

DEFINICIÓN DE CRITERIOS SOSTENIBLES PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES DE VIVIENDAS EN BOGOTÁ



Luz Mónica Duran Gutiérrez
Diciembre 2017.

Director:
Ph.D. Claudio Varini

Facultad de Diseño
Maestría en Diseño Sostenible

Universidad Católica de Colombia.
Bogotá D.C.

Agradecimientos

A Dios que me ha permitido dar otro paso en mi carrera profesional; a mi madre y a mi familia por ser siempre el soporte incondicional en todos y cada uno de los proyectos que emprendo; a Carlos Andrés quien me apoyó y alentó en el momento en el que lo necesitaba; a Claudio, Martín, Susana y todos los docentes de la maestría porque sus invaluable enseñanzas me llevaron a culminar satisfactoriamente esta etapa; a mis amigos y compañeros de curso, con quienes compartimos innumerables días y noches de estudio que hoy rinden fruto.





Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



Abstract

La construcción es responsable del consumo de recursos: materias primas renovables y no renovables, agua, energía, combustibles fósiles, primordialmente asociados con los materiales que se usan en un proyecto; adicionalmente, la vivienda es el producto de construcción que más se consume en Bogotá y debido a la falta de normatividad al respecto, la selección de materiales no depende de criterios que incorporen la sostenibilidad como base para la toma de decisiones, por lo que prima el beneficio económico en el momento en el que se elige un material, desconociendo las implicaciones ambientales y sociales relacionadas con esta decisión.

En diferentes contextos tanto nacionales como internacionales, a nivel de investigaciones (que son las fuentes que más han definido criterios de selección), de guías o de lineamientos, de certificaciones para edificaciones, de normativa, pero en ausencia de una obligatoriedad específica respecto de la temática en la ciudad de Bogotá, se han explorado criterios para la selección de materiales, que sirvieron como base para la definición de criterios para la selección de materiales de vivienda en Bogotá.

Una vez definidos los criterios cada uno de ellos se enlazó tanto con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, considerando que Colombia asumió compromisos a partir de esto; se asociaron con uno o más de los pilares de la sostenibilidad, dependiendo de la naturaleza del criterio. En este contexto se observó que la mayor cantidad de criterios para la selección que pueden ser considerados son de carácter ambiental, aunque en Colombia son los que resultan más difíciles de medir, seguidos de los sociales, mientras que los económicos no aparecen citados en las fuentes consultadas, no obstante son los que más se consideran en la toma de decisiones.

PALABRAS CLAVE: Desarrollo sostenible, materiales de construcción, mitigación de impactos, Objetivos de Desarrollo Sostenible, toma de decisiones.



Tabla de contenido

Agradecimientos.....	ii
Abstract	iv
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo general	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
3. METODOLOGÍA	5
4. MARCO DE REFERENCIA	7
4.1 Criterios para la selección de materiales	7
4.1.1 Criterios de selección de materiales de acuerdo con autores relacionados	9
4.1.2 Criterios de selección de materiales en sistemas de certificación internacional.	19
4.1.3 Criterios de selección de materiales en guías de lineamientos y normativa colombiana.	34
4.2 Construcción de vivienda en Bogotá.....	42
4.3 El contexto de la sostenibilidad.....	45
5. DEFINICIÓN DE CRITERIOS SOSTENIBLES.....	48
5.1 Listado de criterios a considerar.....	48
5.2 Objetivos y clasificación de los criterios.....	54
5.3 Priorización de los criterios.....	64
5.4 Análisis de caso – Ladrillo Tolete.....	71
6. CONCLUSIONES	75
Bibliografía.....	78
Anexo 1. Guía de criterios.....	80

Lista de tablas

Tabla 1. Compilación de criterios para la selección de materiales	53
Tabla 2. Objetivos de Desarrollo Sostenible y metas relacionadas con los criterios de selección de materiales	57
Tabla 3. Objetivos y clasificación de criterios	63
Tabla 4. Priorización de criterios	68
Tabla 5. Criterios con priorización No. 1.....	69
Tabla 6. Criterios con priorización No. 2.....	70
Tabla 7. Criterios con priorización No. 3.....	70
Tabla 8. Análisis de caso - Ladrillo Tolete	74

Lista de figuras

Figura 1. Sistemas de Indicadores Comunes.....	11
Figura 2. Matriz de criterios ambientales para la producción y uso de la vivienda.	36
Figura 3. Consideraciones sostenibles a lo largo del ciclo de vida en la edificación.....	39
Figura 4. Objetivos de Desarrollo Sostenible.	47
Figura 5. Clasificación de los criterios en cada uno de los pilares de sostenibilidad.....	63
Figura 6. Ficha técnica Ladrillo prensado macizo Ladrillera Santafé.....	72

1. INTRODUCCIÓN

En relación con las actividades, el sector de la construcción constituye el 7.3% del Producto Interno Bruto de Colombia, por otra parte, y considerando las ciudades del país, Bogotá aporta el 25.9% en la distribución del PIB total. Del total de metros cuadrados licenciados en Bogotá durante los 10 últimos años, el 72,13% corresponde a vivienda, distribuidos en un 18,96% de vivienda VIS y un 53,17% de vivienda NO VIS (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2017). El 40% de los materiales extraídos de la naturaleza están estrechamente relacionados con la actividad de la construcción, con el 17% del consumo de agua y el 25% de la explotación de madera, con el consumo del 50% de la energía eléctrica que se produce y del 50% de los combustibles fósiles (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012). Por consiguiente, se hace importante introducir variables en la selección de materiales, para la toma de decisiones que no solo consideren aspectos económicos o técnicos, sino que también tengan en cuenta los efectos que estos producen en el ambiente, con el fin de racionalizar el uso de los recursos, contar con alternativas válidas y minimizar el impacto ambiental.

Desde su aparición, el concepto de desarrollo sostenible ha servido como marco para que en diferentes niveles, primero en el ámbito internacional y luego en el ámbito nacional se establezcan compromisos que permitan a los países entender y avanzar con agendas en las que se traten de manera transversal temáticas asociadas a los tres pilares de la sostenibilidad. En este contexto, y posterior a la definición y seguimiento hechos a los objetivos del Milenio, se definieron los Objetivos de Desarrollo Sostenible en los que actualmente las naciones del mundo han hecho una serie de compromisos para trabajar en los desafíos que permitan encaminar el rumbo de las acciones humanas sobre el planeta.



Por otra parte, desde la revolución industrial se introdujo la posibilidad de elaborar nuevos materiales a partir del procesamiento de materias primas y la incorporación de técnicas diferentes a las tradicionales o vernáculas, para satisfacer las necesidades de la construcción, produciendo así un aumento considerable en el impacto ambiental, por el uso indiscriminado de recursos naturales y energía, la emisión de contaminantes, la generación de residuos, entre otros.

En este contexto, el impacto ambiental asociado a la construcción constituye una deuda pendiente de afrontar por parte de nuestra sociedad, no obstante, cambiar el uso de sistemas constructivos y de materiales en los que priman los criterios asociados al beneficio económico, no es una tarea sencilla. En contextos como Colombia, en los que la conciencia ambiental aún no se encuentra suficientemente desarrollada y los criterios sostenibles no han permeado con suficiente fuerza las actividades tradicionales, resulta un reto poder incluir estos criterios en todos los procesos relacionados con la actividad constructiva.

Adicionalmente la normativa que dicta los parámetros y lineamientos de construcción sostenible, el Decreto 549 de 2015, solo incluye los capítulos de agua y energía para edificaciones. A nivel distrital, el Decreto 613 de 2015 propone incentivos para los dos ejes temáticos en viviendas de interés prioritario y viviendas de interés social; sin embargo, en ninguna de las normativas se tiene en cuenta el capítulo de materiales, por lo que este tema se encuentra aun sin reglamentar, la aplicación en el país y en la ciudad depende de lo que los desarrolladores de los proyectos estimen y aunque las entidades estatales han hecho esfuerzos por definir algunos aspectos, o criterios o acciones relacionadas con los materiales de construcción no existe una unicidad que permita a los tomadores de decisiones tener un panorama integral para seleccionar los materiales con criterios de sostenibilidad dentro de sus proyectos.

En las condiciones del mundo actual, en donde los recursos naturales se están agotando, y la actividad constructora no decrece, la selección de materiales para las edificaciones con criterios de



sostenibilidad debería ser de obligatorio cumplimiento, dado que la materialidad del proyecto define en gran medida los impactos que este causa tanto al medio ambiente, como al lugar en donde se emplaza y a los mismos habitantes; por este motivo una adecuada selección puede generar disminución en las consecuencias directas de las construcciones sobre los seres humanos y sobre el planeta, cuidado y conservación de recursos naturales, disminución de residuos, mitigación de impactos asociados al cambio climático, entre otros, ello sin detrimento de la calidad técnica requerida según el proyecto y la relación costo-beneficio que se busca para dar viabilidad a los proyectos.

Con base en lo anterior, se propone definir criterios de sostenibilidad para la selección de materiales para viviendas en Bogotá, contribuyendo de esta manera al afianzamiento de conceptos de arquitectura y vivienda sostenible.

Los usuarios referentes de trabajo de grado son los tomadores de decisiones en la definición de proyectos de vivienda en Bogotá, desde diseñadores hasta constructores. La investigación busca definir unos criterios sostenibles claros para la selección de materiales, para que cualquier profesional que se encuentre involucrado en el proceso de diseño y/o construcción pueda utilizarlos, también sin disponer de conocimientos específicos. Sin embargo, el usuario debe tener consciencia de que la manera de seleccionar materiales para viviendas en Bogotá no solo es en función de criterios económicos, sino que el mismo concepto de sostenibilidad es transdisciplinario y considera como costo también los impactos a diferentes niveles.



2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Definir criterios sostenibles en la selección de materiales para proyectos de vivienda en Bogotá, con el fin de mitigar los impactos ambientales y sociales, manteniendo una buena relación entre costo y beneficio.

2.2 Objetivos específicos

- Definir los criterios que se deben considerar en la selección de materiales para la construcción de viviendas en Bogotá e involucran los pilares de la sostenibilidad.
- Identificar los criterios que tienen en cuenta diferentes herramientas usadas para la evaluación de construcción sostenible a nivel internacional y nacional.
- Categorizar los criterios identificados, en el marco de los pilares de la sostenibilidad: ambiental, social y económico, con el fin de que proporcionen una perspectiva holística a los tomadores de decisiones.



3. METODOLOGÍA

El tipo de investigación propuesta es descriptiva (estudio, exploratoria), su propósito es ser de aplicada y dirigida a la solución de problemas prácticos, las limitaciones que puede tener el investigador es la falta de disponibilidad de la información relacionada con los criterios de selección de materiales, esto en atención a que el diseño de la investigación es de carácter documental, a partir de la correlación de datos secundarios.

La hipótesis sobre la que se desarrolló el presente trabajo es que si se definieran criterios, la selección de materiales para viviendas en Bogotá contribuiría a la sostenibilidad de los proyectos; en este sentido, se evidencian una serie de problemáticas asociadas con la temática seleccionada, tales como: la falta de consenso y de normativa local y nacional sobre los criterios a utilizar para la selección de materiales; el desconocimiento de las implicaciones ambientales y sociales en la definición de la materialidad de las viviendas en Bogotá; la consideración únicamente del criterio económico para la toma de decisiones.

A partir de la problemática mencionada, la justificación para la investigación integra aspectos como: la orientación de las políticas de construcción para la ejecución de proyectos sostenibles, a partir de definición de criterios; el aporte de criterios específicos para la selección de materiales, que hoy en día se encuentran dispersos en diferentes fuentes bibliográficas; la valoración de temáticas como el confort y la salubridad interior que no son consideradas en la en la toma de decisiones convencional acerca de los materiales para proyectos de vivienda; la articulación de los criterios con el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y las metas que al respecto ha trazado Colombia a 2030.

Para llevarla a cabo se recopiló la información disponible de 13 fuentes (normativas locales, nacionales, internacionales y sistemas de certificación para edificaciones sostenible) sobre los



criterios sostenibles para la selección de materiales, con el fin de conformar una base de datos que permitió diferentes formas de clasificación y la más conveniente, según los lineamientos expuestos, es la que se propone en el documento.

El procesamiento y el análisis de los datos se ejecutó con variables discretas (criterios), que se agruparon para el análisis lógico estadístico, a partir de matrices en MS Excel. Este método se usó considerando que el tipo de investigación es exploratorio lo que resulta apropiado para el logro de los objetivos propuestos.



4. MARCO DE REFERENCIA

El marco de referencia para el desarrollo del trabajo se dividirá en las grandes temáticas que componen el trabajo: los criterios para la selección de materiales y la construcción de viviendas en Bogotá, ello en el marco de la sostenibilidad y la agenda de Objetivos de Desarrollo Sostenible para Colombia.

4.1 Criterios para la selección de materiales

La selección de materiales se puede hacer de tantas maneras como tomadores de decisiones hay, no obstante, se han estandarizado algunos criterios establecidos a partir de varios métodos, entre ellos, los sistemas de certificación de edificaciones tales como LEED, BREEAM, HQE; las guías de buenas prácticas tales como la Cartilla de Criterios Ambientales para el Diseño y la Construcción de Viviendas Urbanas desarrollada en Colombia y los resultados de investigaciones que aportan en el conocimiento específico relacionado con los impactos de los materiales.

En el artículo sobre diseño sostenible de la edificación (Akadiri, Chinyio, & Olomolaiye, 2012) los autores indican que la selección cuidadosa de materiales de construcción es la manera más sencilla de comenzar a incorporar criterios de sostenibilidad en las edificaciones. Esta es un problema multi criterio que actualmente se basa más en la experiencia que en una aproximación numérica por la falta de disponibilidad formal de criterios y estrategias. Adicionalmente las herramientas existentes hoy en día son criticadas por hacer un énfasis especial solo en temas ambientales.

La construcción, la operación y la deconstrucción de edificios son actividades humanas que producen un significativo impacto ambiental tanto por el consumo de materias primas y energía, como por la contaminación y producción de residuos, en ese sentido hay cada vez más una mayor



conciencia acerca de la necesidad de implementar acciones y estrategias para hacer más sostenible la actividad de la construcción.

El ritmo con el que se emprenden las acciones depende de las decisiones tomadas por una cantidad de actores que intervienen en el proceso: dueños, gerentes, diseñadores, firmas, etc. La selección sostenible de materiales de construcción es una de las acciones más sencillas que puede ser implementada por los diseñadores al incorporar criterios múltiples de sostenibilidad en los proyectos; en este sentido la selección tiene dos características preponderantes: se fundamenta en la experiencia y no en acercamientos numéricos y cuando se tienen en cuenta criterios de sostenibilidad se privilegian aspectos relacionados con el impacto ambiental, sin considerar que la sostenibilidad debe integrar tanto aspectos sociales, como técnicos, ambientales y económicos.

Uno de los ejemplos en el que se intenta establecer una evaluación integral de una gama de consideraciones de sostenibilidad en construcciones es la certificación BREEAM. Esta certificación fue el primer método establecido en 1990 en el Reino Unido y desde entonces una serie de certificaciones se han generado alrededor del mundo, no obstante, todas ellas si bien cuentan con criterios relacionados con el medio ambiente, tienen una evaluación limitada en lo que respecta a factores sociales o económicos; adicionalmente la mayoría de estas certificaciones están diseñadas para nuevas edificaciones. Por otra parte, aunque la energía, el agua y el confort de los ocupantes son suficientemente considerados en las herramientas de evaluación, se deja de un lado el sistema de la vida de la edificación y criterios asociados como durabilidad y costo durante el ciclo de vida. Es así como se identifica la necesidad de desarrollar un proceso de selección de materiales holístico, que identifique y priorice criterios relevantes y pueda evaluar aspectos de tipo social, económico, ambiental y técnico.

