



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

MAESTRÍA EN CONSTRUCCIONES, TERCERA COHORTE

ESTÁNDARES PARA UNA EVALUACIÓN SOSTENIBLE DE LOS MATERIALES
UTILIZADOS EN EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA UNIFAMILIAR DE
LA CIUDAD DE CUENCA

ARTÍCULO CIENTÍFICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE
“MAGISTER EN CONSTRUCCIONES”

AUTOR: ARQ. SERGIO EDUARDO CARAGUAY SATAMA
DIRECTOR: ARQ. VANESSA FERNANDA GUILLÉN MENA, MSC.

ECUADOR, CUENCA 2017



CLÁUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Sergio Eduardo Caraguay Satama, autor del artículo científico “Estándares para una evaluación sostenible de los materiales utilizados en el proceso de construcción de la vivienda unifamiliar de la ciudad de Cuenca”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 14 Marzo de 2017


Firma

Sergio Eduardo Caraguay Satama

C.I.: 1104569346



CLÁUSULA DE DERECHOS DE AUTOR

Sergio Eduardo Caraguay Satama, autor del artículo científico “Estándares para una evaluación sostenible de los materiales utilizados en el proceso de construcción de la vivienda unifamiliar de la ciudad de Cuenca”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal C, de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de MAGISTER EN CONSTRUCCIONES. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 14 de Marzo de 2017

Firma

Sergio Eduardo Caraguay Satama

C.I.: 1104569346



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Estándares para una evaluación sostenible de los materiales utilizados en el proceso de construcción de la vivienda unifamiliar de la ciudad de Cuenca

Sergio Eduardo Caraguay Satama (*Autor*).

Afiliación: Maestría en Construcciones, Tercera Cohorte. Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.
sergio.caraguay@ucuenca.edu.ec

Vanessa Fernanda Guillén Mena (*Co-Autor*).

Afiliación: Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador. vanessa.guillen@ucuenca.edu.ec

Resumen

La presente investigación se desarrolla dentro del ámbito de la eficiencia energética del proceso constructivo utilizado en las viviendas unifamiliares de la ciudad de Cuenca. Tiene como objeto principal, establecer los estándares de evaluación sostenible de los materiales utilizados en el proceso de construcción, incorporando condicionantes propias de la realidad local. Como punto de partida se toman los métodos de certificación de edificaciones sostenibles más relevantes a nivel internacional y se analizan los criterios de evaluación relacionados con la categoría MATERIALES, los cuales se agrupan de acuerdo a sus características comunes, generando de esta manera una estructura jerárquica compuesta por categorías, requerimientos y criterios de evaluación. Adicionalmente, se hace una revisión de la normativa local, nacional e internacional y se analiza unos casos de estudio para contrastar la información. De todo este proceso se plantea los criterios que permitan evaluar la construcción local. Finalmente, se genera una evaluación en tres procesos constructivos con los criterios definidos y se establecen los estándares para una evaluación sostenible de la vivienda, los cuales podrán ser aplicables a todo tipo de construcción. Con los criterios de evaluación y estándares definidos, se realiza un proceso estadístico de análisis de comparación pareada con el método de análisis jerárquico (AHP) con la finalidad de obtener las ponderaciones y el grado de incidencia de los requerimientos y criterios de evaluación.

Palabras claves

Materiales, estándares; evaluación sostenible; vivienda; sistemas constructivos.

Abstract

The present research is developed inside the ambit of energy efficiency of the constructive process used in the single-family homes in Cuenca city. It has as a main object to stablish standards of sustainable evaluation of the materials used in the construction process, incorporating own constraints of the local reality. As a starting point certification the most relevant methods for sustainable buildings worldwide are taken and the evaluation criteria related to the MATERIALS category, which are grouped according to their common characteristics, thereby generating a hierarchical structure consisting by categories, requirements and evaluation criteria. Additionally, a review of local, national and international regulations are made and some cases of study are analyzed to contrast the information. Of this all process arises permitting to assess local construction. Finally, an assessment is generated in three construction processes with defined criteria and sets standards for a sustainable evaluation of the housing, which may be applicable for all types of building. With the evaluation criteria and standards defined, a statistical analysis process is performed and it is paired with the method of hierarchical analysis (AHP) in order to get the weighings and the level of incidence of the requirements and evaluation criteria.

Keyword

Materials, standards, sustainable evaluation, housing, constructive systems.



I. INTRODUCCIÓN

Aunque existen muchos antecedentes sobre la manifestación de los problemas ambientales causados por la industria y construcción, es en 1987¹, donde se incorpora un concepto de sostenibilidad, ligado específicamente al desarrollo sostenible, este concepto se aplica a muchas áreas, entre ellas la arquitectura (Wadel, Avellaneda, & Cuchí, 2010).

Adicionalmente existe la declaratoria del Protocolo de Kioto, cuyo objetivo plantea poner un límite y reducir las emisiones de gases relacionados con el calentamiento de la atmósfera a partir del efecto invernadero y recortar las emisiones al ambiente en un 5% (United Nations, Framework Convention on climate change), esto tiene una relación directa con la construcción ya que ésta actividad constituye una de las mayores contaminantes (M. P. Mercader, Marrero, Solís, Montes, & Ramírez, 2010). La vivienda figura entre los compromisos del desarrollo sostenible pues es considerada como uno de los grandes problemas que actualmente enfrenta la humanidad, tanto en su forma cualitativa (nivel de vida) como cuantitativa (déficit habitacional) (Argüello Méndez & Cuchí Burgos, 2008). A nivel local y global, la industria de la construcción consume significativamente energía y recursos naturales, genera impactos ambientales como emisiones a la atmósfera y residuos (Sanguinetti & Ortiz, 2014). Este consumo está cerca del 40% de los recursos naturales y genera en torno al 40% de residuos, así mismo supone un 32% del consumo de energía no renovable y un 30% de la generación de emisiones de CO₂. (M. P. Mercader et al., 2010).

En España el proceso constructivo de una edificación tiene un consumo promedio de 5.754 MJ y una emisión media de 0,5 t de CO₂/m². Existen consumos asociados a tipologías constructivas que van desde 10.461,02 MJ/m² para viviendas unifamiliares a 8.843,90 MJ/m² para conjuntos habitacionales verticales. Estos valores se pueden optimizar con un adecuado manejo de materiales de baja energía incorporada y sistemas constructivos de bajo consumo energético (M. Mercader, Olivares, & Ramírez de Arellano, 2012), con ello lograr relaciones de optimización respecto a otros materiales en el orden de 0,87% a 0,96% (Eštoková & Porhinčák, 2012) y reducción de emisiones y consumo de energía en un 13% y 14% (Felton, Fuller, & Crawford, 2014). La correcta utilización de materiales durante el proceso constructivo puede tener un efecto considerable en la demanda de energía a lo largo de su vida útil (Rauf & Crawford, 2013).

Según el Banco Mundial, en Ecuador las emisiones de CO₂ entre 2008 y 2013 se incrementaron desde 2.00 a 2.20 Ton métricas; mientras que entre 2008 y 2009, según el Instituto de

Investigaciones Económicas UTPL las emisiones producidas por actividades relacionadas con las construcción pasaron 3.12 a 3.86 millones de Ton. En la ciudad de Cuenca según estudios de emisiones de gases de efecto invernadero realizados por el BID las emisiones per cápita son de 2,42 t de CO₂/hab, valor menor a las emisiones por habitante Ecuador: 2,56 t CO₂/hab. Según el informe "CUENCA ciudad sostenible", la industria, el sector residencial y servicios comparten el segundo lugar, con un 16% de las emisiones totales ((BID), 2014). Según el INEC, en la provincia de Azuay, el 76% de las edificaciones son viviendas, de las cuales el 71.1% se encuentran en la ciudad de Cuenca. Destaca el hormigón armado como sistema constructivo, que se corrobora con los 2.909 permisos de construcción emitidos hasta 2012, de los cuales el 91,7 % correspondieron a la ejecución de construcciones nuevas con este sistema.

