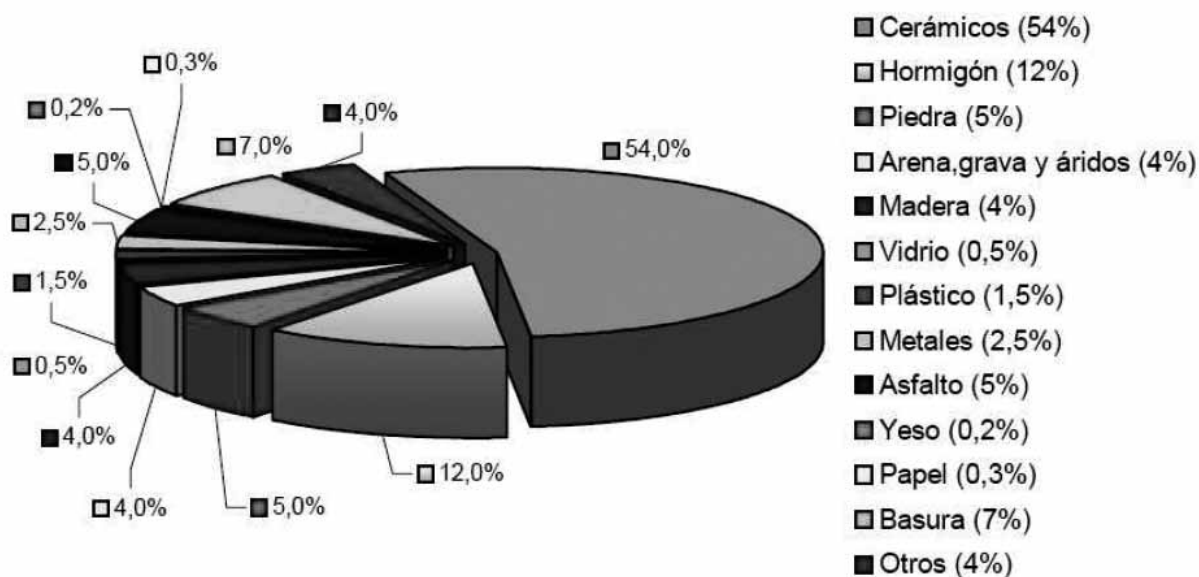


Fuente: Inventario de residuos sólidos del Distrito Federal 2008, Secretaria del Medio Ambiente del Distrito Federal

En tanto, en el Programa de gestión integral de los residuos sólidos para el Distrito Federal se menciona que en la actualidad más de 20% de los residuos de la construcción (1,395 ton/día) se disponen de forma no controlada y como su ingreso al Bordo Poniente quedó prohibido desde 2009, existen una gran cantidad de estos residuos sin ningún tipo de tratamiento o posibilidades de reciclaje. Aun cuando se considera que los residuos de la construcción son potencialmente reciclables y actualmente existe capacidad para procesar 2,000 ton/día de residuos de la construcción.

Independientemente de la precisión de los volúmenes de residuos sólidos de la construcción generados en el Distrito Federal y su área metropolitana, estamos hablando de la generación de 3 mil toneladas diarias cuya composición aproximada se presenta en la Figura 7.

Figura 7: Composición de los residuos de construcción y demolición en el Distrito Federal



Fuente: Reutilización de residuos de construcción y demolición, Espinosa, A., 3º Curso de restauración de espacios degradados, España 2010.

En este contexto se expide la Norma ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2004, que establece la clasificación y especificaciones de manejo para residuos de la construcción en el Distrito Federal para optimizar su control, fomentar su aprovechamiento y minimizar su disposición final inadecuada. La Norma ambiental indica los requisitos ambientales de manejo por volumen de acuerdo con la Tabla 2:

Tabla 2: Categoría y requerimientos ambientales

Categoría	Requerimientos
Mayor o igual a 7 m ³	<ul style="list-style-type: none"> Presentación del plan de manejo de residuos de acuerdo a lo establecido por las disposiciones jurídicas aplicables.
Menor de 7 m ³	<ul style="list-style-type: none"> Recolección mediante la contratación de un prestador de servicios (transportista) o la Delegación correspondiente. Sin presentación de plan de manejo de residuos

Fuente: Norma ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2004, Gobierno del Distrito Federal 2006

Los residuos de la construcción están constituidos generalmente por un conjunto de fragmentos o restos de materiales producto de demolición, desmantelamiento, excavación, tales como tabiques, piedras, tierra, concreto, morteros, madera, alambre, resina, plásticos, yeso, cal, cerámica, tejados, pisos y varillas, entre otros, cuya composición puede variar ampliamente dependiendo del tipo de proyecto, la obra y etapa de construcción.