En este sentido, a continuación se desglosarán, de acuerdo con la bibliografía, diferentes criterios a partir de las diferentes metodologías mencionadas anteriormente:



4.1.1 Criterios de selección de materiales de acuerdo con autores relacionados

La selección de los materiales debe basarse en criterios que permitan soportar las decisiones tomadas con base en los principales aspectos que se tienen en cuenta para ello, es así como los criterios para la selección de proyectos han sido objeto de disertaciones por parte de diferentes autores que de acuerdo con investigaciones o sus propias experiencias.

Los criterios pueden ser de diversas naturalezas el Centro de Investigación, Hábitat y Energía definió 4 clasificaciones de los mismos (Evans & Schiller, 2013): el diseño, el ciclo de vida útil, el impacto del material en el tiempo, y sus atributos.

Los criterios relacionados con el diseño deben contemplar si el proyecto es nuevo o es renovación, debido a que los materiales que se usan para cada uno de los casos pueden diferir. Por otra parte, es importante ver el diseño no solamente como la definición de la arquitectura del proyecto, sino como un desarrollo de su materialidad, hasta la definición completa de todos los sistemas que componen el edificio.

Los criterios relacionados con el ciclo de vida útil consideran el concepto de la cuna a la cuna, es decir, la minimización de los impactos asociados a la deconstrucción y el cierre del ciclo de los materiales de tal manera que se vuelvan a incorporar como materia prima nuevamente para la generación de materiales, emulando los ciclos de la naturaleza que no son abiertos sino cerrados. Durante las diferentes fases del ciclo de vida de materiales, es decir: extracción de recursos, transporte y fabricación, instalación, uso y desmontaje, se pueden tener en cuenta aspectos como: cantidad y tipo de materia prima usada para la elaboración del material (incorporación de materiales renovables, materiales reciclados, etc.), efectos en la salud, en el ambiente, etc., con el fin de determinar cuáles son los impactos negativos dependiendo de la fase y así definir con claridad su mitigación.



En relación con los criterios de impacto del material en el tiempo se explicita el impacto que tiene el mismo no solo sobre el entorno, sino a lo largo del ciclo de vida, por lo que se definen los impactos en estos aspectos:

- Calentamiento global: emisiones de gases de efecto invernadero.
- Huella de carbono: emisiones de gases que reducen la capa de ozono.
- Conservación y ahorro de recursos: preservación de ecosistemas y reducción de consumo de recursos minerales, madereros, hídricos.
- Prevención de la contaminación del suelo, aire, agua: emisión de sustancias y partículas en suspensión para los diferentes medios.
- Reducción de sustancias químicas que no sean biodegradables: nulo o bajo contenido de sustancias tóxicas o peligrosas en los materiales.
- Uso de materiales reciclados: porcentaje de reciclabilidad de los materiales
- Posibilidad de reciclado, reutilización, recargabilidad y recambio: revisión de las posibilidades de cada uno de estos aspectos en los materiales utilizados, observando y valorando los tiempos, los costos, los procesamientos que ello conlleva.

Este grupo de criterios se puede complementar con el grupo de indicadores definidos por el proyecto CAT-MED (Cots, 2012), que se muestran en la figura 1 y que corresponde al de Manejo de Recursos Naturales. Aunque estos no se definen en el marco de indicadores del ámbito edilicio, su relevancia radica en el desarrollo de conceptos básicos que permiten transpolar la aplicación de los indicadores al mencionado ámbito.



TERRITORIAL MANAGEMENT & URBAN DESIGN
1. Population density
2. Urban compactness
3. Urban complexity
4. Green zones & recreation areas
5. Green zones & recreation areas proximity
MOBILITY & TRANSPORT
6. Traffic modal split
7. Proximity of public transport stops
8. Proximity of bicycle lanes and paths
9. Percentage of pedestrian streets and walkways
10. CO ₂ emissions
NATURAL RESOURCE MANAGEMENT
11. Energy consumption
12. Water consumption
13. Waste management & removal
14. Air quality
15. Noise pollution
SOCIAL AND ECONOMIC COHESION
16. Proximity to basic services
17. Social housing ratio
18. Labor force participation & unemployment rate
19. Tourist frequency trends
20. Environmental activities in primary school

Figura 1. Sistemas de Indicadores Comunes

Nota: Resaltado fuera de texto. Fuente: (Cots, 2012)

Del listado anterior, se pueden tener en cuenta los indicadores de consumo energético, consumo de agua y manejo de residuos. Como meta para todos los indicadores CAT-MED ha establecido la reducción del 20% en concordancia con los objetivos propuestos por la estrategia de la Unión Europea para el 2020. Vale la pena acotar que dada la falta de disponibilidad de datos de línea base para Colombia, se deben consultar bases de datos de otros países, además de construir información que permita tener referencias en relación con rangos adecuados para cada uno de los criterios.

De la información que contiene el documento vale la pena tener en cuenta por cada uno de los indicadores lo siguiente, como marco de conceptos que ayudan a estructurar los criterios a considerar para la selección de materiales:

- Indicador de consumo de energía: el efecto negativo que se causa por el consumo excesivo de energía y la consecuente contribución al cambio climático. Por otra parte, e independientemente de los datos de consumo, es importante retomar el manejo adecuado



del consumo energético para empoderar la sostenibilidad, promoviendo el uso racional de energía y el aumento del uso de fuentes de energía renovable.

- Indicador de consumo de agua: la cantidad de agua que se consume para las diversas actividades es uno de los retos más importantes por afrontar, considerando que este es un recurso vital y debemos hacer un uso racional de él.
- Indicador de manejo de residuos: la promoción relacionada con la reducción, el reuso y el reciclaje de los residuos generados es una de las políticas que mejores impactos tiene en el medio ambiente. El desperdicio de residuos, es también desperdicio de energía y de recursos y el manejo de residuos no solo debe considerar los residuos que se clasifican, sino los que vuelven a ser incorporados en la cadena productiva a partir del reciclaje.

Por último, en la clasificación de los grupos de criterios se encuentra el relacionado con los atributos, que tiene que ver principalmente con la valoración de las características técnicas asociadas al material, en este contexto, los posibles atributos a evaluar son:

- Calidad y conservación de características: cuanto mejor sean estas dos condiciones, menores serán los impactos negativos relacionados con el material.
- Composición química: con el fin de evaluar si contiene sustancias tóxicas para la salud o el ambiente, todo ello informado por el productor o fabricante.
- Mejoramiento de la calidad del aire interior: materiales con altos o bajos contenidos de COV (compuestos orgánicos volátiles) que pueden afectar al usuario de la edificación, por la hermeticidad de algunas edificaciones.
- Comportamiento ante el fuego: evitar materiales inflamables, pero en caso que sean necesarios, tomar las precauciones necesarias con el fin de generar los asilamientos requeridos por seguridad, revisar si propagan la llama, o liberan emisiones tóxicas.



- Durabilidad: uso de materiales durables que disminuyan a necesidad de reemplazo durante el ciclo de vida de la edificación.
- Degradabilidad / compostabilidad de materiales: revisión de la capacidad de materiales en entrar en proceso de descomposición química o biológica, una vez han cumplido con su ciclo de vida útil.

Por otra parte, (Denison & Halligan, 2010) indican que considerando el alto impacto que causan las actividades humanas al ambiente y en especial la construcción y operación de edificaciones, se deben tener en cuenta los siguientes criterios relacionados con la materialidad y el ambiente:

- Medida de energía embebida: es la suma de la energía usada en la extracción del material, la manufactura, el transporte al sitio en donde se va a usar y la incorporación del producto en la edificación, por ello, entre menos procesos se realicen durante estas etapas, el material contendrá la menor cantidad de energía embebida. La medida se da MJ/Kg. Debido a que no reconoce el tipo de energía que se usa, no corresponde a la medida del carbón embebido.

Es importante considerar la durabilidad y la reciclabilidad del producto. Hay ventajas en el uso de materiales con una alta energía embebida, debido a que por lo general estos tienen una duración mayor, pueden ser reciclados, o reusados hasta el fin de su ciclo de vida, en comparación con los que tienen una baja energía embebida que requiere reemplazo con mayor frecuencia.

- Empaque de materiales: actualmente los materiales poseen una serie de envolturas diseñados para protegerlos durante el transporte. Algunos productos grandes vienen con empaques como estibas que se pueden reusar, no obstante, los pequeños elementos



normalmente vienen empacados con plásticos y poliestirenos que difícilmente se pueden reusar o reciclar. Adicionalmente, la mayor parte de los empaques están fabricados con materiales petroquímicos que no son degradables, ni amigables con el medio ambiente; y al comparar las pérdidas económicas y los impactos que causa el transporte de los materiales sin ser empacados, con el escenario de un empaque excesivo, puede ser más favorable la primera alternativa.

- **Reciclabilidad:** el reúso de materiales de construcción como materia prima de nuevos materiales es una práctica que se ha incrementado durante los últimos años, sobre todo en algunos países en donde la legislación asegura el sentido financiero de esta actividad. Hay dos tipos de reciclabilidad, la más común es en los materiales son reciclados para elementos similares, procesados con una fracción de energía de la que originalmente consumió en la producción inicial; el segundo, es el denominada sub-reciclaje que se produce cuando el material es convertido en productos diferentes al inicial.
- **Transporte:** el transporte de los materiales de construcción hace un aporte definitivo en su huella de carbono y la proporción varía dependiendo de la distancia, el modo de transporte y la cantidad de energía embebida. El transporte de materiales tiene un impacto bajo en los sistemas de certificación ambiental de edificaciones

(Alavedra, Domínguez, Gonzalo, & Serra, 1998) indican que la actividad constructora es, dentro de las actividades industriales, tanto la mayor consumidora de recursos naturales, como la actividad que genera contaminación incluso una vez las edificaciones se encuentren en uso. Los impactos ambientales, los costos ecológicos, las atmosferas interiores insalubres, hacen que se requiera la aplicación de criterios de sostenibilidad que permitan “una conservación de los



recursos naturales, una maximización en la reutilización de los recursos, una gestión del ciclo de vida, así como reducciones de la energía utilizada”.

En este sentido señalan aspectos a considerar en la construcción sostenible, teniendo en cuenta no solamente que se genera un ambiente, sino que este ambiente producirá unos efectos en quienes habitan sobre todo por los efectos de los materiales en la salud humana. Se trata entonces de construir con base en unos principios ecológicos que se enumeran a continuación:

- Conservación de recursos.
- Reutilización de recursos.
- Utilización de recursos Reciclables y Renovables en la construcción.
- Consideraciones respecto a la gestión del ciclo de vida de las materias primas utilizadas, con la correspondiente prevención de residuos y de emisiones.
- Reducción en la utilización de la energía.
- Incremento de la calidad, tanto en lo que atiende a materiales, como a edificaciones y ambiente urbanizado.
- Protección del Medio Ambiente.
- Creación de un ambiente saludable y no tóxico en los edificios

Adicionalmente definen los requisitos que deben cumplir los edificios sostenibles:

- Consumir una mínima cantidad de energía y agua a lo largo de su vida;
- Hacer un uso eficiente de las materias primas (materiales que no perjudican el medio ambiente, materiales renovables y caracterizados por su desmontabilidad);
- Generar unas mínimas cantidades de residuos y contaminación a lo largo de su vida (durabilidad y reciclabilidad);
- Utilizar un mínimo de terreno e integrarse correctamente en el ambiente natural;



- Adaptarse a las necesidades actuales y futuras de los usuarios (flexibilidad, adaptabilidad y calidad del emplazamiento);
- Crear un ambiente interior saludable.

Por otra parte señalan que debido a que los edificios y sus materiales generan un impacto ambiental antes, durante y después de su construcción, con la aplicación de los siguientes criterios se podrían disminuir estos efectos nocivos sobre el ambiente:

- Uso de materiales reciclables para la producción de los agregados para concreto, reemplazando las materias primas naturales.
- Reciclaje de materiales: reutilización de la madera, uso de materiales reciclados, reutilizados o uso de residuos en materiales para la construcción de los componentes de la edificación.
- Reutilización de residuos de otras construcciones o demoliciones, en un nivel de alta calidad y que no sean utilizados en aplicaciones de baja importancia o dispuestos en los vertederos.
- Reducción en el transporte de materiales, que supone un aporte importante en emisiones de CO₂.
- Diseño del edificio y elección de materiales considerando minimizar el alto contenido de compuestos orgánicos volátiles.

(Borsani, 2011) indica que la selección de materiales es un eje de acción sobre el que se pueden aplicar los siguientes principios, que a su vez agrupan una serie de criterios que permiten hacer una elección de manera responsable:

- Uso eficiente de los recursos, con el fin de reducir significativamente el consumo de materias primas provenientes de recursos naturales, a partir de:



- Reducción del uso de materiales nuevos y diseño de proyectos adaptables que no requieran reconstrucciones con el tiempo.
- Reutilización de las estructuras existentes en el lugar.
- Reducir uso de material con el diseño de estructuras eficientes.
- Uso de materiales durables
- Recuperación y reutilización de materiales producto de la deconstrucción.
- Uso de materiales fruto de redes de reciclaje de materiales.
- Reproceso de materiales (desglose o reducción de tamaño) para su uso en el mismo lugar.
- Diseño para el desmonte, con el fin de facilitar la reutilización de los materiales.
- Uso de materiales con contenido de reciclados, reduciendo el uso de materias primas vírgenes y la incorporación de energía en el procesamiento de las mismas.
- Utilización de materiales con potencial de reciclaje, con el fin de cerrar el ciclo de los materiales.
- Uso de materiales y productos elaborados a partir de recursos renovables
- Uso de materiales con impacto ambiental bajo, debido a que durante el ciclo de vida de los materiales se pueden producir efectos negativos en los ecosistemas tales como: afectación de hábitats, eliminación de vegetación y aumento de la escorrentía, pérdida de capa superior del suelo y sedimentación de las fuentes de agua, generación de emisiones y residuos que afectan el aire, el agua y el suelo, y liberación de sustancias tóxicas al ambiente. En ese sentido los criterios que se pueden tener en cuenta para minimizar el impacto son:
 - Uso de materiales extraídos de modo sostenible.
 - Uso de madera certificada.



- Uso de materiales con bajos niveles de procesamiento, es decir, procesos de transformación sencillos.
 - Uso de materiales con poca energía embebida, que se refiere a la cantidad de energía que se requiere durante todo el ciclo de vida de un elemento, desde su extracción hasta su disposición.
 - Uso de materiales que se producen con energía renovable, lo que minimiza el manejo de combustibles fósiles.
 - Uso de materiales locales, lo que disminuye los efectos relacionados con el transporte e incentiva la economía del sector.
 - Uso de materiales no contaminantes.
 - Uso de materiales de bajo consumo y contaminación del agua, durante el ciclo de vida del producto.
- Evitar uso de materiales que puedan dañar al ser humano o al medio ambiente en cualquier fase del ciclo de vida, por la exposición a sustancias que usualmente son el resultado de los procesos de manufactura, uso o disposición final. Los criterios para considerar son los siguientes:
 - Uso de materiales de baja emisión.
 - Uso de productos que contengan bajos niveles de sustancias tóxicas, que puedan ser emitidas en cualquier fase del ciclo de vida.
- Elección de materiales que permitan la aplicación de estrategias de diseño sostenibles, no porque sean productos sostenibles en sí mismos, sino porque contribuyan a una función de sostenibilidad al equilibrar los beneficios que proporcionan al medio ambiente. Los criterios asociados con este principio son:



- Materiales que promueven la conservación del ciclo hidrológico del sitio, al respetar los patrones naturales de drenaje, reducir al máximo las superficies impermeables, maximizar la infiltración de aguas pluviales y mejoren la calidad de las mismas.
- Materiales que retienen carbono.
- Materiales que reducen el efecto de isla de calor, por su baja capacidad para retener energía solar.
- Materiales que reducen el consumo de energía durante la operación de la edificación.
- Materiales que reducen el consumo de agua durante la operación de la edificación.
- Elección de materiales que provengan de compañías con intereses de tipo sostenible, es decir, empresas que se hagan cargo de los impactos ambientales, a la salud humana o social que provoca su operación.