Con lo expuesto se puede entender el impacto de la construcción sobre el medio ambiente y el alto consumo energético que implica todo su proceso debido al manejo de materiales con alta energía incorporada y sistemas de alto consumo, mismos que elevan la carga energética de la vivienda y se traducen en mayores emisiones de CO₂. Es importante el estudio de este tema para conocer el consumo e impacto energético en la construcción, poder generar estrategias que ayuden a reducir las emisiones y mejorar la eficiencia, puesto que la mayor incidencia la tienen el sector residencial y comercial (Harrell & Kulkarni, 2004). Ante esto es importante cuantificar el impacto sobre el ambiente, en base a indicadores que tengan como objeto sintetizar en una única medida un conjunto muy diverso de impactos (Vázquez Espí, 2001).

LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Los materiales de construcción inciden directamente en las emisiones y consumo de recursos a nivel mundial, para poner en contexto, según publicaciones del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), América Latina representa un 10% del consumo mundial de materias primas. Un análisis comparativo muestra el aumento progresivo del consumo doméstico de materiales que va 2100 millones de toneladas a 7700 millones de toneladas entre 1970 y 2008, es decir a una tasa de crecimiento compuesta de 3,4% por año (imagen 1- imagen 2). Ecuador está dentro de los países de bajo consumo a nivel de la región, pero con un rápido y alto incremento en emisiones por consumo de materias primas, puesto que el consumo doméstico de materiales (CDM), per cápita de Ecuador empezó en 5,1 toneladas en 1970 y creció a 9,7 toneladas en 2008, el consumo de combustibles fósiles aumentó de 4,5% a 7,5%, en tanto que los minerales metálicos y los minerales industriales se

"la capacidad de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin hipotecar la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades"

1 Informe nuestro futuro común de la Comisión mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de la Organización de las Naciones Unidas, Our Common Future, 1987. También conocido como informe Brundtland, el cual describe la sostenibilidad como

UNIVERSIDAD DE CUENCA

incrementaron de 1,2% a 1,8%, tras alcanzar un máximo de 9,2% en 1991 (PNUD, 2013).

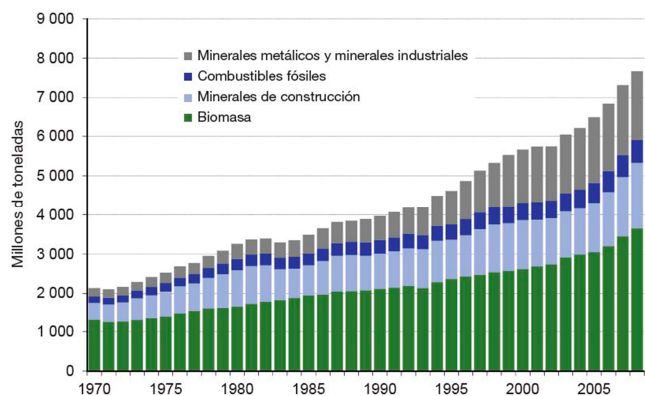


Imagen 1: Consumo doméstico de materiales en América Latina, por categoría principal de materiales, correspondiente a los años 1970 a 2008.

Fuente: ((BID), 2014)

A nivel del el consumo de materiales es la siguiente:

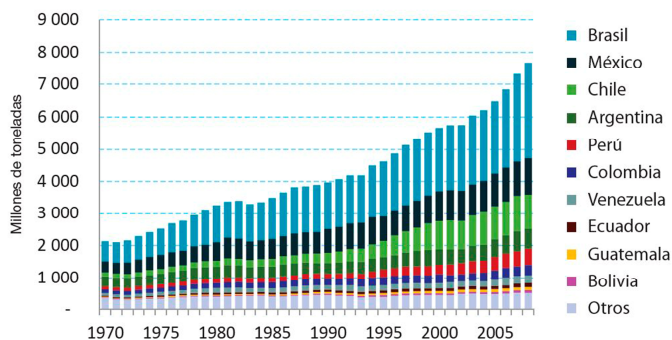


Imagen 2: Consumo doméstico de materiales de los 10 mayores consumidores de materiales de América Latina en 2008.

Fuente: ((BID), 2014)

EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE: FACTORES QUE INCIDEN Y NORMATIVA

En los últimos años la fabricación de materiales de construcción se ha enfocado al concreto, acero y vidrio, esto implica un costo energético mayor, así como la generación en grandes cantidades de residuos de construcción y demolición (RCD), elementos predominantes en todos los procesos constructivos de las ciudades. (Serrano, Molina, & LÓPEZ, 2015).

Todo proceso constructivo comienza con una planificación, durante el proceso de diseño, una decisión importante es la definición de los materiales a emplear. Esta selección está determinada por factores formales, funcionales, costos y características estructurales, entre otros; pero no siempre se considera las características de sostenibilidad que puedan tener los materiales. Éstos pueden causar un mayor o menor impacto dependiendo de la forma en que se utilizan, en base al diseño y sistema constructivo empleado (Rocha, 2011).

² Emisiones de CO₂ que son producto de los diversos gases que se generan durante la producción y puesta en obra de los materiales de construcción, entre los que tenemos: Dióxido de

Otro factor importante es el transporte pues está asociado al impacto de los combustibles empleados en los movimientos que van desde los proveedores hasta la ubicación de la obra. Racionalizar los movimientos, optimizar cargas, reducir el flujo, trabajar con materias primas y fábricas locales permiten un transporte más eficiente (menos energía y emisiones por ton/kg) (Wadel et al., 2010), además un transporte adecuado reduce la cantidad de energía no renovable utilizada e incentiva el uso de materiales locales (Macías & García Navarro, 2010), puesto que cada material genera un impacto desde su primera fase, hasta el final de su vida útil (Lajara Gómez, 2012).

Una teoría de cuantificación del consumo energético en el proceso constructivo considera tres categorías de evaluación; **coste energético de la construcción** (naturaleza física y geometría adoptada); **energía incorporada en los materiales** (energía en los distintos procesos, desde la extracción, hasta su manufactura) (Woolley 1997) y **coste energético de las funciones constructivas** (propiedades físicas y geometría de cada componente) (Vázquez Espí, 2001).

Existen materiales de bajo impacto ambiental que se rigen bajo normativas internacionales como la ISO 14024, 14025, 14040 (ciclos de vida e impacto ambiental), además existe la clasificación de productos en tres tipos de eco-etiquetas, tipo I (producto con licencia para uso de etiquetas ecológicas), tipo II (autodeclaración), tipo III (productos con datos ambientales cuantificados utilizando parámetros predeterminados), regulado bajo la norma ISO 14040 del ACV y la ISO 14025, las cuales proporcionan información objetiva de los productos de la construcción, así como la información necesaria a las herramientas de evaluación medio ambiental para el cálculo del impacto de la energía contenida de los materiales. (Serrano et al., 2015).

Ante la presencia de elementos tóxicos en los materiales se debe reducir los problemas de calidad del aire interior e incentivar el uso de elementos que no pongan en riesgo la salud de los ocupantes del edificio resultante del proceso de construcción (Macías & García Navarro, 2010), los valores de medición para estos elementos tóxicos están enmarcados en la aplicación de la norma UNE-EN_13986_2006, en función del contenido de formaldehidos (Lajara Gómez, 2012).

La energía incorporada es un indicador del impacto asociados al uso de la energía primaria y representa un gasto energético expresado en MegaJoules (MJ), o en kilo Watt hora (kWh) (1kwh=3,6 MJ), los distintos gases emitidos se miden en kilogramos de emisiones de CO₂². (Argüello Méndez & Cuchi Burgos, 2008). Existen modelos metodológicos para cuantificar los impactos producidos por la industria de la construcción, como el ACV, que tomó importancia en los años 70' (Arena,

Carbono (CO₂), Monóxido de Carbono (CO), Metano (CH₄), Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Ozono (O₃), Dióxido de azufre (SO₂) y Clorofluorocarburos.