Para incrementar el aprovechamiento de estos materiales, de acuerdo con la Norma ambiental NADF-007-RNAT-2004 los residuos de la construcción se deben clasificar en las fracciones indicadas en la Tabla 3:

Tabla 3: Clasificación de los residuos de la construcción

Sección	Residuo
A. Residuos potencialmente reciclables para la obtención de agregados y material de relleno	1. Prefabricado de mortero o concreto (blocks, tabicones, adoquines, tubos, etc.)
	2. Concreto simple
	3. Concreto armado
	4. Cerámicos
	5. Concretos asfálticos
	6. Concreto asfáltico producto del fresado
	7. Productos de mampostería
	8. Tepetates
	9. Prefabricados de arcilla recocida (tabique, ladrillos, blocks, etc.)
	10. Blocks
	11. Mortero
B. Residuos de excavación	1. Suelos orgánicos
	2. Suelos no contaminados y materiales arcillosos, granulares y pétreos naturales contenidos en ellos
	3. Otros materiales minerales no contaminados y no peligrosos contenidos en el suelo
C. Residuos sólidos	1. Cartón
	2. Madera
	3. Metales
	4. Papel
	5. Plástico
	6. Residuos de podas, tala y jardinería
	7. Paneles de yeso
	8. Vidrio
	9. Otros

Fuente: Norma ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2004, Gobierno del Distrito Federal 2006

De conformidad con la misma Norma ambiental, para el aprovechamiento de los residuos de la construcción clasificados en la sección A de la Tabla 3, los generadores de residuos de la construcción que requieran presentar evaluación de impacto ambiental, aviso de demolición o informe preventivo, deben enviar a reciclaje por lo menos un 30% de estos residuos de la construcción durante el primer año de aplicación de la norma ambiental, incrementándose dicho porcentaje en un 15 % anual hasta llegar al 100 % como óptimo.

En el caso de los residuos de la construcción clasificados en la sección B, los generadores de residuos de la construcción que requieran presentar evaluación de impacto ambiental, aviso de demolición o informe preventivo deben reusar directamente en el sitio de generación al menos el 10% de los residuos generados, salvo que el interesado demuestre mediante estudios y pruebas de laboratorios acreditados un porcentaje diferente que garantice las especificaciones técnicas del proyecto, así como del correspondiente estudio costo-beneficio; debiendo indicar en el plan de manejo de residuos el reuso que se les dará a dichos residuos. Y en el caso de los residuos identificados como residuos sólidos en la sección C, el generador debe buscar su valorización preferentemente.

En las siguientes obras se debe al menos sustituir un 25% de los materiales vírgenes por materiales reciclados, siempre y cuando éstos materiales cumplan con las especificaciones técnicas del proyecto, el costo sea el más conveniente para el interesado o que demuestre mediante estudios y pruebas de laboratorios acreditados un porcentaje diferente que garantice las especificaciones técnicas del proyecto, así como del correspondiente estudio costo-beneficio:

- Sub-base en caminos.
- Sub-base en estacionamientos.
- Carpetas asfálticas para vialidades secundarias.
- Construcción de terraplenes.
- Relleno sanitario.
- Construcción de andadores o ciclistas.
- Construcción de lechos para tubería.
- Construcción de bases de guarniciones y banquetas.
- Rellenos y pedraplenes.
- Bases hidráulicas.

En caso de presentarse otros usos de los materiales reciclados producto del tratamiento de los residuos de la construcción, estos deben sustentarse y demostrar su uso con análisis o pruebas correspondientes. Por último, independientemente del tipo de residuo de construcción, si no se envían a reciclaje, la Norma estipula su disposición final solamente en sitios autorizados.

Conclusiones

Uno de los problemas presentes actualmente en el Distrito Federal es la escasez de lugares para disponer y tratar en forma adecuada la generación diaria de 12 mil toneladas de residuos sólidos urbanos debido a la saturación del relleno sanitario Bordo Poniente. Un nicho de esta problemática corresponde a los residuos de la construcción provenientes de la edificación y demolición de obras, cuyo volumen diario estimado asciende a 3,000 toneladas.

La normativa vigente indica el proceso de clasificación y separación de los residuos de construcción para optimizar su reutilización y posible reciclaje; sin embargo, las estadísticas de los últimos inventarios disponibles indican que las proporciones de reutilización son todavía insuficientes, alrededor del 60%, por lo que quedan sin tratamiento o disposición adecuada un volumen aproximado de mil toneladas diarias.

En este sentido las autoridades de la ciudad deben implementar acciones tendientes para incrementar el tratamiento y reciclaje de los residuos de la construcción, entre ellas: mayor vigilancia a las disposiciones clandestinas de residuos, ofrecer estímulos y apoyos específicos a las empresas con actividades de tratamiento y reciclaje de residuos de construcción que no son atendidos en los mercados tradicionales, aumentar los incentivos para la certificación de edificios sustentables en la parte de reutilización y reciclaje de estructuras y materiales de construcción, promover nuevos sitios de disposición de residuos de construcción con tarifas específicas que recuperen la inversión de su creación y promover la realización de estudios de viabilidad técnica y económica sobre nuevas aplicaciones de los residuos de construcción.

REFERENCIAS

1. Calvente, A., El concepto moderno de sustentabilidad, Universidad Abierta Interamericana, Junio 2007
2. Cuchí, A. y Sagera, A., Reutilización y reciclaje de los residuos del sector de la construcción, Ambienta, mayo 2007
3. United States Green Building Council, LEED 2009 para Nueva Construcción y Grandes Remodelaciones Versión 3.0, noviembre 2008
4. Gobierno del Distrito Federal, Ley de residuos sólidos del Distrito Federal, 22 de abril de 2003
5. Gobierno del Distrito Federal, Reglamento de la Ley de residuos sólidos del Distrito Federal, 7 de octubre de 2008
6. Gobierno del Distrito Federal, Programa de gestión integral de los residuos sólidos para el Distrito Federal, 13 de septiembre de 2010
7. Gobierno del Distrito Federal, Norma ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2004, 2 de julio de 2006
8. Secretaria del Medio Ambiente del Distrito Federal, Inventario de residuos sólidos del Distrito Federal 2008
9. Espinosa, A., Reutilización de residuos de construcción y demolición, 3º Curso de restauración de espacios degradados, España 2010