4.1.2 Criterios de selección de materiales en sistemas de certificación internacional.

a. Certificación Leed

En la versión 4 de la certificación, la categoría materiales y recursos (Materials and Resources, MR) (LEED, 2014) tiene como objetivo reducir los impactos ambientales negativos relacionados con los materiales del edificio y los desechos de materiales generados durante la construcción y las operaciones. A partir de los criterios establecidos en la categoría se busca la selección de materiales con bajos impactos en las etapas de extracción, fabricación y transporte; adicionalmente la categoría fomenta el reciclado de la construcción y los desechos de los ocupantes de edificios para reducir la cantidad de residuos que se desechan en vertederos e incineradores.

Los criterios asociados con la categoría de materiales y recursos son:

- Recolección y almacenaje de reciclables: Se debe proveer áreas accesibles para la recolección y almacenaje de materiales reciclables de todo el edificio. Las áreas de



recolección y de almacenaje deben estar separadas. Los materiales reciclables deben incluir papel, cartón, vidrio, plásticos y metal, adicionalmente se deben tomar las medidas apropiadas para la recolección segura, almacenamiento y disposición de baterías, lámparas con contenido de mercurio y desechos electrónicos.

- Plan de manejo para los desechos de construcción y demolición : Se debe implementar un plan de manejo de desechos de construcción y demolición: que establezca objetivos de tratamiento de desechos en los que se incluya por lo menos 5 materiales (estructurales y no estructurales), aproximando un porcentaje de la totalidad que representan esos materiales dentro de los desechos del proyecto; que especifique que materiales van a ser separados y cuáles pueden ser combinados y describa la estrategia de tratamiento planeada para el proyecto.
- Reducción del impacto en el ciclo de vida de la edificación: Se debe demostrar la reducción del efecto ambiental durante las decisiones iniciales del proyecto, por el uso de los recursos de edificios existentes o por el uso de materiales que cuenten con la evaluación del ciclo de vida. En ese sentido, se puede implementar una de las siguientes opciones:
 - Reuso de edificios históricos: se debe mantener la estructura existente, la envolvente y los elementos interiores no estructurales de una edificación histórica en una zona de conservación. Cualquier adecuación (preservación, restauración o rehabilitación) de un edificio histórico o de una zona histórica debe hacerse en concordancia con las normas locales o nacionales aplicables en la materia.
 - Renovación de un edificio abandonado o deteriorado: se debe mantener al menos el 50% del área de superficie de la estructura del edificio existente, de los recintos y de la estructura interior de los elementos. Debe ser renovado hasta un estado de ocupación



productiva. Hasta el 25% de la superficie del edificio puede ser excluido del cálculo del crédito debido a deterioro o daño.

- Reuso del edificio y los materiales: Reutilizar o rescatar materiales de construcción de fuera del sitio o del sitio completando un porcentaje de la superficie, otorga puntos de acuerdo con lo establecido en la tabla “Puntos por reutilización de materiales de construcción”. Se pueden incluir elementos estructurales (por ejemplo, pisos, cubierta de techo), materiales de recinto (por ejemplo, los marcos y revestimientos) y elementos interiores permanentes (por ejemplo, paredes, puertas, revestimientos de suelos, sistemas de cielo raso). Se deben excluir del cálculo los ensamblajes de las ventanas y los materiales peligrosos.
- Evaluación de todo el ciclo de vida de la edificación: para nuevas construcciones (edificios o porciones de edificios), se debe realizar una evaluación del ciclo de vida de la estructura y de los espacios interiores del proyecto que demuestre un mínimo de reducción del 10% en comparación con un edificio de referencia en al menos tres de las seis categorías de impacto que se enumeran a continuación, una de las cuales debe ser el potencial de calentamiento global. Ninguna categoría de impacto valorada como parte de la evaluación del ciclo de vida puede aumentar en más del 5% en comparación con el edificio de referencia. La línea base de referencia y los edificios propuestos deben ser de tamaño, función, orientación y desempeño de energía operativa comparables, así como su vida útil debe ser de al menos 60 años para tener en cuenta el mantenimiento y reemplazo. Se deben utilizar las mismas herramientas de software para la evaluación del ciclo de vida tanto del edificio de línea base como del edificio propuesto. Los conjuntos de datos deben cumplir con la norma ISO 14044.



Las categorías de impacto para reducción son: potencial de calentamiento global (gases de efecto invernadero) en kg CO₂e; agotamiento de la capa de ozono en kg CFC-11; acidificación de la tierra y recursos hídricos en moles H⁺ o kg SO₂; eutrofización en Kg de nitrógeno o kg de fosfato; formación de ozono troposférico, en kg de NO_x, O₃ kg eq, o eteno kg; y agotamiento de recursos energéticos no renovables, en MJ.

- Divulgación de productos de construcción y optimización. – Declaraciones ambientales de productos: se pueden alcanzar créditos mediante las siguientes opciones:
 - Declaración ambiental de productos (EPD): se deben usar por lo menos 20 diferentes materiales provenientes de por lo menos 5 proveedores, que cumpla con uno de los criterios:
 - Declaración de producto: Los productos con una evaluación del ciclo de vida revisada según la norma ISO 14044 que tenga al menos un alcance de la cuna a la puerta.
 - Declaración ambiental de producto: que cumplen con las normas ISO 14025, 14040, 14044 y EN 15804 o ISO 21930 y tienen al menos un alcance de la cuna a la puerta.
 - Programa aprobado del USGBC: productos que cumplen con el marco de una declaración ambiental aprobado por el USGBC.
 - Optimización multiatributo: se pueden usar productos que cumplan con uno de los criterios a continuación para el 50%, por costo, del valor total de productos permanentemente instalados en el proyecto. Los productos se valorarán como se indica a continuación.
 - Productos certificados de tercera parte, que demuestren la reducción de impacto sobre los promedios de la industria en al menos 3 de las categorías: : potencial



de calentamiento global (gases de efecto invernadero) en kg CO₂e; agotamiento de la capa de ozono en kg CFC-11; acidificación de la tierra y recursos hídricos en moles H⁺ o kg SO₂; eutrofización en Kg de nitrógeno o kg de fosfato; formación de ozono troposférico, en kg de NO_x, O₃ kg eq, o eteno kg; y agotamiento de recursos energéticos no renovables, en MJ.

- Programas aprobados por el USGBC: productos que cumplan con el marco multiatributo aprobado por el USGBC

Para los cálculos se tiene en cuenta la distancia de donde provienen los materiales, si estos provienen de más de 160 km del sitio del Proyecto, se duplicará el valor de contribución.

- Divulgación de productos de construcción y optimización. – Fuente de las materias primas.
 - Reporte de fuente y extracción de materias primas: utilizar al menos 20 productos permanentemente instalados de al menos cinco fabricantes diferentes que han hecho público un informe de sus proveedores de materias primas incluyendo ubicaciones de extracción de materias primas, un compromiso de uso ecológico de la tierra a largo plazo, un compromiso para reducir los daños ambientales de los procesos de extracción y / o fabricación, y el compromiso de cumplir voluntariamente con las normas o programas aplicables que abordan los criterios de abastecimiento responsables.
 - Los productos obtenidos de fabricantes con informes auto declarados se valoran como la mitad (1/2) de un producto para el logro del crédito
 - Los informes de sostenibilidad corporativa (RSE) verificados por terceros que incluyen los impactos ambientales de las operaciones de extracción y actividades asociadas con el producto del fabricante y la cadena de suministro del producto, se valoran como un producto completo para el cálculo del rendimiento crediticio. Los marcos aceptables de la RSE incluyen lo siguiente:



informe de sostenibilidad de la Iniciativa Global de Reporte (GRI), lineamientos para empresas multinacionales de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), Comunicación del Progreso del Pacto Mundial de las Naciones Unidas, 2010 Guía de Responsabilidad Social: ISO 26000, otros programas aprobados por el USGBC que cumplen con los criterios de RSE.

- Utilizar productos que cumplan por lo menos con uno de los criterios de extracción responsables por lo menos un 25%, por costo, del valor total de los productos de construcción instalados permanentemente en el proyecto:
 - Responsabilidad extendida del productor. Productos comprados de un fabricante que participa en un programa de responsabilidad extendida del productor o es directamente responsable de la responsabilidad extendida del productor.
 - Materiales de base biológica. Los productos de base biológica deben cumplir con la Norma de Agricultura Sostenible de la Red de Agricultura Sostenible. Las materias primas biológicas deben ser probadas usando el método de prueba ASTM D6866 y ser cosechadas legalmente, según lo definido por el país exportador y receptor. Excluir productos de piel, como cuero y otros materiales de piel animal.
 - Productos de madera. Los productos de madera deben estar certificados por el Forest Stewardship Council o equivalente aprobado por USGBC
 - Reutilización de materiales. La reutilización incluye productos recuperados, reacondicionados o reutilizados.



- Contenido reciclado. El contenido reciclado es la suma de contenido reciclado pos consumo más la mitad del contenido reciclado pre consumo, basado en el costo.
- Otros programas aprobados por el USGBC que cumplan con los criterios de extracción.

Para los cálculos se tiene en cuenta la distancia de donde provienen los materiales, si estos provienen de más de 160 km del sitio del Proyecto, se duplicará el valor de contribución.

Para el cálculo del logro del crédito, no se permite que el costo de base de los productos individuales que cumplan con múltiples criterios de extracción responsables exceda del 100% de su costo real total (antes de los multiplicadores regionales) y no se permite el doble conteo de componentes individuales que cumplan con múltiples criterios de extracción responsables y en ningún caso un producto está autorizado para contribuir más del 200% de su costo real total.

- Divulgación de productos de construcción y optimización. – composición de materiales.
 - Utilizar productos que cumplan por lo menos con uno de los criterios de extracción responsable en un 25% del costo, considerando el valor total de los productos de construcción instalados permanentemente en el proyecto:
 - Reporte de la composición de materiales: usar por lo menos 20 diferentes materiales instalados permanentemente de 5 productores diferentes que use uno de los siguientes programas para demostrar el inventario químico del producto al menos en 0.1% (1000 ppm):

Inventario del fabricante. Cuando este ha publicado un inventario de contenido completo para el producto siguiendo estas directrices: Un inventario disponible públicamente de todos los ingredientes identificados por su nombre y número de



registro de servicio de resumen químico (CASRN); los materiales definidos como secreto comercial o propiedad intelectual pueden retener el nombre y / o CASRN, pero deben revelar la función, la cantidad y el potencial peligro.

Declaración de productos sanitarios. El producto de uso final tiene una Declaración de Producto de Salud completa y publicada con divulgación completa de los peligros conocidos, de acuerdo con la Norma abierta de Declaración de Producto de Salud.

Certificación de la cuna a la cuna. El producto de uso final ha sido certificado en el nivel de la cuna a la cuna v2 Basic o de la cuna a la cuna v3 Bronze.

Etiqueta de declaración. La etiqueta de declaración de producto debe indicar que todos los compuestos han sido evaluados y están por debajo de 1000 ppm.

Estándar de sustentabilidad de mobiliario ANSI / BIFMA e3. La documentación del evaluador o tarjeta de puntuación de BIFMA debe demostrar que el producto obtuvo al menos 3 puntos bajo 7.5.1.3 Nivel Avanzado en e3-2014 o 3 puntos bajo 7.4.1.3 Nivel Avanzado en e3-2012.

Certificado de salud de la cuna a la cuna. El producto ha sido certificado a nivel Bronce o superior y al menos el 90% de los materiales usados y evaluados en relación con su peso.

Programa aprobado por el USGBC. Otros programas aprobados por el USGBC y que cumplen con los criterios de reporte de ingredientes materiales.

- Optimización de compuestos de los materiales: utilizar productos que documenten la optimización de sus componentes utilizando las rutas mencionadas a continuación, al menos por el 25% del valor total de los productos permanentemente instalados en el proyecto:



- *Punto de referencia GreenScreen v1.2.* Productos que tienen ingredientes químicos totalmente inventariados a 100 ppm que no tienen riesgos de: Punto de referencia 1: Si alguno de los componentes se evalúa con GreenScreen List Translator, se valoran estos productos al 100% del costo; si todos los ingredientes han sido sometidos a una evaluación completa de GreenScreen, se valoran estos productos al 150% del costo.

Certificación de la cuna a cuna. Los productos se valorarán de la siguiente manera: de la cuna a la cuna v2 Oro: 100% del costo; de la cuna a la cuna Platino: 150% del costo; de la cuna a la cuna v3 Plata: 100% del costo; de la cuna a la cuna v3 Oro o Platino: 150% del costo.

Ruta de Cumplimiento Alternativa Internacional - Optimización de REACH. Los productos de uso final y los materiales que no contengan sustancias que cumplan los criterios REACH para las sustancias que suscitan gran preocupación. Si el producto no contiene ingredientes enumerados en la lista de Autorización o Candidato de REACH, valor al 100% del costo.

Programa aprobado por el USGBC. Productos que cumplen con los criterios de optimización de productos de construcción aprobados por el USGBC.

- Optimización de la cadena de suministro del fabricante del producto: Utilizar productos de construcción para al menos el 25%, por costo, del valor total de los productos permanentemente instalados en el proyecto que:
 - Son originarios de fabricantes de productos que participan en programas validados y sólidos de seguridad, salud y riesgo que, como mínimo, documentan al menos el 99% (en peso) de los compuestos utilizados para fabricar el material de construcción.



- Se obtienen de fabricantes de productos con verificación independiente de terceros de su cadena de suministro que, como mínimo verifica que: Existen procesos para comunicar y priorizar de forma transparente los compuestos químicos a lo largo de la cadena de suministro de acuerdo con la información disponible sobre riesgo, exposición y uso para identificar aquellos que requieren una evaluación más detallada;

Existen procesos para identificar, documentar y comunicar información sobre las características de salud, seguridad y medio ambiente de los ingredientes químicos.

Existen procesos para implementar medidas para manejar el riesgo para la salud, la seguridad y el medio ambiente de los ingredientes químicos.

Se han establecido procesos para optimizar la salud, la seguridad y los impactos ambientales al diseñar y mejorar los ingredientes químicos

Los procesos están en el lugar para comunicar, recibir y evaluar información de seguridad del compuesto químico a lo largo de la cadena de suministro

La información de seguridad y administración sobre los ingredientes químicos está disponible públicamente desde todos los puntos a lo largo de la cadena de suministro

- Manejo de los desperdicios de construcción y demolición: Reciclar y/o salvar materiales no peligrosos de construcción y demolición. Los cálculos pueden ser en peso o en volumen, pero deben ser consistentes en todas partes. Excluir el suelo excavado, los desechos de limpieza de los cálculos. Incluir los materiales destinados a cobertura alternativa diaria (ADC) en los cálculos como residuos (no desvío). Incluya los desechos de madera convertidos en combustible (biocombustible) en los cálculos.