UNIVERSIDAD DE CUENCA

postdoctoral CONICET, & Cricyt, 1999). Adicionalmente existen herramientas informáticas de aplicación, como las bases de datos BEDEC (M. Mercader et al., 2012) que sirven como punto de referencia para nuevas investigaciones en base a variables locales. Dentro del proceso constructivo la madera utilizada debe provenir de bosques manejados sustentablemente, de preferencia de plantaciones forestales cuyos volúmenes sean mayores que lo de bosques nativos (NEC-2014), además debe estar alineados a los objetivos del Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017 (objetivo 7 y artículo 7.2).

En nuestro medio el hormigón armado es predominante, el uso de pórticos y placas se ha extendido debido al comportamiento más favorable desde el punto de vista de resistencia estructural (Fratelli 1993), en cuanto al impacto que generan este sistema en comparación al acero existen registros que indican que para producir un metro cúbico de hormigón premezclado se requieren 342.2 MJ de energía, lo que genera 25.8 kg/CO2 (Sanguinetti & Ortiz, 2014), en contraste al acero cuya producción mediante la ruta del proceso integrado (alto horno), es de aproximadamente 29 GJ (Giga Joule) por tonelada y mediante la producción en horno eléctrico de arco es de cerca de 10 GJ (Gervásio, 2009). Ante esta realidad se trabaja en el desarrollo tecnológico para la elaboración de nuevos elementos que puedan sustituir total o parcialmente el uso de ciertos materiales (Márquez, 2012).

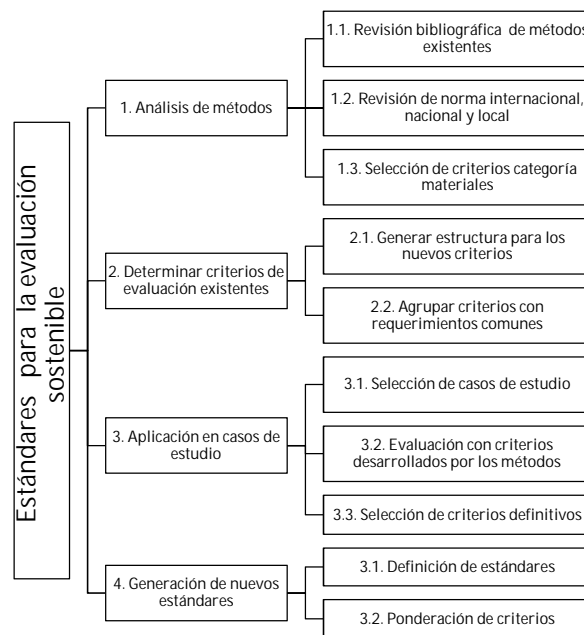
Todas las edificaciones deben diseñarse en función de la vida útil de los materiales (ISO 15686), incorporando el concepto de durabilidad para reducir los trabajos de mantenimiento correctivo y reparaciones (Moreno, 2011). Es importante que se planifique un correcto manejo de los RCD, con el fin de prevenir la contaminación ambiental y disminuir el impacto de la extracción de agregados (Castaño, Misle Rodríguez, Lasso, Gómez Cabrera, & Ocampo, 2013). Los principales escombros generados en las construcciones son residuos de concreto, asfalto, bloques, gravas, ladrillo, y tierra, representando éstos hasta un 50%. Otro 20% a 30% suele ser madera y afines, y el restante 20% a 30% de desperdicios son misceláneos, por lo que una adecuada planificación en el uso de materiales permite optimizarlos y reducir la cantidad RCD (Gómez Jáuregui, 2009). En la actualidad, se producen nuevos productos que incorporan materiales reciclados (pétreos, plásticos, madera, vidrio, papel, etc.), gestándose lo que se ha venido a denominar una nueva generación de eco-productos que mejoran la eficiencia y compromiso medioambiental (Marrero, Martínez-Escobar, Mercader, & Leiva, 2013). Adicionalmente tenemos la reutilización que implica tomar elementos de una construcción existente y utilizarlos en otra, en dicho material no deben realizarse procesos de transformación mayores a diferencia del reciclaje en donde se puede producir nuevos materiales o elementos, esta práctica resulta favorable en términos de sostenibilidad pues prolonga su vida útil (Rocha, 2011). Si bien

en ningún caso es posible la sustitución total de la actividad primaria por la secundaria o recicladora, cualquier iniciativa es un paso adelante hacia el desarrollo sostenible (Natalini, Klees, & Tirner, 2000).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para ésta investigación se usa una metodología con una estrategia de diseño multidimensional con enfoque cuantitativo, complementado con un enfoque de trabajo de campo (medición de variables y tipologías de las viviendas), encuestas con cuestionario estructurado y un enfoque crítico (la reflexión y valoración de la información)³. La premisa para el desarrollo de este estudio plantea que el no contar con estándares para una evaluación sostenible de los materiales, incide en un alto consumo energético, el objetivo y alcance del estudio es establecer estándares de evaluación sostenible de los materiales utilizados en el proceso de construcción, para lo cual se plantea cuatro etapas (ilustración 1):

Ilustración 1: Flujoograma de la investigación



Fuente: Elaboración propia.

1. Analizar la categoría materiales en los métodos de evaluación más relevantes y la tipología predominante de vivienda.

Se realiza un análisis y revisión bibliografía de los métodos de evaluación más importantes (LEED, VERDE, CASBEE, BREEAM, QUALITEL), de los cuales se selecciona la categoría materiales, se analizan cada uno de los criterios que lo componen (tabla 1) y se descartan aquellos que no aplican a nueva edificación.

³ Parte de ésta metodología se desprende del proyecto Matriz “Método de Certificación de la Construcción Sustentable de

Viviendas”, ganador del XIII Concurso Universitario de Proyectos de Investigación convocado por la Universidad de Cuenca.

Tabla 1. Criterios de evaluación analizados

Criterios de evaluación en la categoría materiales de los métodos de evaluación más importantes		
Método	Categoría	Criterios de evaluación
LEED	Materiales y recursos	Uso eficiente del material de enmarcado
		Productos con ventaja ambiental
		Gestión de residuos
VERDE-RESIDENCIAL OFICINAS	Energía y atmósfera	Uso de energía no renovable en los materiales de construcción
		Energía no renovable en el transporte de los materiales de construcción
	Recursos naturales	Planificación de una estrategia de demolición selectiva
		Gestión de los residuos de la construcción
		Impacto de los materiales de construcción distintos del consumo de energía
	Calidad del ambiente interior	Toxicidad en los materiales de acabado interior
VERDE - UNIFAMILIAR	Energía y atmósfera	Energía no renovable en el transporte de los materiales de construcción
		Uso de materiales durables
		Reutilización de materiales
		Uso de materiales reciclados
CASBEE	Recursos y materiales	Reducción de uso de materiales
		Continuar el uso de marcos estructurales existentes
		Uso de materiales reciclados como materiales del marco estructural
		Uso de materiales reciclados como materiales no estructurales
		Maderas de silvicultura sustentable
		Esfuerzos para mejorar la reutilización de componentes y materiales
		Uso de materiales sin sustancias perjudiciales
	Calidad de servicio	Vida útil de los componentes
BREEAM	Materiales	Conservación de fachadas
		Conservación de estructura
		Materiales de bajo impacto ambiental
		Aprovisionamiento responsable de materiales: Elementos básicos del edificio
		Aprovisionamiento responsable de materiales: Elementos básicos de acabado

Fuente: El autor. Los elementos resaltados no se incluyen en lo posterior, pues no aplican para nueva edificación.

Para determinar la tipología predominante se toman datos del INEC (imagen 3), los cuales se contrastan con los datos obtenidos en el trabajo de campo por parte del grupo Investigación “Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas de la Universidad de Cuenca”

2. Determinar los criterios e indicadores de sostenibilidad de los materiales empleados en la construcción de la vivienda unifamiliar.

Una vez seleccionados y analizados los criterios planteados por los métodos internacionales, se utiliza el método de estructura jerárquica por niveles, que va de lo general a lo específico (categorías, requerimientos, criterios, indicador y puntuación) (Molina, 2014), para desarrollar una primera estructura de nuevos criterios de evaluación, conformada de la siguiente manera (ilustración 2).

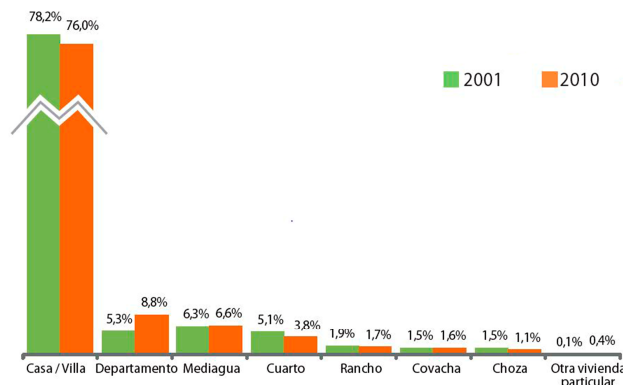


Imagen 3: Tipos de edificaciones en la ciudad de Cuenca.
Fuente: INEC 2010



UNIVERSIDAD DE CUENCA

2.1. Categoría: Materiales

2.2. Requerimientos: Se establecen los nuevos requerimientos, que están ordenados en función de su aplicación en el proceso constructivo:

1. Transporte (TP)
2. Declaración ambiental del material (DAM)
3. Eficiencia del material (EM)
4. Plan de gestión de residuos (GR)

2.3. Criterios: Dentro de cada requerimiento planteado, ubicamos los criterios de evaluación desarrollados por los métodos y los agrupamos de acuerdo al tipo de evaluación que realiza cada uno de éstos.

3. Aplicación de los criterios de evaluación en casos de estudio.

Establecida la estructura de los criterios, seleccionamos los casos de estudio para realizar la evaluación y obtener los datos que permitan generar los nuevos estándares.

3.1. Casos de estudio

Los casos de estudio que fueron analizados y evaluados cumplen con criterios de selección en función, a la tipología y sistema constructivo empleado y son los siguientes:

- Sistema constructivo: Hormigón armado
- Tipo de vivienda: Vivienda Unifamiliar
- Años de construcción: 2 años

Se tomaron 3 casos de estudio con las siguientes características:

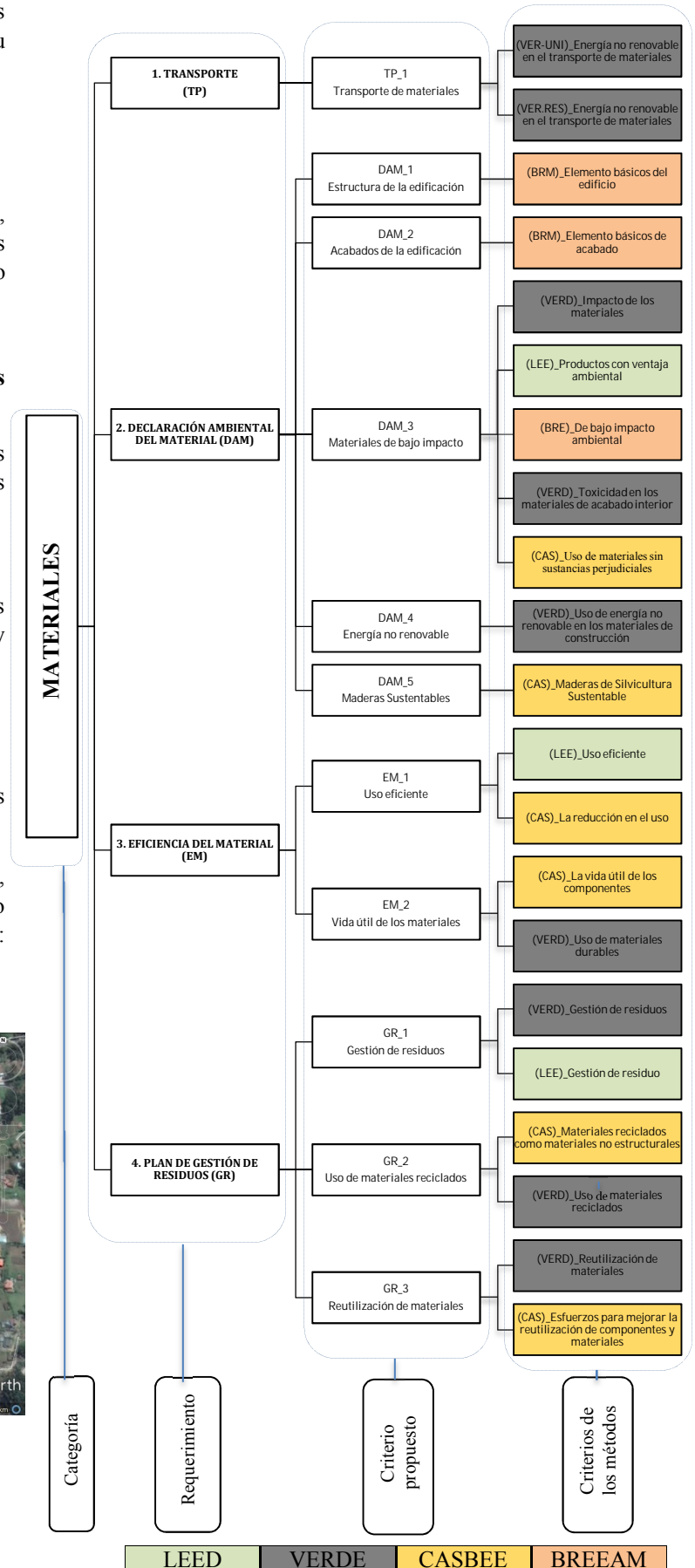
CASO 1: Vivienda unifamiliar, de implantación asilada, desarrollada en 1 planta, sistema constructivo mixto (hormigón armado y acero estructural), área de construcción: 260.00 m², se encuentra en proceso de construcción.



Imagen 4: Ubicación caso de estudio 1

Fuente: Google Earth

Ilustración 2: Primera estructura de criterios de evaluación



Fuente: El autor



Imagen 5: Caso de estudio 1
Fuente: Arq. Alex Serrano



Imagen 8: Caso de estudio 2
Fuente: El autor



Imagen 6: Caso de estudio 1
Fuente: Arq. Alex Serrano



Imagen 9: Caso de estudio 2
Fuente: El autor

CASO 2: Vivienda unifamiliar, con retiro frontal, posterior y lateral, desarrollado en 2 plantas, sistema constructivo de hormigón armado, área de construcción: 180.16 m², se encuentra en proceso de construcción.

CASO 3: Vivienda unifamiliar que forma parte de un conjunto habitacional, con retiro frontal y posterior, desarrollado en 2 plantas, sistema constructivo de hormigón armado, área de construcción: 145.93 m², se encuentra en proceso de construcción.



Imagen 7: Ubicación caso de estudio 2
Fuente: Google Earth

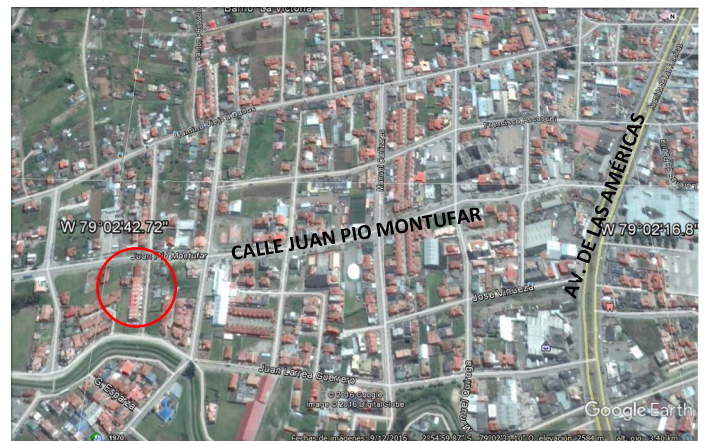


Imagen 10: Ubicación caso de estudio 3
Fuente: Google Earth

**Imagen 11:** Caso de estudio 3**Fuente:** El autor**Imagen 12:** Caso de estudio 3**Fuente:** El autor

Definidos los casos de estudio se aplican las siguientes variables y mediciones para el relevamiento de información.