No obstante, en el caso de proyectos que no pueden cumplir los requisitos de crédito mediante métodos de reutilización y reciclado, los sistemas de residuos a energía pueden considerarse si se siguen la Directiva marco 2008/98 / CE y la Directiva 2000/76 / CE sobre residuos. Las instalaciones de Residuos a Energía cumplen con las normas EN 303 del Comité Europeo de Normalización (CEN).

b. Certificación BREEAM

En el Manual Técnico de Vivienda Breeam, versión española, (Manual Breeam ES Vivienda®, 2011) se indica que la certificación cuenta la definición de aspectos específicos para nuevas construcciones, así por ejemplo, en la categoría de materiales alienta a reducir el impacto de la edificación durante el diseño, la construcción, el mantenimiento y la reparación, a partir de la selección de materiales que consideren el ciclo de vida y un origen responsable. Cada una de las categorías de materiales que evalúa la certificación, junto con los criterios que tienen en cuenta para otorgar puntuación son los siguientes:

- Impactos en el ciclo de vida: el objetivo es reconocer e incentivar el uso de herramientas para el estudio del ciclo de vida robustas y por ende, la elección de materiales con un bajo impacto ambiental (incluyendo el bajo contenido de carbón embebido) durante todo el ciclo de vida de la edificación.

Los criterios para demostrar el cumplimiento son: el uso de la Herramienta de Evaluación del Ciclo de Vida en la edificación, para medir sus impactos ambientales e incluyendo al menos un elemento de la edificación obligatorio indicado en los objetivos de evaluación de materiales; los requerimientos obligatorios identificados en la “herramienta de evaluación de materiales, método y datos”; la determinación del puntaje obtenido en la Herramienta de Evaluación de Ciclo de Vida; la inclusión de al menos 5 productos en la etapa de diseño,



instalación y post construcción que estén cubiertos con Declaraciones Ambientales de Producto.

- Productos de construcción provenientes de una fuente responsable, de acuerdo con un plan sustentable que reduzca impactos ambientales y socio económicos: El objetivo es reconocer y fomentar la especificación de productos que provienen de una fuente sostenible y responsable.

Los criterios para demostrar su cumplimiento son: uso de materiales con base en madera que provengan de un cultivo de cosecha sostenible; tener una normativa reglamentada y procedimientos que definan los requerimientos que deben tener en cuenta los proveedores, relacionados con las fuentes responsables de materiales; la reglamentación debe estar diseminada a todo el personal interno y externo y debe ser incluida en los contratos de construcción, para asegurar su implementación; adicionalmente, la normativa debe incentivar la especificación de productos de una fuente responsables certificados o similares aunque no cuenten con certificación.

- Diseño para la durabilidad y la resiliencia de manera que el edificio incorpore medidas para la reducción de impactos asociados con el daño: el objetivo es reconocer e impulsar la adecuada protección de los elementos expuestos de la edificación y el paisaje con el fin de minimizar la frecuencia de reemplazos y maximizar las características de las edificaciones. Los criterios para demostrar su cumplimiento son: incorporación de medidas sostenibles de durabilidad y protección o diseño de soluciones que prevengan el daño de las partes internas o externas vulnerables de la edificación o el paisajismo, que deben incluir como mínimo, pero no limitarse a: protección de los efectos del alto tráfico peatonal en las entradas principales y las áreas públicas, protección contra o prevención de cualquier



potencial choque de auto en las fachadas frente a zonas de parqueo; protección contra la degradación de materiales en las partes expuestas de la edificación: las partes relevantes de la construcción debe incorporar un diseño apropiado y especificaciones que limiten la degradación de los materiales considerando los factores ambientales

- **Materiales eficientes:** identificación y toma de medidas para la optimización del uso de materiales, el objetivo es reconocer e impulsar las medidas para optimizar los materiales, con el fin de minimizar los impactos ambientales relacionados con su uso y disposición, sin comprometer la estabilidad estructural, la durabilidad o la vida útil del edificio.

Los criterios para demostrar su cumplimiento son: identificación de oportunidades y su implementación en el diseño, la construcción, el mantenimiento y el fin de vida de la edificación, involucrando las partes relevantes en cada una de las etapas del proyecto. La eficiencia se refiere al uso de menos materiales, el reusó de materiales de demolición o que contengan un alto nivel de reciclados, menores niveles de desperdicio, lo que incluye prefabricación y disminución de fabricación en el sitio,

c. Certificación HQE

(Ortiz, 2016) La certificación HQE tiene como finalidad la alta calidad ambiental, cuenta con 14 objetivos organizados en 4 temáticas principales: energía, ambiente, salud y confort; dentro del capítulo de ambiente uno de los objetivos está encaminado a los componentes de la edificación (incluidos los materiales) a partir de 4 criterios:

- **Elección constructiva para la durabilidad y la adaptabilidad de la construcción:** en este criterio se considera la elección productos, sistemas y procesos cuyas características sean verificadas y compatibles con el uso; la adaptabilidad de la obra en el tiempo, en función de su vida útil y sus usos y el desmontaje o separabilidad de productos y métodos de



construcción para la gestión óptima del medio ambiente en el fin de la vida útil del proyecto.

- Elección constructiva para la facilidad del mantenimiento de la construcción: contemplando la selección de productos, sistemas y procesos de construcción fáciles de mantener y limitar sus impactos ambientales.
- Selección de productos de construcción con el objetivo de limitar los impactos ambientales de la construcción: considerando el conocimiento de los impactos ambientales de los productos de construcción, la selección de los productos de construcción para limitar los impactos ambientales de la construcción; el uso de materiales y productos que permitan un suministro de obra lo menos contaminante en CO₂ y la implementación en la obra de materiales y productos que permitan la captura de CO₂.
- Selección de productos de construcción con el objetivo de limitar los impactos sanitarios de la construcción: estimando el conocimiento del impacto sanitario de los productos de construcción frente a la calidad del aire interior; la selección de productos de construcción que limiten los impactos sanitarios de la construcción y la limitación de la contaminación debido a los eventuales tratamientos de la madera.

d. Certificación EDGE

(Edge, Excellence In Design For Greater Efficiencies, 2017) Edge es una plataforma y una certificación desarrollada por el IFC (miembro del grupo del Banco Mundial) disponible para quienes estén interesados en construir proyectos verdes en las categorías de proyectos habitacionales, hoteles, oficinas, comercio y hospitales; mediante la información de entrada que proporciona el usuario y la selección de unas medidas técnicas en tres temáticas: agua, energía y



materiales, la aplicación arroja unos resultados sobre los ahorros operacionales, la reducción de las emisiones de carbono y los porcentajes de eficiencia alcanzados en cada eje temático.

En el caso de los materiales la aplicación proporciona una serie de especificaciones relevantes para cada uno de los componentes de la edificación, el indicador usado para medir la eficiencia en este aparte es la cantidad de energía embebida en las especificaciones señaladas, dado que considera que es el dato que más refleja el impacto de la edificación en el ambiente.

Las medidas de eficiencia incluyen la selección de materiales que reduzcan la cantidad de energía incluida en comparación con la especificación típica para cada uno de los componentes: placas de piso, material de cubierta, paredes externas e internas, acabado de piso, marcos de ventanas, aislamiento. Es así como se incluye un listado de materiales que contiene la descripción del material o técnica constructiva con una imagen de muestra, los componentes principales del material, un rango de espesor y la cantidad de energía embebida, considerando que la medición de este criterio está relacionado con la Base de Datos de Construcción de las Economías Emergentes y no en datos particulares de los países en donde se usa el estándar.

e. Living Building Challenge

(Living Building Challenge, 2017) Esta es un programa de certificación y un marco de diseño sostenible que representa la construcción ambiental mediante la metáfora de una flor, en la que cada uno de sus componentes debe funcionar de manera clara y eficiente. Está organizada en 7 áreas o pétalos: emplazamiento, agua, energía salud y felicidad, materiales, equidad y belleza, que a su vez se subdividen en los requerimientos que se deben considerar para cada uno de ellos.

El objetivo del pétalo de materiales es contribuir a la creación de una economía de materiales no tóxicos, restauradores ecológicos, transparentes y socialmente equitativos; si bien hoy en día es imposible conocer los verdaderos impactos y toxicidad de los materiales por



una falta de información de los productos, esta certificación es una luz en el proceso de transformación de las prácticas industriales.

Los requerimientos que se deben cumplir en este pétalo son:

- Lista roja de materiales o químicos: el proyecto no puede contener ninguno de los materiales o sustancias que se encuentran contenidas en la lista.
- Huella de carbón embebido: el proyecto debe contabilizar el impacto total de carbono incorporado desde su construcción.
- Industria responsable: el proyecto debe abogar por la implementación de materiales certificados por terceros para una extracción sostenible de recursos y prácticas de trabajo justo.
- Fuente de la economía viva: el proyecto debe incorporar soluciones locales, con el fin de contribuir a la economía de la región que se debe basar en prácticas, productos y servicios sostenibles.

4.1.3 Criterios de selección de materiales en guías de lineamientos y normativa colombiana

En el caso específico de Colombia, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012) mediante la cartilla de Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana definió unos criterios de sostenibilidad ambiental enfocados a la producción de vivienda urbana en el país, que tuvieron en cuenta las características de zonificación climática establecidas en la misma guía, los objetivos marco de sostenibilidad ambiental y los ejes temáticos de gestión.

Los criterios ambientales se definieron a partir de los siguientes objetivos de gestión ambiental:



- Racionalización del uso de los recursos naturales: tales como el agua, la energía, los materiales de construcción
- Uso de sistemas o recursos alternativos constructivos, técnicos o tecnológicos que permitan reemplazar los sistemas tradicionales que consumen muchos recursos, entre ellos se pueden considerar reutilización de aguas grises, uso de tecnologías y materiales alternativos, reciclaje de materiales, de componentes y de estructuras.
- Manejo del impacto ambiental, considerando acciones de prevención, control, mitigación y compensación de los mismos durante las fases del ciclo de vida de la edificación, a través de uso eficiente del suelo, de la energía y de los recursos en general, con el fin de evitar su agotamiento.

Por otra parte, los ejes temáticos de gestión que se especificaron considerando que ellos generan los mayores impactos ambientales de la edificación y que su manejo inadecuado puede influir negativamente en las condiciones de habitabilidad de la vivienda son: agua, energía, suelo y materiales.

Al cruzar los objetivos de gestión junto con los ejes temáticos, se generó una matriz que resume los criterios de manera general, no obstante, en la cartilla estos se encuentran desglosados mediante fichas para cada uno de los criterios, según se muestra en la figura 2.

	AGUA	SUELO	MATERIALES	ENERGÍA
OBJETIVOS				
RACIONALIZAR EL USO DEL RECURSO	A-1 Uso de aparatos y dispositivos eficientes (economizadores o ahorradores) A-2 Optimización de las redes de suministro y desagüe	S-1 Adecuada conformación del espacio habitable S-2 Eficiente ocupación del terreno S-3 Promoción de proyectos con densificación en altura	M-1 Uso de materiales regionales M-2 Aplicar las propiedades físicas de los materiales M-3 Modulación de elementos de construcción	8-1 Uso eficiente de la iluminación natural 8-2 Uso eficiente de la ventilación natural 8-3 Uso eficiente de la asoleación
SUSTITUIR CON SISTEMAS O RECURSOS ALTERNATIVOS	A-3 Utilización del agua lluvia A-4 Uso, reutilización y reciclaje de aguas grises A-5 Uso de aguas negras	S-4 Rehabilitación de edificaciones urbanas S-5 Redensificación de sectores urbanos S-6 Amonización con la topografía del terreno	M-4 Reutilización y reciclaje de materiales	8-4 Aprovechamiento de la energía solar 8-5 Aprovechamiento de la energía eólica 8-6 Aprovechamiento de energía proveniente de biomasa
MANEJAR EL IMPACTO AMBIENTAL	A-6 Separación de colectores de aguas residuales y aguas lluvias A-7 Eliminación de grasas del sistema de aguas residuales	S-7 Ocupación ilegal del suelo S-8 Amonización de la vivienda con entorno natural S-9 Manejo de material proveniente de excavación S-10 Instalación de cubiertas ajardinadas	M-5 Uso de materiales con menor impacto ambiental M-6 Manejo de residuos de materiales de construcción M-7 Procesos ordenados y sostenibles en las obras	8-7 Uso de aparatos y dispositivos de menor consumo energético



Figura 2. Matriz de criterios ambientales para la producción y uso de la vivienda.

Nota: Resaltado fuera de texto. Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)

Para el presente trabajo se tendrán en cuenta los relacionados con los materiales, y se mencionan a continuación, de acuerdo con el objetivo en el cual están inscritos:

- Racionalización del uso del recurso:
 - Uso de materiales regionales: aprovechamiento de los materiales disponibles en la zona, producidos de manera disponible que además puedan tener un arraigo cultural. Aplica en las fases de diseño considerando la oferta, disponibilidad y producción sostenible de los mismos, la fase de construcción exigiendo las certificaciones de origen y la fase de uso y mantenimiento el uso de las mismas tecnologías y productos con el fin de hacer reparaciones o modificaciones.
 - Aplicación de las propiedades físicas de los materiales, con el fin de manejar con estrategias pasivas las condiciones de temperatura, iluminación y acústica de la edificación y mejorar las condiciones de climatización al interior. En la fase de diseño se concreta a partir de la especificación de materiales con las características específicas de espesor, composición, funcionamiento, tratamiento, etc. y el uso de eco materiales; en la fase de construcción se logra a partir de la generación de espacios de uso múltiple que incrementen la eficiencia de los sistemas empleados y puedan incentivar la vocación productiva de la vivienda y en la fase de uso y mantenimiento a partir de la implementación del manual de mantenimiento que permita conservar adecuadamente los sistemas usados.
 - Modulación de los elementos de construcción, es decir, optimización del uso de materiales con base en sus especificaciones con el fin de reducir los desperdicios. Se logra en las diferentes fases a través de la coordinación de las dimensiones del proyecto



con la de los elementos que se van a usar en la fase de diseño; la disposición de los residuos para reutilización o reciclaje, el uso de materiales que vengan listos de planta y la implementación de cerramientos desmontables y reutilizables en la fase de construcción y por último, el uso de las mismas tecnologías y materiales para realizar modificaciones, en la fase de uso y mantenimiento.

- Sustitución de materiales y procesos de alto impacto:
 - Reutilización y reciclaje de materiales: selección, separación y acopio de elementos producto de la demolición, que pueden ser reutilizados en la nueva edificación, así como reciclados para producir nuevos materiales. Desde el diseño se puede proponer el uso de materiales provenientes de reciclaje o recuperación, que cumplan satisfactoriamente las condiciones de calidad, así como la implementación de lugares de acopio y separación de desperdicios; durante la etapa de construcción, se consigue el objetivo a partir de la aplicación de las recomendaciones del diseño y la ejecución de medidas para la selección, el manejo y el acopio de materiales que puedan ser susceptibles de ser reutilizados y finalmente durante la fase de uso y mantenimiento se debe depositar los desperdicios en los contenedores dispuestos para ello, además de mantener las condiciones de higiene y ventilación de los espacios dispuestos para la separación de los desperdicios.
- Manejo del impacto ambiental:
 - Uso de materiales con menor impacto ambiental, que tengan menos carga incorporada de emisiones contaminantes, menor consumo en transporte, menor generación de residuos y menor toxicidad. Para ello durante la fase de diseño se deberán especificar materiales que tengan un menor impacto ambiental, evitando el uso de materiales



- nocivos; en la fase de construcción se deberá incluir en el proceso de selección de proveedores la verificación que la procedencia sea ambientalmente sostenible y en la fase de uso y mantenimiento se deberán usar los materiales recomendados para hacer modificaciones, así como efectuar el mantenimiento con materiales del mismo origen.
- Manejo de residuos de materiales de construcción, mediante procesos de selección, separación y manejo de residuos. En este sentido, durante la fase de diseño se deberán especificar materiales que generen una menor cantidad de residuos; durante la construcción se deberá definir el espacio para la selección, el acopio y la recolección de los residuos de acuerdo con la clasificación, restringir el uso de materiales que requieren pulimento en obra y por tanto generan residuos volátiles, el uso de mallas protectoras con el fin de evitar la dispersión del polvo y el uso de cajas desarenadoras y filtros para capturar los residuos sólidos; y en la fase de uso y mantenimiento se deberán realizar las actividades de separación, ubicando los residuos en los lugares dispuestos en la edificación para ello.
 - Procesos ordenados y sostenibles en las obras, a través de la implementación desde la planeación de la misma de procedimientos estructurados y coordinados con el plan general de la obra, el plan de manejo ambiental y los instrumentos que apliquen; en la fase de diseño se deberá formular el proyecto considerando la normativa ambiental, de construcción y de desechos; en la fase de construcción se deberá verificar el cumplimiento de la normativa ambiental, la participación de profesionales certificados en el manejo y control de calidad de la obra y manejo ambiental, tener un plan de acopio y flujo de materiales de acuerdo con las áreas disponibles para ello, uso de construcciones reutilizables para construcciones provisionales, emplear cerramientos reutilizables, incluir sistemas de captura y separación de materias en suspensión para



aguas servidas, reparar oportunamente los daños causado en el entorno y uso de baños reutilizables; por último, en la fase de uso y mantenimiento, se deberán aplicar procesos ordenados cuando se requieran hacer obras de ampliación.

Por su parte, la Alcaldía de Bogotá, (U. Nacional de Colombia - Sec. Distrital de Planeación, 2015) en el marco de la implementación de la política pública de eco urbanismo y construcción sostenible elaboró una serie de guías con lineamientos de prácticas sostenibles para 3 ámbitos, uno de ellos es el edificatorio. El documento del ámbito edificatorio define 4 ejes temáticos: energía, agua, confort y habitabilidad y materiales y residuos; para cada uno de estos menciona objetivos, estrategias, acciones generales y acciones específicas.

En este sentido, el eje de materiales y residuos es la “guía para la generación de condiciones de confort y habitabilidad aplicables a materiales de envolventes verticales y horizontales bajo parámetros de sostenibilidad”. Allí se establecen 3 objetivos: la reducción en la generación de residuos, gases de efecto invernadero y consumo de recursos, el aseguramiento de confort térmico, acústico y lumínico, la disminución de los impactos ambientales asociados a la producción de materiales y la disminución del efecto de isla de calor. Adicionalmente la guía propone una serie de consideraciones sostenibles a lo largo del ciclo de vida en la edificación, que se presentan en la figura 3:



Figura 3. Consideraciones sostenibles a lo largo del ciclo de vida en la edificación.

Nota: Resaltado fuera de texto. Fuente: (U. Nacional de Colombia - Sec. Distrital de Planeación, 2015)



En concordancia con lo anterior, la guía define 4 estrategias que se concretan a partir de las acciones generales y específicas según se describe a continuación:

- Promover el uso de materiales sostenibles y durables a lo largo del ciclo de vida de la construcción:
 - Uso de materiales con certificaciones ambientales internacionales y nacionales.
 - Selección de materiales con contenido de reciclado, cumpliendo la NSR-10 y los requerimientos de ICONTEC.
 - Incorporación en nuevos proyectos de elementos provenientes de residuos de construcción y demolición.
 - Utilización de materiales locales o fabricados en el sitio, cumpliendo la NSR-10 y los requerimientos de ICONTEC.
 - Reducción del uso de materias primas o materiales no renovables.
- Disminuir impactos ambientales asociados a la producción y uso de cemento:
 - Reutilización de residuos en proyectos de renovación urbana.
 - Reutilización de residuos como agregados en la producción de concretos y morteros.
 - Disposición adecuada de los residuos de construcción y demolición no reutilizables
 - Incorporación de materiales que mejoren el comportamiento del concreto y el mortero durante todo el ciclo de vida del material.
 - Disminución de la demanda de concreto convencional, mediante el uso de otros productos más eficientes (mayor resistencia y menor peso).
- Implementar materiales para la edificación y exteriores con mejores propiedades térmicas:
 - Diseño de envolventes que permitan mejorar el comportamiento térmico de la edificación.



- Incorporación de materiales que reduzcan ganancias y pérdidas excesivas de calor, que tengan baja transmitancia y conductividad térmica.
- Uso de materiales que permitan disminuir el efecto de isla de calor.
- Gestionar eficientemente el manejo de residuos sólidos:
 - Implementación de circuitos de recolección y zonas para el manejo adecuado de residuos sólidos producto del uso de la edificación.

Por su parte, el programa Bogotá Construcción Sostenible (Secretaría Distrital de Ambiente, 2014) desarrollado por la Secretaría Distrital de Ambiente y reglamentado por la Resolución N° 03654 de 2014, busca otorgar un reconocimiento para proyectos que implementen estrategias de Eco urbanismo y/o Construcción Sostenible dentro del perímetro urbano de Bogotá. Está dirigido a proyectos con usos de vivienda, dotacional, comercio y servicios, industrial y/o infraestructura de transporte. Evalúa criterios en dos componentes, urbano y arquitectónico, el segundo contiene los siguientes ejes temáticos: diseño, energía, agua y sistema constructivo, este último *“Tiene por objeto Innovar en las técnicas constructivas, minimizando los impactos ambientales negativos producto de la fabricación, uso y disposición de materiales para construcción.”*

Los criterios que se evalúan dentro de esta categoría son:

- Coordinar el diseño arquitectónico, sistema constructivo y sistemas de redes, estableciendo procedimientos de modulación para disminuir los residuos de construcción y demolición RCDs.
- Implementar materiales que cumplan con los requerimientos de calidad y estándares ambientales nacionales y/o internacionales.
- Vincular al proyecto sistemas constructivos que permitan su adaptabilidad en el tiempo para cambios de uso, ocupación, cambio de tecnologías, etc.



- Integrar a la edificación sistemas de superficies vegetales, articulando elementos naturales y artificiales, respondiendo eficientemente a los requerimientos técnicos del proyecto.
- Integrar materiales revalorizados en el proyecto cumpliendo los estándares de calidad.

4.2 Construcción de vivienda en Bogotá

De acuerdo con lo que indica el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012) la población mundial se concentra principalmente en las áreas urbanas superando el 50% del total de la misma. La UNFPA – Fondo de Población de las Naciones Unidas – asegura que “La urbanización tiene el potencial de marcar el comienzo de una nueva era de bienestar, eficiencia de los recursos y crecimiento económico. Pero en las ciudades también se registra una elevada concentración de la pobreza. El aumento de la desigualdad es más evidente en las zonas urbanas que en ningún otro lugar, ya que en ellas coexisten comunidades adineradas con barrios marginales y asentamientos informales, aunque separadas de estos.”

Esta ola de crecimiento en las ciudades producto de la acción antrópica, genera impactos ambientales adversos y en ellos la construcción tiene un aporte importante, el alto consumo energético, la creciente demanda de agua potable, la alta producción de residuos, el consumo intensivo de materias primas y de recursos naturales no renovables, la ocupación de terrenos que desequilibran los ecosistemas, la contaminación del suelo y la producción de gases de efecto invernadero, son entre otros efectos que se asocian a esta industria.

En este contexto, la vivienda es el producto de construcción que más se consume, para suplir la creciente demanda de la población mundial, que en 2011 se estimaba en 7 mil millones de personas, de las que el 50% habitaban las ciudades.

El proceso de construcción de vivienda en Colombia visto desde la perspectiva de las políticas de vivienda estatales, ha tenido diferentes etapas desde la expedición de la Ley 46 de 1918. En



primera instancia, la acción estatal estuvo encaminada a disponer del presupuesto para la construcción de viviendas “higiénicas” para la “clase proletaria”, por lo que la vivienda popular fue tema de referencia tanto a nivel arquitectónico, como urbanístico. De acuerdo con las estadísticas, la distribución de la población cambió entre la primera mitad del siglo XX y la segunda mitad, Colombia para el censo de 1964 ya era un país que tenía ubicado el 52% de su población en áreas urbanas.

A la par de la construcción de vivienda a partir de los programas impulsados por el estado, en los años cuarenta comienza a aparecer la urbanización “pirata” que incumplía con los estándares urbanísticos oficiales, era consumida por población desplazada de las zonas rurales y se ejecutaba en lotes que tenían riesgo de inundación, de deslizamiento, carentes de infraestructura de servicios públicos y vial.

Hasta los años sesenta, se continuo con la construcción de vivienda con estándares aceptables a nivel arquitectónico y desarrollados en urbanizaciones que fueron objeto de disertación entre los arquitectos del momento, se impulsa la estandarización, la introducción de nuevas tecnologías para reducir costos y la producción masiva de elementos, es así como hasta 1972 se ejecutan proyectos de vivienda importantes con el apoyo estatal.

A partir de la mencionada fecha se autoriza para que las corporaciones de ahorro y vivienda financien planes y programas de vivienda generados por el sector privado, lo que generó que paulatinamente las compañías urbanizadoras se apropiaran del mercado de vivienda en Colombia, ésta estuviera condicionada por la oferta y la demanda, bajo la presión del sector financiero y que el estado cesara con su actividad constructora, esto hasta 1991; el papel estatal desde este año con la creación del “Sistema Nacional de Vivienda de Interés Social” se centró en el esquema de subsidios otorgados a familias con ciertas características socioeconómicas, que generalmente



optaban por el mejoramiento de la vivienda, pero que debían cumplir con aspectos de legalidad urbanística con el fin de acceder al beneficio.

Ya en el censo de 1993 se evidencia que el 68% de los 37.6000.000 habitantes del país viven en el territorio urbano. La política de vivienda en la década de los noventa estuvo encaminada al otorgamiento de subsidios, dejando de lado los estándares arquitectónicos, urbanísticos y constructivos inherentes a la calidad de la vivienda; la ejecución de proyectos se volvió altamente rentable para el constructor, en detrimento del usuario final.

Producto de la crisis que generó el sistema crediticio, desde el año 2003 el Sistema Nacional de Subsidio Familiar de Vivienda, se inscribe en la denominada “Red de Solidaridad Social”, programa de mejoramiento de vivienda dirigido a la población de menores recursos, se hicieron ajustes como la disminución del valor promedio de subsidios, el estímulo a la generación de proyectos de interés social, la simplificación del proceso de elegibilidad de proyectos, ajustes en el proceso de postulación y asignación de subsidios, entre otros; adicionalmente, se expiden normativas que incentivan la producción de vivienda, garantizando el suelo urbanizable para la construcción de los proyectos.

De acuerdo con la creciente demanda de vivienda producto del aumento poblacional urbano, las políticas que se tienen actualmente, se dirigen a cubrir gran parte de la población, por lo que el sector de la construcción ha respondido con un crecimiento evidente para suplir las exigencias que se han generado en el mercado; es así como la selección de los materiales para la construcción ha presentado una mejora aceptable (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012), al comparar la implementación de los materiales en 1993 y en el 2005 en los respectivos censos realizados por el DANE, cabe resaltar que si bien, el aumento no ha sido tan alto, los materiales que se implementaron son considerados como perdurables. Durante este análisis se pudo determinar concurrencias en el uso de materiales para pisos, muros y cubiertas, tales como



balosas, ladrillos y bloques, y por último láminas de fibrocemento respectivamente. Finalmente se puede concluir a nivel general las construcciones de vivienda en Bogotá se desarrollan bajo tendencias tradicionales en sus sistemas constructivos y en la implementación de los materiales, no obstante, las viviendas VIP y VIS han mejorado en la selección de los materiales, ofreciendo un producto de mejor calidad.

De esta manera se puede destacar que el país puede llegar a tener todas las posibilidades para el desarrollo de materiales sostenibles y amigables con el medio ambiente, sin embargo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012), la industria de la construcción tiene una alta tendencia a depender de las industrias de las cementeras, cerámica metalúrgica y la madera, lo cual hace que se aleje de la consecución de materiales sostenibles y por el contrario se continúe con una línea tradicional.

4.3 El contexto de la sostenibilidad.

El significado del término desarrollo sostenible acuñado inicialmente en el Informe Brundtland (Comisión Brundtland, 1987), como “Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades” y posteriormente presentado bajo el esquema de la interacción de tres anillos: el ambiental, el social y el económico, ha sido desde su nacimiento un término cuyos límites y alcances no son lo suficientemente claros y cuya aplicación no puede extenderse a todos los contextos; como lo plantean (Giddings, Hopwood, & Geoff, 2002) estos autores, el mundo no es estático y no se pueden simplificar y abstraer las características particulares de una sociedad, un entorno y sus relaciones, enmarcándolas en una única entidad .

Cada actor participante en el contexto de la sostenibilidad ha asumido convenientemente su definición y la ha interpretado de acuerdo con sus intereses, llevándola a extremos en los que



polariza la discusión en torno a qué o cuál debe ser el factor predominante, o la ha despojado de todo significado, convirtiéndolo en un concepto sin contenido, una palabra de moda.

El desarrollo de las naciones y de los pueblos capitalistas a lo largo de la historia ha favorecido el crecimiento económico, en detrimento de algunos factores sociales y desconociendo completamente las implicaciones en el medio ambiente y el agotamiento de recursos naturales; se ha provocado así una situación de insostenibilidad que hoy en día a nivel mundial produce el cuestionamiento acerca del modelo a seguir para poder tener un desarrollo que sea efectivamente sostenible y que no se centre únicamente en el crecimiento económico.

Esta reevaluación del panorama sumada a una visión de diversidad en distintas escalas y procesos de acuerdo con cada situación requiere que se entienda que el desarrollo sostenible (Roman, 2003) “no sólo necesita de aportaciones pluridisciplinarias. Su comprensión exige un enfoque interdisciplinar, en que se analice la interacción entre sus diferentes elementos componentes (...)”; el desarrollo sostenible no solo es la relación plana y en iguales condiciones de las tres dimensiones que lo definen: la ambiental, la social y la económica, es en cambio, un proceso dinámico que involucra además toda la complejidad del ser humano, su actuar dentro un entorno y su bienestar; en otras palabras, (Rodríguez, 2008) “las tres categorías de la sustentabilidad, que juntas forman la sustentabilidad para el desarrollo, están estrechamente relacionadas y vinculadas de forma sinérgica o sea que multiplican sus acciones. Esa articulación es material, siendo el soporte de recursos y de servicios. También es una articulación vivencial, o sea de la experiencia de vida, ya que se articulan elementos relacionados con la identidad, el orden, los horizontes, en fin, con los estilos y géneros de vida”.