- **Encuestas:** Una vez seleccionados los casos de estudio se aplicó una encuesta al profesional encargado de la construcción. Dicha encuesta está formada de 4 partes (requerimientos) con un total de 22 preguntas (criterios), éste instrumento tiene como finalidad conocer el grado de aplicación de los métodos de evaluación dentro del proceso constructivo (anexo 1).
- **Fichas de verificación de obra y toma de datos de vivienda,** entender las características generales, verificar los materiales empleados y tener una descripción de los elementos que conforman la misma (muros y estructura, losas y cubiertas, fachadas, tabiquería interiores) (anexo 2).
- **Ficha para evaluación de criterios:** Tiene como objeto registrar todos los criterios de evaluación que fueron aplicados en las viviendas así como los resultados de dicha evaluación (anexo 3).
- **Análisis de precios Unitarios:** Como parte fundamental del proceso de evaluación, se deben

generar los APU's correspondientes a cada vivienda con la finalidad de conocer la incidencia de cada rubro y material dentro de la totalidad del proyecto. Estos análisis deben dar importancia al componente de materiales, pudiendo dejar de lado el componente de equipo, herramienta y mano de obra (anexo 4).

Lugar y periodo: La investigación se desarrolló en la ciudad de Cuenca, los casos de estudio se encuentran dentro de la zona Urbana de ciudad y los datos fueron recolectados durante 60 días, entre 10-05-2016 y 10-07-2016.

Tamaño de la muestra: La muestra tomada para la evaluación es no probabilística.

Desarrollada la evaluación a los casos de estudio, se tabula toda la información generada. Con estos datos se puede determinar los criterios de evaluación definitivos, adicionalmente se toma como referencia los juicios de selección establecidos por (Molina, 2014) (tabla 2), que permiten descartar aquellos criterios que no son aplicables por la incidencia que tienen las variables locales.

Tabla 2. Juicios de valor para selección de criterios

1. El criterio de evaluación es compatible con las características que poseen las viviendas
2. El criterio de evaluación contribuye a superar los problemas existentes en las viviendas
3. El método para evaluar fue factible de aplicar
4. Los niveles de exigencia están en línea con las condiciones locales
5. El tipo de evaluación que se realiza es en base a desempeños
6. El criterio de evaluación contribuye a mejorar el confort de las viviendas

Fuente: El autor

Con los antecedentes determinados por la primera estructura jerárquica, la evaluación de los casos de estudio y los juicios de selección, podemos determinar aquellos criterios que son aplicables a la realidad local (Cuenca) y que permitan realizar en lo posterior, la evaluación de una vivienda en la categoría de materiales. Por lo tanto la estructura definitiva de criterios de evaluación queda conformada por una categoría, 4 requerimientos y 8 criterios (ilustración 3).

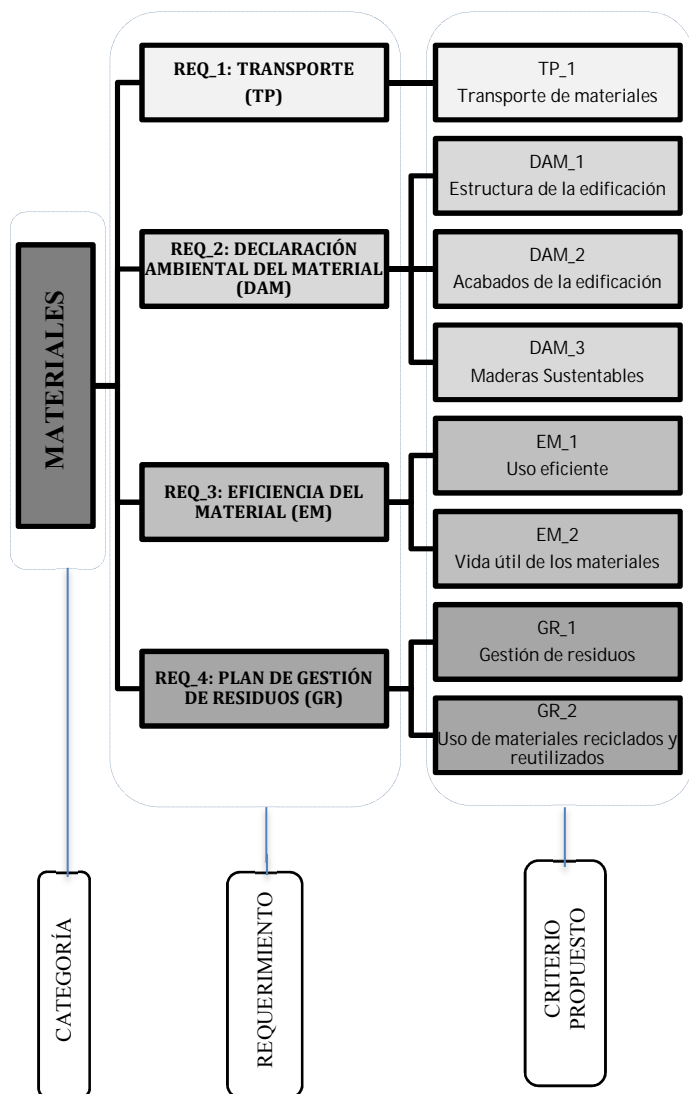
4. Generación de Estándares de evaluación sostenible en el proceso de construcción de la vivienda.

Con los criterios de evaluación definidos, se establecen indicadores y estándares de cada uno en base a los resultados de la evaluación, a los casos de estudios analizados, a los estándares planteados por los métodos de evaluación y las normativas locales e internacionales existentes. Cada uno de los criterios definidos tiene un indicador (unidad) (tabla 3) y niveles de referencia con una puntuación cuantitativa que representa el desempeño de la edificación en dicho criterio, los niveles y puntuación a emplear son los siguientes (Molina, 2014):

UNIVERSIDAD DE CUENCA

- **Práctica estándar:** 1 punto
- **Práctica mejor (MP):** 3 puntos
- **Práctica superior (P/S):** 5 puntos

Ilustración 3: Propuesta de estructura jerárquica para la evaluación de los materiales en la ciudad de Cuenca



Fuente: El autor

Tabla 3. Indicadores de los criterios planteados

Criterio	Indicador
TP_1	Porcentaje de material local
DAM_1	Porcentaje de materiales adquiridos de forma responsable
DAM_2	Porcentaje de materiales adquiridos de forma responsable
DAM_3	Porcentaje de madera gestionada de forma sustentable
EM_1	Porcentaje de desperdicio
EM_2	Porcentaje de materiales durables
GR_1	Porcentaje de residuos
GR_2	Porcentaje de materiales reciclado y reutilizados

Fuente: El autor

Determinados los criterios, indicadores y estándares, corresponde establecer la incidencia que tiene cada uno dentro de toda la categoría, por lo que se realiza una ponderación en base al criterio de 30 expertos a quienes se consultó sobre este tema. Para generar esta ponderación se utiliza un análisis de selección multicriterio, es decir un Proceso de Análisis Jerárquico (AHP).

Análisis Estadístico

Para la ponderación de los criterios de evaluación se aplica el AHP, desarrollado por Thomas L. Saaty, que es una herramienta de base matemática que permite estructurar un problema multicriterio en forma visual y construir un modelo jerárquico con el grado de incidencia que tiene cada criterio (Martínez Izquierdo, Alvarez Alonso, Arquero Hidalgo, & Romero, 2010). Para el desarrollo de este análisis se plantea el uso de matrices de comparación pareada que relacionan tanto los requerimientos como los criterios de evaluación, dichas matrices serán aplicadas a 30 profesionales expertos en el tema que ha sido escogido en base los siguientes criterios:

- Arquitectos y/o ingenieros civiles con experiencia en construcción.
- Arquitectos y/o ingenieros con conocimientos en materia de sostenibilidad.

Para el análisis comparativo se emplean los siguientes valores de referencia (tabla 4):

Valor	Referencia
1	Igual importancia
3	Moderadamente más importante un elemento que otro
5	Fuertemente más importante un elemento que otro
7	Mucho más fuerte la importancia de un elemento que otro
9	Importancia extrema de un elemento frente al otro
2-4-6-8	A utilizarse en valores intermedios

Tabla 4. Escala de valoración.

Fuente: El autor

III. RESULTADOS

1. Casos de estudio

Seleccionado los casos de estudio y determinada la estructura de criterios (ilustración 2) se realiza la evaluación correspondiente y la aplicación de los mismos. Para interpretar los resultados se debe considerar términos como: C (cumple con el estándar), N/C (no cumple con el estándar), N/A (no aplica el criterio) y la siguiente estructura:

- Identificación del método al cual pertenece el criterio.
- Identificación del estándar solicitado por el método.
- Nivel de cumplimiento (prácticas estándar (C), mejores prácticas (MP) y superiores prácticas (P/S))(Molina, 2014)

Los resultados se estructuran en 4 grupos de acuerdo a cada requerimiento (anexo 5: Tabla resumen de resultados).



UNIVERSIDAD DE CUENCA

1. Transporte (TP)

Caso	C1	C2	C3
TP 1: Transporte de materiales			
Criterio: Energía no renovable en el transporte de materiales de construcción (VERDE-UNIFAMILIAR)			
Nivel de cumplimiento	N/C	N/C	N/C
Estándar del método	Porcentaje de materiales locales $\geq 60\%$		
Criterio: Energía no renovable en el transporte de los materiales de construcción (VERDE-RESIDENCIAL)			
Nivel de cumplimiento	N/A	N/A	N/A
Estándar del método	Porcentaje de materiales locales $\geq 30\%$		
Este criterio N/A pues no existe acceso a base de datos BEDEC			

Tabla 5. Evaluación con criterios de transporte.

Fuente: El autor

2. Declaración ambiental del material (DAM)

Caso	C1	C2	C3
DAM 1: Estructura de la edificación			
Criterio: Aprovechamiento responsable de materiales. Elementos de estructura del edificio (BREEAM)			
Nivel de cumplimiento	N/C	N/C	N/C
Estándar del método	4 de 6 elementos del edificio cumplen con un 80% de materiales adquiridos de forma responsable		
DAM 2: Acabados de la edificación			
Criterio: Aprovechamiento responsable de materiales. Elementos básicos de acabado (BREEAM)			
Nivel de cumplimiento	N/C	N/C	N/C
Estándar del método	4 de 6 elementos del edificio cumplen con un 80% de materiales adquiridos de forma responsable		
DAM 3: Materiales de bajo impacto			
Criterio: Impacto de los materiales de construcción distintos del consumo de energía (VERDE)			
Nivel de cumplimiento	N/A	N/A	N/A
Estándar del método	Impactos generados por el edificio de referencia		
Criterio: Productos con ventaja ambiental (LEED)			
Nivel de cumplimiento	N/C	N/C	N/C
Estándar del método	0.5 puntos por cada componente de un máximo de 8 y cumplimiento de criterio a		
Criterio: Materiales de bajo impacto ambiental (BREEAM)			
Nivel de cumplimiento	N/C	N/C	N/C
Estándar del método	Dos de los componentes de la construcción cuentan con el 80% de eco etiquetas tipo II		
Criterio: Toxicidad en los materiales de acabado interior (VERDE)			
Nivel de cumplimiento	N/A	N/A	N/A
Estándar del método	El 100% de los adhesivos y sellantes deben respetar los límites de COVs indicados en Emicode EC1		
Criterio: Uso de Materiales sin sustancias perjudiciales (CASBEE)			
Nivel de cumplimiento	N/A	N/A	N/A

TÍTULO: Estándares para una evaluación sostenible de los materiales utilizados en el proceso de construcción de la vivienda unifamiliar de la ciudad de Cuenca

Estándar del método	Materiales de construcción sin sustancias especificadas		
DAM 4: Energía no renovable			
Criterio: Uso de energía no renovable en los materiales de construcción (VERDE)			
Nivel de cumplimiento	MP	MP	MP
Estándar del método	MJ consumidos por el edificio de Referencia		
DAM 5: Maderas Sustentables			
Criterio: Madera de Silvicultura Sustentable (CASBEE)			
Nivel de cumplimiento	P/S	P/S	P/S
Estándar del método	Proporción de madera utilizada gestionada de forma sostenible=10%		

Tabla 6. Evaluación con criterio de declaración ambiental

Fuente: El autor.

3. EFICIENCIA DEL MATERIAL (EM)

Caso	C1	C2	C3
EM 1: Uso eficiente			
Criterio: Uso eficiente del material de envolvente (LEED)			
Nivel de cumplimiento	C	C	C
Estándar del método	Factor de desperdicio: 10%		
Criterio: Reducción en el uso de materiales (CASBEE)			
Nivel de cumplimiento	C	C	C
Estándar del método	Estructura Principal: Concreto y acero de refuerzo (unidad: N / mm ²). 1 Punto: F ^c = 36 o más, pero menos de 60 y acero = 390 o más		
EM 2: Vida útil de los materiales			
Criterio: Vida útil de los componentes (CASBEE)			
Nivel de cumplimiento			
Estructura	C	C	C
Acabados interiores	M/P	M/P	M/P
Acabados exteriores	M/P	M/P	M/P
Estándar del método	Estructura < 50 años	Acabados interiores < 5 años	Acabados exteriores < 10 años
Criterio: Uso de materiales durables (VERDE)			
Nivel de cumplimiento	M/P	N/C	N/C
Estándar del método	Porcentaje de materiales durables $\geq 10\%$		

Tabla 7. Evaluación con criterios de eficiencia del material.

Fuente: El autor.

4. PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS

Caso	C1	C2	C3
GR 1: Gestión de residuos			
Criterio: Gestión de los residuos de la construcción (VERDE)			
Nivel de cumplimiento	N/A	N/A	N/A
Estándar del método	Reducción del 0% de los residuos de la construcción.		
Criterio: Gestión de residuos (LEED)			
Nivel de cumplimiento	N/C	N/C	N/C
Estándar del método	Porcentaje de residuos, en base a cumplimiento de requisitos		

AUTOR: SERGIO EDUARDO CARAGUAY SATAMA



GR 2: Uso de materiales reciclados			
Criterio: Evaluar el uso de materiales reciclados en aplicaciones no estructurales (CASBEE)			
Nivel de cumplimiento	N/C	N/C	N/C
Estándar del método	Un material utilizados para una aplicación no estructural (De acuerdo a tabla del método)		
Criterio: Uso de materiales reciclados (VERDE)			
Nivel de cumplimiento	N/C	N/C	N/C
Estándar del método	Porcentaje de materiales reciclados $\geq 10\%$		
GR 3: Reutilización de materiales			
Criterio: Reutilización de materiales (VERDE)			
Nivel de cumplimiento	N/C	N/C	N/C
Estándar del método	Porcentaje de materiales reutilizados $\geq 10\%$		
Criterio: Uso de materiales reciclados (CASBEE)			
Nivel de cumplimiento	N/C	N/C	N/C
Estándar del método	La estructura de los materiales de acabado se puede separar fácilmente.		

Tabla 8. Evaluación con criterios de gestión de residuos.

Fuente: El autor.

2. Selección de criterios

Con la evaluación realizada, corresponde seleccionar aquellos criterios que sean aplicables a las condiciones locales, por lo cual se empleó una estrategia que identifique los puntos de convergencia en los diferentes temas en base a 6 juicios de selección (Molina, 2014). Los criterios de evaluación son sometidos a estos juicios con lo cual se determina que no todos son compatibles con la realidad local en su aplicación (tabla 9), para poder seleccionar un criterio, éste debe cumplir con 4 de 6 juicios.