Una vez la sostenibilidad se convierte en un tema de interés a nivel internacional, se celebran reuniones en las que se discute acerca del medio ambiente, tal como, la Cumbre de la Tierra Río de Janeiro en 1992, que es la primera conferencia de las Naciones Unidas sobre el



medio ambiente y el desarrollo; se generan conferencias sobre el cambio climático, con un hito importante en 1997 que es la firma del Protocolo de Kioto, en donde los países se comprometen como objetivo global a la reducción de un 5% en las emisiones respecto de 1990 y en el 2000 los 189 países miembros de las Naciones Unidas se fijan propósitos y metas con los denominados Objetivos de Desarrollo del Milenio con metas a 2015; a este año, los progresos fueron evaluados y partir de ellos se formulan los Objetivos de Desarrollo Sostenible con metas a 2030.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible son 17, amplían los temas planteados por los Objetivos del Milenio y “son un llamado universal a la adopción de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad.” (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2017). A continuación, la figura 4 muestra los mencionados objetivos:



Figura 4. Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Fuente: (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2017)



5. DEFINICIÓN DE CRITERIOS SOSTENIBLES

5.1 Listado de criterios a considerar

Una vez revisadas las herramientas de evaluación de sostenibilidad más conocidas a nivel internacional, los autores que han escrito en relación con la temática propuesta y la normativa y guías nacionales desarrolladas, se elabora una matriz que contiene tanto los criterios relacionados con los materiales extractados de cada uno de los textos revisados, como los autores que hacen mención al criterio, ello con el fin de poder determinar cuáles son los criterios comunes y cuáles son los menos tenidos en cuenta. Adicionalmente y debido a la diferencia con la que se plantean el tema del manejo de los materiales en las diferentes fuentes documentales, (se mencionan criterios, estrategias, objetivos, buenas prácticas) por una parte, el enunciado que sintetiza el criterio para la selección de materiales integra los diferentes conceptos recopilados y por otra parte se eliminaron los conceptos que no eran aplicables al proceso de selección de materiales, debido a que pertenecían a otras fases del ciclo de vida o procesos del proyecto.

A continuación, en la tabla 1 se muestran cada uno de los criterios, ellos poseen un identificador que está relacionado con la clasificación del tipo de criterio considerando los tres pilares de la sostenibilidad y un número consecutivo, de manera que las letras que aparecen al principio del código corresponden a A: ambiental, S: social y E: económico; adicionalmente, en la tabla también se muestra en cuál de las fuentes investigadas aparece el criterio; por otra parte, tanto en sentido vertical como en sentido horizontal hay una sumatoria que permite verificar que tan recurrente es el criterio en los diferentes autores (sumatoria horizontal) y que tantos criterios establece cada uno de los textos (sumatoria vertical).



Identificador criterio	Criterio de selección	(Evans & Schiller, 2013)	(Cots, 2012)	(Denison & Halligan, 2010)	(Alavedra, Domínguez, Gonzalo, & Serra, 1998)	(Borsani, 2011)	(Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)	(U. Nacional de Colombia - Sec. Distrital de Planeación, 2015)	(LEED, 2014)	(Manual Breeam ES Vivienda®, 2011)	HQE	(Edge, Excellence In Design For Greater Efficiencies, 2017)	(Living Building Challenge, 2017)	(Secretaría Distrital de Ambiente, 2014)	Total de veces que se cita el criterio en las fuentes
A-1	Material diseñado para el proyecto en el que se va a utilizar	X													1
A-2	Material que pueda ser usado nuevamente como materia prima - reciclabilidad	X		X	X	X									4
A-3	Material que provenga de una fuente renovable	X				X									2
A-4	Material que sea reutilizado o reciclado	X			X	X	X		X					X	6
A-5	Material con contenido de materiales reciclados	X	X		X	X		X		X					6
A-6	Material que reduce el consumo de materias primas o materiales no renovables	X						X							2
A-7	Material que pueda usado en un diseño desmontable				X	X					X				3
S-8	Material con bajo impacto en la salud humana o de baja emisión	X	X												2
A-9	Material con bajas emisiones de gases de efecto invernadero	X			X										2
A-10	Material que retiene carbono					X					X				2
A-11	Material con una baja huella de carbono embebido												X		1
A-12	Material que reduce la emisión de sustancias y partículas en	X			X	X	X				X				5



Identificador criterio	Criterio de selección	(Evans & Schiller, 2013)	(Cots, 2012)	(Denison & Halligan, 2010)	(Alavedra, Domínguez, Gonzalo, & Serra, 1998)	(Borsani, 2011)	(Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)	(U. Nacional de Colombia - Sec. Distrital de Planeación, 2015)	(LEED, 2014)	(Manual Breeam ES Vivienda®, 2011)	HQE	(Edge, Excellence In Design For Greater Efficiencies, 2017)	(Living Building Challenge, 2017)	(Secretaría Distrital de Ambiente, 2014)	Total de veces que se cita el criterio en las fuentes
	suspensión a los diferentes medios														
S-13	Material que contenga bajo o nulo contenido de sustancias tóxicas o peligrosas con el fin de crear un ambiente interior saludable	X	X		X	X	X		X		X		X		8
A-14	Material con bajo consumo de energía durante su ciclo de vida		X		X	X									3
A-15	Material que minimice la cantidad de energía embebida			X		X						X			3
A-16	Material producido con energía renovable					X									1
A-17	Material con bajo consumo de agua durante su ciclo de vida		X		X	X									3
AE-18	Material con el que se reduzca la cantidad de residuos porque responde a la modulación de los elementos constructivos o es prefabricado		X		X		X			X				X	5
AE-19	Material cuyos residuos puedan ser reusados en el mismo proyecto		X		X										2
AE-20	Material proveniente de la demolición de construcciones				X	X	X		X	X					5



Identificador criterio	Criterio de selección	(Evans & Schiller, 2013)	(Cots, 2012)	(Denison & Halligan, 2010)	(Alavedra, Domínguez, Gonzalo, & Serra, 1998)	(Borsani, 2011)	(Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)	(U. Nacional de Colombia - Sec. Distrital de Planeación, 2015)	(LEED, 2014)	(Manual Breeam ES Vivienda®, 2011)	HQE	(Edge, Excellence In Design For Greater Efficiencies, 2017)	(Living Building Challenge, 2017)	(Secretaría Distrital de Ambiente, 2014)	Total de veces que se cita el criterio en las fuentes
AE-21	Material de buena calidad, que cumpla con estándares ambientales y que conserve adecuadamente sus características en el tiempo		X											X	2
A-22	Material que no sea inflamable y en caso que sea necesario que tenga el aislamiento requerido		X												1
AE-23	Material durable que no requiera o disminuya la necesidad de reemplazo durante el ciclo de vida		X		X	X				X	X				5
A-24	Material que tenga la posibilidad de degradación una vez se ha cumplido el ciclo de vida de la edificación		X												1
A-25	Material que no requiera empaque excesivo o en caso que se requiera, sea biodegradable			X											1
AS-26	Material local que puede contar con arraigo en la identidad de la zona			X	X	X	X	X					X		6
ASE-27	Material que permita la flexibilidad y la adaptabilidad				X	X					X			X	4



Identificador criterio	Criterio de selección	(Evans & Schiller, 2013)	(Cots, 2012)	(Denison & Halligan, 2010)	(Alavedra, Domínguez, Gonzalo, & Serra, 1998)	(Borsani, 2011)	(Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)	(U. Nacional de Colombia - Sec. Distrital de Planeación, 2015)	(LEED, 2014)	(Manual Breeam ES Vivienda®, 2011)	HQE	(Edge, Excellence In Design For Greater Efficiencies, 2017)	(Living Building Challenge, 2017)	(Secretaría Distrital de Ambiente, 2014)	Total de veces que se cita el criterio en las fuentes
AE-28	Material eficiente que permita la reducción de su uso					X		X							2
AE-29	Material que provenga de un reproceso (desglose o reducción de tamaño) para uso en el mismo lugar					X									1
ASE-30	Material extraído y producido de manera sostenible					X			X	X			X		4
A-31	Material con certificación ambiental nacional o internacional o declaraciones ambientales de producto					X		X	X	X					4
A-32	Material que cuenta con la herramienta de Evaluación del Ciclo de Vida o similar que permita conocer sus impactos ambientales									X	X				2
AE-33	Material con bajo nivel de procesamiento					X									1
A-34	Material que promueva la conservación del ciclo hidrológico del sitio					X									1
AS-35	Material que contribuye en la reducción del efecto de isla de calor					X		X							2
AS-36	Material que provenga de una empresa que se haga cargo de los					X									1



Identificador criterio	Criterio de selección	(Evans & Schiller, 2013)	(Cots, 2012)	(Denison & Halligan, 2010)	(Alavedra, Domínguez, Gonzalo, & Serra, 1998)	(Borsani, 2011)	(Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)	(U. Nacional de Colombia - Sec. Distrital de Planeación, 2015)	(LEED, 2014)	(Manual Breeam ES Vivienda®, 2011)	HQE	(Edge, Excellence In Design For Greater Efficiencies, 2017)	(Living Building Challenge, 2017)	(Secretaría Distrital de Ambiente, 2014)	Total de veces que se cita el criterio en las fuentes
	impactos ambientales, a la salud humana o social que provoca su operación.														
AS-37	Material cuyas características físicas responden a las condiciones de temperatura, iluminación y acústica de la edificación						X	X							2
AE-38	Material que mejore el comportamiento de otros materiales durante el ciclo de vida de la edificación							X							1
AE-39	Material de fácil mantenimiento										X				1
AE-40	Material de fácil uso en la construcción del proyecto														0
E-41	Material de bajo costo de mantenimiento														0
E-42	Material de bajo costo inicial														0
E-43	Material de bajo costo en su disposición final														0
E-44	Material con una buena relación costo beneficio														0
Total de criterios establecidos en cada una de las fuentes		10	11	4	15	24	7	8	5	7	8	1	4	4	

Tabla 1. Compilación de criterios para la selección de materiales

Fuente: elaboración propia, 2017.



A partir de una lectura transversal de la información contenida en las matrices es importante resaltar que: en lo referente a la identificación de los criterios de selección de materiales sostenibles en las diferentes fuentes consultadas tanto nacionales como internacionales, se ha establecido un mayor número de criterios en investigaciones y documentos teóricos que en las herramientas que son aplicadas en la evaluación de la sostenibilidad de edificios, en este sentido, los sistemas de certificación de edificios verdes, tienen en cuenta pocos criterios para la selección de materiales, lo que significa que en los proyectos que optan por una acreditación de su desempeño, la actividad de selección es flexible y no está definida como un objetivo principal, tal es el caso de programa Bogotá Construcción Sostenible o la certificación del Living Building Challenge.

5.2 Objetivos y clasificación de los criterios



Debido a que se propone que los criterios tengan como base la sostenibilidad, se tienen en cuenta los tres pilares que hacen parte de su definición: el ambiental, el económico y el social, para a partir de ellos clasificar los diferentes criterios con el fin de permitir el desarrollo de proyectos viables en los que se equilibren los tres aspectos.

En el marco de esta clasificación, teniendo en cuenta la revisión hecha sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible y considerando que estos tienen asociadas una serie de metas específicas a partir de las cuales se obtendría el logro del objetivo (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2017), se seleccionaron tanto los objetivos como las metas que sirven de marco para la definición de los criterios de selección de materiales y se muestran en la tabla 2.



Objetivo de Desarrollo Sostenible		Metas asociadas y relacionadas con los criterios de selección de materiales
 <p>3 SALUD Y BIENESTAR</p>	Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades	<ul style="list-style-type: none"> • Para 2030, reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo
 <p>6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO</p>	Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos	<ul style="list-style-type: none"> • Para 2030, mejorar la calidad del agua mediante la reducción de la contaminación, la eliminación del vertimiento y la reducción al mínimo de la descarga de materiales y productos químicos peligrosos, la reducción a la mitad del porcentaje de aguas residuales sin tratar y un aumento sustancial del reciclado y la reutilización en condiciones de seguridad a nivel mundial • Para 2030, aumentar sustancialmente la utilización eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir sustancialmente el número de personas que sufren de escasez de agua
 <p>7 ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE</p>	Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos	<ul style="list-style-type: none"> • Para 2030, aumentar sustancialmente el porcentaje de la energía renovable en el conjunto de fuentes de energía
 <p>8 TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO</p>	Objetivo 8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener el crecimiento económico per cápita de conformidad con las circunstancias nacionales y, en particular, un crecimiento del producto interno bruto de al menos un 7% anual en los países menos adelantados • Lograr niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación, entre otras cosas centrandose la atención en sectores de mayor valor añadido y uso intensivo de mano de obra. • Mejorar progresivamente, para 2030, la producción y el consumo eficientes de los recursos mundiales y procurar desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente, de conformidad con el marco decenal de programas sobre modalidades sostenibles de consumo y producción, empezando por los países desarrollados



Objetivo de Desarrollo Sostenible		Metas asociadas y relacionadas con los criterios de selección de materiales
 <p>9 INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA</p>	<p>Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, incluidas infraestructuras regionales y transfronterizas, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, con especial hincapié en el acceso equitativo y asequible para todos • Para 2030, mejorar la infraestructura y reajustar las industrias para que sean sostenibles, usando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países adopten medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas • Apoyar el desarrollo de tecnologías nacionales, la investigación y la innovación en los países en desarrollo, en particular garantizando un entorno normativo propicio a la diversificación industrial y la adición de valor a los productos básicos, entre otras cosas
 <p>11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES</p>	<p>Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Para 2030, asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles y mejorar los barrios marginales • Para 2030, aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para una planificación y gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países • Para 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo • Para 2020, aumentar sustancialmente el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan y ponen en marcha políticas y planes integrados para promover la inclusión, el uso eficiente de los recursos, la mitigación del cambio climático y la adaptación a él y la resiliencia ante los desastres, y desarrollar y poner en práctica, en consonancia con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, la gestión integral de los riesgos de desastre a todos los niveles • Proporcionar apoyo a los países menos adelantados, incluso mediante la asistencia financiera y técnica, para que puedan construir edificios sostenibles y resilientes utilizando materiales locales













Objetivo de Desarrollo Sostenible		Metas asociadas y relacionadas con los criterios de selección de materiales
	Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles	<ul style="list-style-type: none"> • Para 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales • Para 2020, lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, de conformidad con los marcos internacionales convenidos, y reducir de manera significativa su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de reducir al mínimo sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente • Para 2030, disminuir de manera sustancial la generación de desechos mediante políticas de prevención, reducción, reciclaje y reutilización • Apoyar a los países en desarrollo en el fortalecimiento de su capacidad científica y tecnológica a fin de avanzar hacia modalidades de consumo y producción más sostenibles

Tabla 2. Objetivos de Desarrollo Sostenible y metas relacionadas con los criterios de selección de materiales
 Nota: se tomó como base para la elaboración de la tabla la información del Programa de las Naciones Unidas

Fuente: (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2017)

En la tabla 3 se muestran tanto los objetivos a los que contribuye cada uno de los criterios, como la clasificación de cada uno de ellos de acuerdo con los tres pilares de la sostenibilidad, al final se totaliza la cantidad de criterios en cada uno de ellos:

		Clasificación del criterio		
Identificador criterio	Objetivos	Ambiental	Social	Económico
A-1	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
A-2	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			

		Clasificación del criterio		
Identificador criterio	Objetivos	Ambiental	Social	Económico
A-3	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
A-4	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
A-5	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
A-6	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
A-7	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
S-8	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
A-9	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades • Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			

		Clasificación del criterio		
Identificador criterio	Objetivos	Ambiental	Social	Económico
	producción sostenibles			
A-10	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades • Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
A-11	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
A-12	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades • Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos • Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
S-13	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades 			
A-14	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
A-15	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			

		Clasificación del criterio		
Identificador criterio	Objetivos	Ambiental	Social	Económico
A-16	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
A-17	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
AE-18	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
AE-19	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
AE-20	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
AE-21	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
A-22				
AE-23	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			



		Clasificación del criterio		
Identificador criterio	Objetivos	Ambiental	Social	Económico
A-24	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
A-25	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
AS-26	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles 			
ASE-27	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles 			
AE-28	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
AE-29	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
ASE-30	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
A-31	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades • Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			



Identificador criterio	Objetivos	Clasificación del criterio		
		Ambiental	Social	Económico
A-32	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
AE-33	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles 			
A-34	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos 			
AS-35	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles 			
AS-36	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades • Objetivo 8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles 			
AS-37	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles 			
AE-38	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación 			
AE-39	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación 			
AE-40	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación 			
E-41	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos 			
E-42	<ul style="list-style-type: none"> • Objetivo 8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos 			



E-43	• Objetivo 8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos			
E-44	• Objetivo 8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos			

Tabla 3. Objetivos y clasificación de criterios

Fuente: elaboración propia, 2017.