Tabla 9. Juicios de selección

Criterios de evaluación	Juicios					
	1	2	3	4	5	6
Energía no renovable en el transporte de materiales (VER-UNI)	■	■	■			■
Energía no renovable en el transporte de materiales (VER.RES)	■	■				■
Aprovisionamiento responsable de materiales. Elementos básicos del edificio	■	■	■			■
Aprovisionamiento responsable de materiales. Elementos básicos de acabado	■	■	■			■
Impacto de los materiales de construcción distintos del consumo de energía	■	■				■
Productos con ventaja ambiental		■				■
Materiales de bajo impacto ambiental	■	■	■			■
Toxicidad en los materiales de acabado interior	■	■	■			■
El uso de materiales sin sustancias perjudiciales		■				■

Uso de energía no renovable en los materiales de construcción	■	■	■		■
Maderas de silvicultura Sustentable	■	■	■	■	■
Uso eficiente del material de Enmarcado	■	■	■	■	■
La reducción de uso de materiales	■	■	■		■
La vida útil de los componentes	■	■	■		■
Uso de materiales durables	■	■	■		■
Gestión de los residuos de la construcción	■	■			■
Gestión de residuos	■	■	■		■
El uso de materiales reciclados como materiales no estructurales	■	■			■
Uso de materiales reciclados	■	■	■		■
Reutilización de materiales	■	■	■		■
Esfuerzos para mejorar la reutilización de componentes y materiales	■	■			■

Fuente: El autor

3. Estructura jerárquica de criterios de evaluación

Con estos criterios definitivos, corresponde determinar la incidencia porcentual que tiene cada requerimiento dentro de la categoría, así como la incidencia de cada criterio dentro de su requerimiento, para esto se muestran los resultados de la aplicación de las matrices de comparación del modelo de análisis jerárquico (AHP). Dentro de este proceso se realizaron 5 análisis comparativos con 30 matrices por cada análisis.

- Entre requerimientos, matriz 4x4 (tabla 10)
- Entre criterios de requerimiento 1, matriz 1x1 (tabla 11); requerimiento 2, matriz 3x3 (tabla 12); requerimiento 3, matriz 2x2 (tabla 13); requerimiento 4, matriz 2x2 (tabla 14).

Para la ponderación se tomó aquellas que presentan índices de consistencia menores al 10% por lo tanto, se descartan aquellas con inconsistencias y se realizó la ponderación respectiva tomando 20 matrices (tabla 15).

Las tablas que a continuación se muestran indican la forma en que realizaron las matrices de comparación, para cada caso se muestra únicamente los datos consultados al experto nro. 1. Existe una excepción en el análisis para los criterios de REQ_1, pues al tratarse de un solo elemento, éste constituye la totalidad de la incidencia del criterio.

Tabla 10. Ejemplo de matriz de requerimientos

REQUERIMIENTOS	REQ 1	REQ 2	REQ 3	REQ 4
REQ_1	1	7/1	7/1	7/1
REQ_2	1/7	1	2/1	2/1
REQ_3	1/7	1/2	1	3/1
REQ_4	1/7	1/2	1/3	1

Fuente: El autor

Tabla 11. Ejemplo de matriz de criterios de REQ_1

TRANSPORTE	TP_1
TP_1	1

Fuente: El autor



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Tabla 12. Ejemplo de matriz de criterios de REQ_2

DECLARACIÓN AMBIENTAL DEL MATERIAL	DAM_1	DAM_2	DAM_3
DAM_1	1	7/1	7/1
DAM_2	1/7	1	2/1
DAM_3	1/7	1/2	1

Fuente: El autor

Tabla 13. Ejemplo de matriz de criterios de REQ_3

EFICIENCIA DEL MATERIAL	EM_1	EM_2
EM_1	1	9/1
EM_2	1/9	1

Fuente: El autor

Tabla 14. Ejemplo de matriz de criterios de REQ_4

PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS	GR_1	GR_2
GR_1	1	5/1
GR_2	1/5	1

Fuente: El autor

La ponderación de los criterios de evaluación está formada por 3 valores, ponderación primaria que constituye el peso porcentual de los requerimientos respecto a la categoría; ponderación secundaria que representa la incidencia de cada criterio dentro de su requerimiento, y la ponderación final muestra el peso de cada criterio con respecto de toda la categoría.

Tabla 15. Ponderación de criterios requerimientos y criterios

REQUERIMIENTO	PONDERACIÓN PRIMARIA	CRITERIOS	PONDERACIÓN SECUNDARIA	PONDERACIÓN FINAL
REQ_1	13.60%	TP_1	100.00%	13.60 %
REQ_2	23.30%	DAM_1	48.60%	11.32 %
		DAM_2	21.00%	4.90 %
		DAM_3	30.40%	7.08 %
REQ_3	28.70%	EM_1	54.50%	15.65 %
		EM_2	45.50%	13.05 %
REQ_4	34.40%	GR_1	50.50%	17.38 %
		GR_2	49.50%	17.02 %

Fuente: El autor

IV. DISCUSIÓN

Con base en la revisión bibliográfica, la aplicación y selección de los criterios de evaluación, corresponde generar los estándares correspondientes que se fundamentan en el análisis de todo el proceso de la investigación. Adicionalmente con estos estándares se puede generar valores de buenas y mejores prácticas.

1. Transporte_(TP)

Existe un marco normativo local que determina el uso de materiales cuyo lugar de fabricación no sea mayor a un radio de 100 km, considerando siempre su valor material y cultural. El método VERDE_UNIFAMILIAR, establece que los materiales

de producción local son aquellos producidos en un radio de 200 km del emplazamiento de la obra, y cuyo porcentaje de materiales locales debe ser $\geq 60\%$ del total de los materiales. En la evaluación se tomó el estándar del método, el radio de acción de la norma local (100 km), no se incluyen componentes mecánicos, eléctricos o de fontanería, sino, únicamente materiales instalados permanentemente en la vivienda (cubierta, estructuras, fachada, particiones interiores y acabados interiores) y en ningún caso se alcanzó el estándar, aunque sus valores estuvieron cerca de éste. Adicionalmente se destaca la no consideración del criterio descrito por VERDE_RESIDENCIAL pues no se cuenta con una base local de datos para conocer el impacto ambiental y el porcentaje en peso de los materiales (ITEC, Base de datos BEDEC).

2. Declaración ambiental del material (DAM)

• DAM_1: Estructura de la edificación

En el medio no existe un marco normativo relacionado con el aprovisionamiento de materiales, únicamente BREEAM evalúa este criterio e indica que para alcanzar el estándar, el 80% de los materiales de al menos 4 de 6 elementos (estructura, cubierta, fachadas, particiones interiores, cimientos, carpintería exterior), han sido adquiridos de forma responsable, los cuales exhiben certificación de calidad y procedencia en eco-etiqueta. En la evaluación, ningún caso cumple con el estándar, pues a pesar de que algunas categorías llegan al 80%, no se consigue el número mínimo de elementos requeridos (C1=1 de 6; C2= 2 de 6; C3= 3 de 6). Para generar el nuevo estándar, de los elementos descritos se agrupan aquellos que son comunes como la estructura y los cimientos.

• DAM_2: Acabados de la edificación

En el medio no existe un marco normativo relacionado con el aprovisionamiento de materiales, únicamente BREEAM evalúa este criterio e indica que para alcanzar el estándar, el 80% de los materiales de al menos 4 de 6 elementos (escalera, carpintería interior, revestimientos horizontales, revestimientos verticales, muebles, cualquier otro uso significativo) y que para alcanzar prácticas mejores y superiores el 80% de los materiales evaluados entre 5 de 6 categorías y entre 6 de 6 categorías respectivamente, debe ser adquirido de forma responsable. En la evaluación, ningún caso cumple con el estándar, pues a pesar de que algunas categorías llegan al 80%, no se consigue el número mínimo de elementos requeridos (C1=1 de 6; C2= 1 de 6; C3= 0 de 6). Para determinar el nuevo estándar, de los elementos descritos se agrupan aquellos que son comunes como los revestimientos horizontales y verticales.