Ninguno de los documentos o herramientas considera criterios de tipo económico, no obstante, es a partir de este tipo de criterios, que convencionalmente se toma la decisión en la selección de materiales para la construcción de vivienda en Bogotá. En contraste con ello, los documentos definen la mayor cantidad de criterios asociándolos primero con el tema ambiental, y luego con temas de salud y confort, que se agrupan en lo social, tal y como se observa en la tabla.

De la clasificación de los criterios se evidencia que el mayor porcentaje de criterios pertenece a criterios ambientales y el menor a criterios sociales, adicionalmente es importante resaltar que hay un porcentaje considerable de criterios que no solo obedecen a una clasificación, sino que aportan a 2 o a los 3 pilares de la sostenibilidad, tal y como se observa en la figura 5:

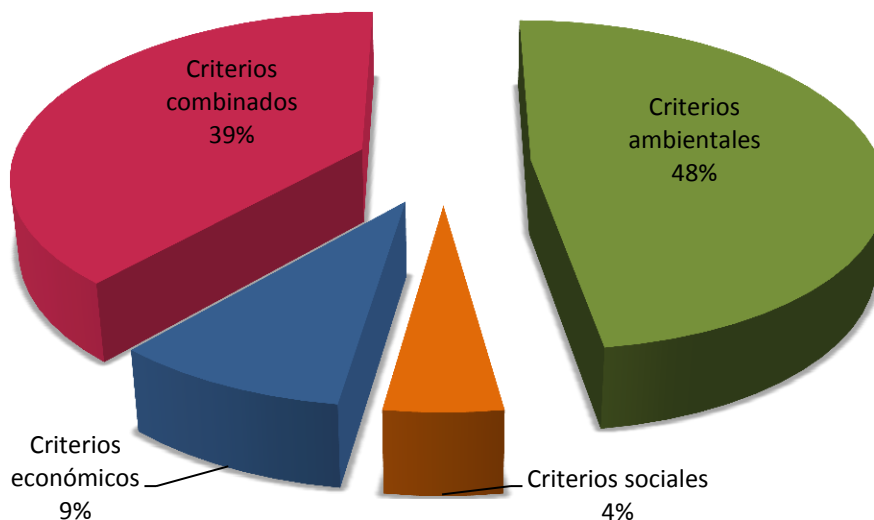


Figura 5. Clasificación de los criterios en cada uno de los pilares de sostenibilidad.

Fuente: elaboración propia, 2017.

Es así como se puede afirmar que los criterios más efectivos que se puedan aplicar para la selección de materiales son los que integran varios de los objetivos y que adicionalmente están categorizados en más de uno de los tres pilares de la sostenibilidad. Esta condición los hace más integrales y su aplicación puede resultar más beneficiosa para los proyectos.

Con el fin de que los tomadores de decisiones puedan hacer una mejor lectura acerca de los criterios, los objetivos y las metas se elaboró el Anexo No. 1 denominado Guía de Criterios que sirve de pauta para la revisión de los elementos descritos en este capítulo.

5.3 Priorización de los criterios

Debido a que se definió un listado de 44 criterios, se hace una propuesta de priorización, con el fin de hacer una primera aproximación a la aplicación de estos en un proyecto de vivienda. Para tal fin se hace una calificación de los criterios en una escala de 0 al 5, en donde 0 corresponde a la menor puntuación y 5 a la mayor, considerando los tres aspectos que han sido objeto de los análisis anteriores:

- **Fuente en donde se cita el criterio:** considerando que el mayor número de repeticiones de un criterio en las fuentes consultadas es ocho se asignará la escala de puntuación así
 - 0: cuando el criterio no es mencionado en ninguna de las fuentes.
 - 1: cuando el criterio es mencionado por un autor.
 - 2: cuando el criterio es mencionado por dos autores.
 - 3: cuando el criterio es mencionado por tres a cuatro autores.
 - 4: cuando el criterio es mencionado por cinco a seis autores.
 - 5: cuando el criterio es mencionado por siete a ocho autores.

- **Integralidad del criterio:** considerando la clasificación del mismo en relación con los pilares de la sostenibilidad, la puntuación se asignará así:



- 0: no aplica.
 - 1: cuando el criterio se clasifica en uno de los pilares de la sostenibilidad.
 - 3: cuando el criterio se clasifica en dos de los pilares de la sostenibilidad.
 - 5: cuando el criterio se clasifica en los tres pilares de la sostenibilidad.
- **Aporte a Objetivos de Desarrollo Sostenible:** considerando que los criterios aportan a entre uno y cinco de los objetivos, se asignará la escala de puntuación así:
 - 0: cuando el criterio no aporta a ninguno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.
 - 1: cuando el criterio aporta a uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.
 - 2: cuando el criterio aporta a dos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.
 - 3: cuando el criterio aporta a tres de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.
 - 4: cuando el criterio aporta a cuatro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.
 - 5: cuando el criterio aporta a cinco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Teniendo en cuenta lo anterior, un criterio puede tener un máximo de 15 puntos y un mínimo de 1, a continuación se muestra la tabla 4 que consolida la puntuación de cada uno de los criterios:

Identificador criterio	Criterio de selección	Priorización de criterios			
		Fuente en donde se cita el criterio	Integralidad del criterio	Aporte a Objetivos de Desarrollo Sostenible	Total puntuación
A-1	Material diseñado para el proyecto en el que se va a utilizar	1	1	2	4



Identificador criterio	Criterio de selección	Priorización de criterios			
		Fuente en donde se cita el criterio	Integralidad del criterio	Aporte a Objetivos de Desarrollo Sostenible	Total puntuación
A-2	Material que pueda ser usado nuevamente como materia prima - reciclabilidad	3	1	3	7
A-3	Material que provenga de una fuente renovable	2	1	3	6
A-4	Material que sea reutilizado o reciclado	4	1	3	8
A-5	Material con contenido de materiales reciclados	4	1	3	8
A-6	Material que reduce el consumo de materias primas o materiales no renovables	2	1	3	6
A-7	Material que pueda usado en un diseño desmontable	3	1	2	6
S-8	Material con bajo impacto en la salud humana o de baja emisión	2	1	2	5
A-9	Material con bajas emisiones de gases de efecto invernadero	2	1	4	7
A-10	Material que retiene carbono	2	1	4	7
A-11	Material con una baja huella de carbono embebido	1	1	3	5
A-12	Material que reduce la emisión de sustancias y partículas en suspensión a los diferentes medios	4	1	5	10
S-13	Material que contenga bajo o nulo contenido de sustancias tóxicas o peligrosas con el fin de crear un ambiente interior saludable	5	1	1	7
A-14	Material con bajo consumo de energía durante su ciclo de vida	3	1	2	6
A-15	Material que minimice la cantidad de energía embebida	3	1	2	6
A-16	Material producido con energía renovable	1	1	3	5
A-17	Material con bajo consumo de agua durante su ciclo de vida	3	1	3	7
AE-18	Material con el que se reduzca la cantidad de residuos porque responde a la modulación de los elementos constructivos o es prefabricado	4	3	3	10
AE-19	Material cuyos residuos puedan ser reusados en el mismo proyecto	2	3	2	7
AE-20	Material proveniente de la demolición de construcciones	4	3	2	9
AE-21	Material de buena calidad, que cumpla con estándares ambientales y que conserve adecuadamente sus características en el tiempo	2	3	3	8



Identificador criterio	Criterio de selección	Priorización de criterios			
		Fuente en donde se cita el criterio	Integralidad del criterio	Aporte a Objetivos de Desarrollo Sostenible	Total puntuación
A-22	Material que no sea inflamable y en caso que sea necesario que tenga el aislamiento requerido	1	1	0	2
AE-23	Material durable que no requiera o disminuya la necesidad de reemplazo durante el ciclo de vida	4	3	3	10
A-24	Material que tenga la posibilidad de degradación una vez se ha cumplido el ciclo de vida de la edificación	1	1	3	5
A-25	Material que no requiera empaque excesivo o en caso que se requiera, sea biodegradable	1	1	2	4
AS-26	Material local que puede contar con arraigo en la identidad de la zona	4	3	1	8
ASE-27	Material que permita la flexibilidad y la adaptabilidad	3	5	2	10
AE-28	Material eficiente que permita la reducción de su uso	2	3	3	8
AE-29	Material que provenga de un reproceso (desglose o reducción de tamaño) para uso en el mismo lugar	1	3	2	6
ASE-30	Material extraído y producido de manera sostenible	3	5	2	10
A-31	Material con certificación ambiental nacional o internacional o declaraciones ambientales de producto	3	1	4	8
A-32	Material que cuenta con la herramienta de Evaluación del Ciclo de Vida o similar que permita conocer sus impactos ambientales	2	1	3	6
AE-33	Material con bajo nivel de procesamiento	1	3	1	5
A-34	Material que promueva la conservación del ciclo hidrológico del sitio	1	1	1	3
AS-35	Material que contribuya en la reducción del efecto de isla de calor	2	3	1	6
AS-36	Material que provenga de una empresa que se haga cargo de los impactos ambientales, a la salud humana o sociales que provoca su operación.	1	3	2	6
AS-37	Material cuyas características físicas responden a las condiciones de temperatura, iluminación y acústica de la edificación	2	3	1	6
AE-38	Material que mejore el comportamiento de otros materiales	1	3	1	5



Identificador criterio	Criterio de selección	Priorización de criterios			
		Fuente en donde se cita el criterio	Integralidad del criterio	Aporte a Objetivos de Desarrollo Sostenible	Total puntuación
	durante el ciclo de vida de la edificación				
AE-39	Material de fácil mantenimiento	1	3	1	5
AE-40	Material de fácil uso en la construcción del proyecto	0	3	1	4
E-41	Material de bajo costo de mantenimiento	0	1	1	2
E-42	Material de bajo costo inicial	0	1	1	2
E-43	Material de bajo costo en su disposición final	0	1	1	2
E-44	Material con una buena relación costo beneficio	0	1	1	2

Tabla 4. Priorización de criterios

Fuente: elaboración propia, 2017.

Así las cosas, una vez puntuados los criterios de acuerdo con los aspectos definidos, se observa que de los posibles puntos a obtener, la puntuación total de los criterios varía entre 2 y 10 puntos, por ello se definen 3 niveles de priorización, lo que permite facilitar la aplicación de los criterios. Los primeros criterios que se pueden aplicar para la selección sostenible de materiales para proyectos de vivienda, son los que cuentan con una puntuación de ocho a diez, le siguen los que cuentan con una puntuación de cinco a siete y los criterios que serían de más difícil aplicación corresponderían a los que cuentan con una puntuación de dos a cuatro. En este sentido los primeros criterios a tener en cuenta son 13 y se muestran en la tabla 5:

Identificador criterio	Criterio de selección	Priorización
A-4	Material que sea reutilizado o reciclado	1



Identificador criterio	Criterio de selección	Priorización
A-5	Material con contenido de materiales reciclados	1
A-12	Material que reduce la emisión de sustancias y partículas en suspensión a los diferentes medios	1
AE-18	Material con el que se reduzca la cantidad de residuos porque responde a la modulación de los elementos constructivos o es prefabricado	1
AE-20	Material proveniente de la demolición de construcciones	1
AE-21	Material de buena calidad, que cumpla con estándares ambientales y que conserve adecuadamente sus características en el tiempo	1
AE-23	Material durable que no requiera o disminuya la necesidad de reemplazo durante el ciclo de vida	1
AS-26	Material local que puede contar con arraigo en la identidad de la zona	1
ASE-27	Material que permita la flexibilidad y la adaptabilidad	1
AE-28	Material eficiente que permita la reducción de su uso	1
ASE-30	Material extraído y producido de manera sostenible	1
A-31	Material con certificación ambiental nacional o internacional o declaraciones ambientales de producto	1
A-34	Material que promueva la conservación del ciclo hidrológico del sitio	1

Tabla 5. Criterios con priorización No. 1

Fuente: elaboración propia, 2017.

Los criterios cuya priorización es de segundo nivel, corresponden a 23 y se muestran en la tabla 6:

Identificador criterio	Criterio de selección	Priorización
A-2	Material que pueda ser usado nuevamente como materia prima - reciclabilidad	2
A-3	Material que provenga de una fuente renovable	2
A-6	Material que reduce el consumo de materias primas o materiales no renovables	2
A-7	Material que pueda usado en un diseño desmontable	2
S-8	Material con bajo impacto en la salud humana o de baja emisión	2
A-9	Material con bajas emisiones de gases de efecto invernadero	2
A-10	Material que retiene carbono	2
A-11	Material con una baja huella de carbono embebido	2
S-13	Material que contenga bajo o nulo contenido de sustancias tóxicas o peligrosas con el fin de crear un ambiente interior saludable	2
A-14	Material con bajo consumo de energía durante su ciclo de vida	2



A-15	Material que minimice la cantidad de energía embebida	2
A-16	Material producido con energía renovable	2
A-17	Material con bajo consumo de agua durante su ciclo de vida	2
AE-19	Material cuyos residuos puedan ser reusados en el mismo proyecto	2
A-24	Material que tenga la posibilidad de degradación una vez se ha cumplido el ciclo de vida de la edificación	2
AE-29	Material que provenga de un reproceso (desglose o reducción de tamaño) para uso en el mismo lugar	2
A-32	Material que cuenta con la herramienta de Evaluación del Ciclo de Vida o similar que permita conocer sus impactos ambientales	2
AE-33	Material con bajo nivel de procesamiento	2
AS-35	Material que contribuya en la reducción del efecto de isla de calor	2
AS-36	Material que provenga de una empresa que se haga cargo de los impactos ambientales, a la salud humana o sociales que provoca su operación.	2
AS-37	Material cuyas características físicas responden a las condiciones de temperatura, iluminación y acústica de la edificación	2
AE-38	Material que mejore el comportamiento de otros materiales durante el ciclo de vida de la edificación	2
AE-39	Material de fácil mantenimiento	2

Tabla 6. Criterios con priorización No. 2

Fuente: elaboración propia, 2017.

Y por último, los criterios que se encontrarían dentro de la priorización número 3 son 8 y se muestran en la tabla 7:

Identificador criterio	Criterio de selección	Priorización
A-1	Material diseñado para el proyecto en el que se va a utilizar	3
A-22	Material que no sea inflamable y en caso que sea necesario que tenga el aislamiento requerido	3
A-25	Material que no requiera empaque excesivo o en caso que se requiera, sea biodegradable	3
AE-40	Material de fácil uso en la construcción del proyecto	3
E-41	Material de bajo costo de mantenimiento	3
E-42	Material de bajo costo inicial	3
E-43	Material de bajo costo en su disposición final	3
E-44	Material con una buena relación costo beneficio	3

Tabla 7. Criterios con priorización No. 3

Fuente: elaboración propia, 2017.

5.4 Análisis de caso – Ladrillo Tolete

Con el fin de verificar la aplicabilidad de los criterios se elaboró un análisis de caso en el que se escogió un material común en los proyectos de vivienda, como lo es el ladrillo tolete. La figura 6 muestra la ficha técnica del material.



ESPECIFICACIONES TECNICAS

Dimensiones	Largo	Ancho	Alto
	24,5 cm	12,0 cm	5,5 cm
Tolerancia Dimensional	± 4 mm	± 3 mm	± 2 mm
<i>Nota : Hasta el 2% de las piezas podrá estar excedido de estas tolerancias pero sin superar el máximo de ±4mm.</i>			
Color	TERRACOTA (Según muestras)	El color varía dentro de una gama similar a la que se observa en la foto de aplicación	
Textura	LISO POR SUS CUATRO (4) CARAS		
Peso/Unidad	3,0 kg.		
Rendimiento con dilatación de 1cm	60 Un/m2		
Peso/m2	180,0 Kg/m2 de muro		
Aplicación	Muros de Fachada y divisorios Muros Estructurales de Mampostería confinada o cavidad reforzada		
Clasificación	Tipo M	Unidad de Mampostería Maciza	
	Promedio 5 Unidades	Individual	
Resistencia a la Compresión (Mínima)	30 MPa (300 Kgf/cm2)	25 MPa (250 Kgf/cm2)	
Absorción de Agua (Máxima)	11,0%	13,0%	
Normas Aplicadas	ICONTEC	NTC 4205-3; NTC 4205-2; NTC 4205-1	
	AIS	NSR 10	
	ASTM	C56, C212, C216	



<p>Recomendaciones de Almacenamiento: Se recomienda que las piezas de arcilla se almacenen en obra en un sitio plano, seco, aislado del terreno, y protegido de la escorrentía, las zonas de escombros, el almacenamiento de arenas y sitios de preparación de mezclas de mortero y concreto.</p> <p>Recomendaciones de Instalación: En los muros de fachada y divisorios se deben cumplir los requisitos de la <i>NSR10 Capítulo A.9 Elementos No Estructurales</i>, en su diseño y anclaje a la estructura. La solución comprende columnetas y viguetas, enchapadas con la pieza utilizada, o disponiendo el refuerzo vertical a través de las celdas. Para el diseño se pueden seguir las recomendaciones del "Manual de Diseño - Muros divisorios y de fachada en mampostería según normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente" de SANTAFE. En los muros de mampostería estructural o muros portantes, se deben cumplir los requisitos de la <i>NSR 10 TITULO D - MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL</i>. ES NATURAL QUE EL TONO GENERAL DEL LADRILLO VARIE LIGERAMENTE ENTRE DIFERENTES LOTES DE PRODUCCIÓN. Para obtener una mayor homogeneidad de tono de un lote en la fachada, se recomienda tomar las piezas para el muro de diferentes estibas a la vez, 3 o 4, para conseguir la mezcla del producto. Durante la construcción se procurará mantener el muro lo más limpio posible, esto facilitará la limpieza posterior. Para una correcta y eficiente aplicación seguir las instrucciones de SANTAFE.</p> <p>Recomendaciones de lavado: Se deben seguir las recomendaciones del <i>Manual de Lavado de SANTAFE</i>. El muro deberá estar seco. En la soluciones de lavado NO USAR ACIDO MURIÁTICO NI ÁCIDOS FUERTES, se deben utilizar ácidos débiles como el ácido nítrico, NO pueden estar compuestas con altas concentraciones del ácido recomendado, para su aplicación, previamente se deben retirar los excesos de mortero y polvo, y pre humedecer el muro (asi se reduce la penetración del ácido de la solución de lavado en la pieza de arcilla). Después de refregar el muro con la solución de lavado, esta se debe retirar con abundante agua. <i>Siempre se debe verificar con ensayos previos la efectividad de la solución de lavado.</i></p>

Figura 6. Ficha técnica Ladrillo prensado macizo Ladrillera Santafé.

Fuente: Recuperado de http://santafe.com.co/images/fichas/FT_LPR.pdf

Se aplicaron los criterios de selección de material, indicando si el material cumple, no cumple o no se tiene la información que permita dar cuenta del criterio, según se muestra en la tabla 8:

Identificador criterio	Criterio de selección	Cumple	No Cumple	Sin inform.
A-1	Material diseñado para el proyecto en el que se va a utilizar			
A-2	Material que pueda ser usado nuevamente como materia prima - reciclabilidad			
A-3	Material que provenga de una fuente renovable			
A-4	Material que sea reutilizado o reciclado			
A-5	Material con contenido de materiales reciclados			
A-6	Material que reduce el consumo de materias primas o materiales no renovables			
A-7	Material que pueda usado en un diseño desmontable			
S-8	Material con bajo impacto en la salud humana o de baja emisión			
A-9	Material con bajas emisiones de gases de efecto invernadero			
A-10	Material que retiene carbono			
A-11	Material con una baja huella de carbono embebido			
A-12	Material que reduce la emisión de sustancias y partículas en suspensión a los diferentes medios			
S-13	Material que contenga bajo o nulo contenido de sustancias toxicas o peligrosas con el fin de crear un ambiente interior saludable			
A-14	Material con bajo consumo de energía durante su ciclo de			



Identificador criterio	Criterio de selección	Cumple	No Cumple	Sin inform.
	vida			
A-15	Material que minimice la cantidad de energía embebida			
A-16	Material producido con energía renovable			
A-17	Material con bajo consumo de agua durante su ciclo de vida			
AE-18	Material con el que se reduzca la cantidad de residuos porque responde a la modulación de los elementos constructivos o es prefabricado			
AE-19	Material cuyos residuos puedan ser reusados en el mismo proyecto			
AE-20	Material proveniente de la demolición de construcciones			
AE-21	Material de buena calidad, que cumpla con estándares ambientales y que conserve adecuadamente sus características en el tiempo			
A-22	Material que no sea inflamable y en caso que sea necesario que tenga el aislamiento requerido			
AE-23	Material durable que no requiera o disminuya la necesidad de reemplazo durante el ciclo de vida			
A-24	Material que tenga la posibilidad de degradación una vez se ha cumplido el ciclo de vida de la edificación			
A-25	Material que no requiera empaque excesivo o en caso que se requiera, sea biodegradable			
AS-26	Material local que puede contar con arraigo en la identidad de la zona			
ASE-27	Material que permita la flexibilidad y la adaptabilidad			
AE-28	Material eficiente que permita la reducción de su uso			
AE-29	Material que provenga de un reproceso (desglose o reducción de tamaño) para uso en el mismo lugar			
ASE-30	Material extraído y producido de manera sostenible			
A-31	Material con certificación ambiental nacional o internacional o declaraciones ambientales de producto			
A-32	Material que cuenta con la herramienta de Evaluación del Ciclo de Vida o similar que permita conocer sus impactos ambientales			
AE-33	Material con bajo nivel de procesamiento			
A-34	Material que promueva la conservación del ciclo hidrológico del sitio			
AS-35	Material que contribuya en la reducción del efecto de isla de calor			
AS-36	Material que provenga de una empresa que se haga cargo de los impactos ambientales, a la salud humana o sociales que provoca su operación.			
AS-37	Material cuyas características físicas responden a las			



Identificador criterio	Criterio de selección	Cumple	No Cumple	Sin inform.
	condiciones de temperatura, iluminación y acústica de la edificación			
AE-38	Material que mejore el comportamiento de otros materiales durante el ciclo de vida de la edificación			
AE-39	Material de fácil mantenimiento			
AE-40	Material de fácil uso en la construcción del proyecto			
E-41	Material de bajo costo de mantenimiento			
E-42	Material de bajo costo inicial			
E-43	Material de bajo costo en su disposición final			
E-44	Material con una buena relación costo beneficio			

Tabla 8. Análisis de caso - Ladrillo Tolete

Fuente: elaboración propia, 2017.

Del ejercicio anterior se puede concluir que:

- Se requieren líneas de base para la calificación de algunos criterios.
- Las fichas técnicas contienen información básica que en ocasiones no permite conocer el proceso completo del material
- El estudio de aspectos sostenibles es incipiente en los materiales en Colombia, por lo que la información disponible es insuficiente.
- Para la implementación de criterios debe existir una normativa que permita conocer la información completa del ciclo de vida de los materiales, con el fin de hacer comparaciones entre características similares.



6. CONCLUSIONES

- El conjunto definido de criterios para la selección de materiales sostenibles en la construcción de viviendas en Bogotá respondió a lineamientos relacionados con: la normativa nacional existente, los requisitos señalados en los sistemas de certificación para los materiales y los recursos, y el aporte de los criterios a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.
- En la revisión de las herramientas usadas para la evaluación de proyectos sostenibles aplicables a la construcción de viviendas en Bogotá, se encontró que la mayor cantidad de criterios son de tipo ambiental, lo que implica una desatención a los aspectos sociales y la inexistencia de criterios económicos, aspectos que fueron cubiertos en esta investigación.
- En la medida en la que algunos de los criterios se categorizan en más de uno de los pilares de sostenibilidad (social, económico o ambiental) y aportan a más de uno de los objetivos definidos, ellos se configuran como criterios integrales, al tener incorporadas más variables en un solo concepto y haciendo que su aplicación resulte más beneficiosa.
- Las fuentes documentales consultadas contienen información relacionada con la materialidad de los proyectos en algunos casos expresadas como prácticas sostenibles, en otros casos como estrategias o como objetivos, lo que en ocasiones puede generar dificultades para los tomadores de decisiones en el entendimiento de cuál es el criterio específico que se debe considerar en la selección de material, por lo que el trabajo consolida y estandariza la mencionada información de manera que se pueda entender claramente cuál es el criterio que se debe tener en cuenta.
- La definición de criterios para la selección de materiales es un tema relevante en la construcción de proyectos de vivienda y si bien en Colombia se cuenta con un documento guía y en Bogotá con dos, estos no representan obligatoriedad, debido a que no son actos



administrativos adoptados sino documentos que contienen lineamientos, de manera que los proyectos día a día se siguen construyendo de la manera tradicional sin que se tengan en cuenta los mencionados documentos.

- Si bien la mayor cantidad de criterios que se pueden aplicar a los materiales son de tipo ambiental, estos son los más difíciles de cuantificar debido a que se requiere investigación específica para determinar con precisión la magnitud de los impactos y en este sentido Bogotá, y en general Colombia, no cuenta con bases de datos que den cuenta de cuáles son las implicaciones de la extracción, producción, uso y disposición final de los materiales usados en la construcción de proyectos de vivienda.
- En ninguna de las fuentes documentales que se consideraron para el presente estudio se tienen en cuenta criterios de tipo económico, sin embargo, en hoy en día la selección de materiales para los proyectos de vivienda se hace con base en estos criterios principalmente, dejando de lado los criterios de tipo ambiental o social.
- Se han establecido un mayor número de criterios relacionados con la selección de materiales en investigaciones y documentos teóricos que en las herramientas que son aplicadas en la evaluación de la sostenibilidad de proyectos, lo que significa que en la práctica los proyectos que aplican criterios de sostenibilidad no tiene en cuenta tantas variables para la selección de materiales, haciendo muy flexible esta actividad.
- Debido a que el listado de criterios es extenso, se propuso una primera aproximación de priorización de los mismos para su aplicación con base en la información estudiada, no obstante, el inventario de criterios sirve como base para el desarrollo de una herramienta que permita a través de una selección multicriterio, la priorización de los mismos y la selección a partir de las ponderaciones particulares en el caso de cada proyecto.



- El proceso de selección de materiales debería estar contemplado en la normativa aplicable a los proyectos de vivienda, no solo en la ciudad de Bogotá sino en el país, en este sentido, un instrumento como el Código de Construcción del Distrito Capital de Bogotá – Acuerdo 20 de 1995 – que ha perdido vigencia debido a la falta de actualización, debería incorporar conceptos de sostenibilidad en general y en lo que a materiales se refiere.
- En este momento la ciudad de Bogotá cuenta con incentivos para construcciones nuevas de viviendas de interés prioritario (VIP) y de interés social (VIS) por la aplicación de medidas de las tablas 4 y 16 del anexo 1 de la "Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones" establecida mediante Resolución 0549 del 2015, que tienen que ver con los capítulos de agua y de energía, no obstante, el capítulo de materiales no se encuentra desarrollado por ninguna norma, lo que deja un vacío en la reglamentación que debe ser abordado por las autoridades locales y nacionales.



Bibliografía

- Akadiri, P. O., Chinyio, E. A., & Olomolaiye, P. O. (2012). Design of A Sustainable Building: A Conceptual Framework for Implementing Sustainability in the Building Sector. *Buildings*, 127-147.
- Alavedra, P., Domínguez, J., Gonzalo, E., & Serra, J. (1998). La Construcción Sostenible, el estado de la cuestión. *Informes de la Construcción*, 41-48.
- Borsani, M. S. (2011). *Materiales Ecológicos, estrategias, alcances y aplicación de los materiales ecológicos como generadores de habitats urbanos*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Comisión Brundtland. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el medio ambiente y el desarrollo: Nuestro futuro común*.
- Cots, P. M. (2012). *Sustainable urban models*. Malaga: Mediterranee Institut.
- Denison, J., & Halligan, C. (2010). *Building Materials and the Environment*. Reino Unido: Stephen George & Partners LLP.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2017, 02 15). *Estadísticas de Edificación Licencias de Construcción ELIC*. Tratto da DANE información estratégica: <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/licencias-de-construccion/historicos-elic>
- Edge, Excellence In Design For Greater Efficiencies. (2017). *User guide for Homes*. Estados Unidos: World Bank Group.
- Evans, M., & Schiller, S. (2013). La selección de materiales de construcción con criterios de sustentabilidad como interfase en el proceso proyectual. *Septimo Encuentro Regional de Investigación*, 1008-1011.
- Giddings, B., Hopwood, B., & Geoff, O. (2002). Environment, economy and society: fitting them together into sustainable development. *Wiley InterScience*, 187 - 196.
- LEED. (2014). *Ebook - LEED - Version 4 User Guide*. Estados Unidos: LEED.
- Living Building Challenge. (2017, 09 1). *Living Building Challenge*. Tratto da Living Building Challenge: <https://living-future.org/livingbuildingchallenge>
- Manual Breeam ES Vivienda®. (2011). *Manual Técnico de Vivienda*. La Coruña: Instituto Tecnológico de Galicia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana*. Bogota: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Ortiz, S. (2016). *Haute Qualité Environnementale (HQE)*. Bogota: Consejo de Construcción Sostenible, Colombia.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2017, 10 25). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Tratto da <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- Rodríguez, J. M. (2008). *Los caminos para el cambio: la incorporación de la sustentabilidad ambiental para el cambio. La incorporación de la sustentabilidad ambiental al proceso de desarrollo*. La Habana: Editorial Universitaria.
- Roman, A. P. (2003). Desarrollo sostenible: un reto central para el pensamiento. *Estudios de Economía Aplicada Vol. 21 - 2*, 203-220.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2014). *Resolución N° 03654*. Bogota D.C: Secretaría Distrital de Ambiente.



U. Nacional de Colombia - Sec. Distrital de Planeación. (2015). *Guía de lineamientos sostenibles para el ámbito edificatorio*. Bogotá: Secretaría Distrital de Planeación.



Anexo 1. Guía de criterios