• DAM_3: Materiales de bajo impacto

En la normativa local se menciona los materiales de bajo impacto como “materiales de baja toxicidad” pero no se especifica un estándar que deba cumplirse. Ante esto los métodos internacionales si establecen características que deben cumplir las edificaciones. VERDE, propone reducir los impactos asociados a la producción de los materiales mediante la elección de materiales con bajos impactos recurriendo a la base de datos BEDEB del ITEC, considerando como una práctica habitual el porcentaje de los impactos del edificio de referencia y las mejores prácticas en una reducción en un 20% de los impactos de dicha referencia. Adicionalmente se maneja el criterio de toxicidad en los materiales de acabado interior considerando que el 100% de



los adhesivos y sellantes deben respetar los límites de COVs. LEED también evalúa este punto y plantea un estándar en base al cumplimiento específico de productos con ventaja ambiental, niveles de emisiones y producción local en un radio de 804.67 Km. Para la evaluación el radio de acción se cambia por el descrito en la norma local (100 Km).

BREEAM, reconoce y fomenta el uso de materiales de construcción con un bajo impacto ambiental sobre el ciclo de vida completo del edificio, para lo cual emplea eco-etiquetas y análisis de ciclo de vida y establece un estándar en el que al menos 2 de 7 componentes (cubierta, fachadas, particiones interiores, estructuras, ventanas, aislamientos, urbanización y cierres) cuentan con el 80% de eco-etiquetas tipo II, considerando adicionalmente para prácticas mejores y superiores, eco-etiqueta tipo 1 y 3 así como un ACV. CASBEE evalúa el uso de materiales sin sustancias perjudiciales, y plantea un estándar de que al menos de 1 a 3 materiales de construcción hayan sido evaluados y no presenten sustancias peligrosas especificadas en el reglamento de ley.

En los casos de estudio, el criterio de materiales de bajo impacto, no es posible aplicar pues no se cuenta con una base de datos local de impactos y porcentaje en peso de los materiales. Para el criterio de toxicidad en los materiales, ningún caso cumplen con el estándar. Con LEED al igual que con el método anterior, ningún caso cumple con el estándar. Con el método BREEAM ninguna de los casos cumple con el estándar y no se consiguen el número mínimo de componentes requeridos. Cabe destacar, que en ninguno de los casos se observó que los materiales tengan eco-etiquetas tipo I o III así como un análisis de ciclo de vida, únicamente se encontró la presencia de eco-etiquetas tipo II (auto-declaración). Para el método CASBEE, no se pudo evaluar puesto que no se cuenta con una legislación ambiental que se pueda aplicar.

- **DAM_4: Energía no renovable**

Localmente se aborda este tema como “materiales naturales renovables”, pero no se especifica un estándar que deba cumplirse. Ante esto VERDE, evalúa los MJ de energía incorporada a los materiales de construcción, y considera como una práctica habitual los megajoules (mj) consumidos por el edificio de referencia y las mejores prácticas están en función de una reducción en un 20% del edificio de referencia. En la evaluación se determinó que todos los casos cumplen con prácticas mejores, pero se debe aclarar este análisis toma como referencia valores de otros trabajos de investigación desarrollados en nuestra región (Muñoz, Zaror, Saelzer, & Cuchi, 2012), y se aplica a determinados elementos de la edificación (M. Mercader et al., 2012).

- **DAM_5: Maderas Sustentables**

En nuestro medio la normativa hace referencia a un control en cuanto al uso y procedencia de la madera mas no a un valor estándar que deba cumplirse. CASBEE si evalúa la proporción en porcentaje de madera de silvicultura responsable que es utilizado en la edificación y establece un estándar del 10 % del volumen total de la madera que debe ser procedente de bosques gestionados de forma sostenible. En los casos de estudio se determinó todos cumplen con prácticas superiores.

3. EFICIENCIA DEL MATERIAL_(EM)

- **EM_1: Uso eficiente**

La norma local define el uso eficiente como un proceso de construcción desmontable, pero así mismo existe un estándar definido, por lo que métodos como el LEED, evalúa el porcentaje de desperdicio generado estableciendo un estándar no mayor al 10%. CASBEE evalúa el sistema constructivo empleado definiendo una práctica estándar cuando se emplea el concreto y acero como sistema constructivo. En la aplicación de los criterios tanto para LEED como para CASBEE, los casos de estudio alcanzaron el estándar establecido, pues emplean dicho sistema constructivo y se optimizar, reciclan y reutilizan los materiales.

- **EM_2: Vida útil de los materiales**

En la normativa local, se prevé el uso de “Materiales de alta tecnología eficientes en el ahorro de energía” sin un valor estándar establecido. Por lo cual CASBEE, evalúa este punto y se enfoca en 3 elementos: vida útil de los materiales estructurales, acabados exteriores, y acabados interiores. VERDE evalúa el uso de materiales durables, con un estándar de uso de dichos materiales mayor o igual al 10 %. En la evaluación de los casos, CASBEE determinó que la estructura se cumple con el estándar, los acabados interiores cumple con prácticas mejores, mientras que los acabados exteriores cumple con prácticas mejores. Con VERDE solo C1 cumple con prácticas mejores, debido a la calidad de los materiales empleados.

4. Plan de gestión de residuos_(GR)

- **GR_1: Gestión de residuos**

No existe una normativa local respecto a este punto sin embargo, los métodos internacionales establecen características que deben cumplir las edificaciones. VERDE si considera la gestión de residuos de la edificación y evalúa los residuos no peligrosos generados. LEED, analiza el porcentaje de residuos generados y la cantidad que es desviada a escombreras con la finalidad de procesarlos, el estándar que se maneja es la generación de 1.13 kg/m². En la evaluación de los casos, con VERDE no aplica pues no existe una base de datos que registre los residuos no peligrosos de los materiales locales, con LEED ninguno de los casos cumple con el estándar, ya que no fue posible determinar el peso de los mismos. Para la determinación de un nuevo estándar se toma este valor referencia para el porcentaje de desechos generados y transportados mas no para la transformación de los mismos debido a que en la localidad no se realiza esta actividad.

- **GR_2: Uso de materiales reciclados**

La norma local hace referencia al uso de materiales reciclados en base a la aplicación de normas INEN, pero sin indicar un valor estándar de referencia por lo cual CASBEE, evalúa la cantidad de materiales reciclados y el número de aplicaciones no estructurales desarrolladas en base a estos, el estándar indica que se debe utilizar un material reciclado para desarrollar una aplicación no estructural (De acuerdo a tabla del método). VERDE plantea el uso de materiales reciclado con un valor de 10%. En la evaluación, con CASBEE se determinó que ninguna cumple el estándar, puesto que aunque se desarrolló una aplicación no estructural, ésta no se encuentra dentro del listado que presenta el método. Con VERDE, ninguno de los casos cumple el estándar.



GR_3: Reutilización de materiales

No existe un marco normativo para la reutilización, sin embargo, VERDE describe la reutilización de materiales considerando un estándar de 10% de materiales reutilizados. CASBEE analiza los esfuerzos para mejorar la reutilización de componentes y materiales y establece una serie de puntos que deben cumplirse, y cuyo estándar se da cuanto la estructura y los materiales de acabado pueden separarse facialmente. En la evaluación, tanto con VERDE y CASBEE, ningún caso cumplió con el estándar. Tanto en reciclaje como en reutilización ningún caso cumplió con el estándar por lo cual se plantea unir estos 2 criterios en uno para de esta manera poder llegar al estándar que se plantea.

En lo referente a la parte estadística, el estudio a expertos mostró que la mayor incidencia dentro de la categoría materiales la tiene el requerimiento 4 con un 35.80%, le sigue el requerimiento 3 con 27.90%, éstos requerimientos son los más representativos; a éstos le siguen los requerimientos 2 y 1 con porcentajes de 23.50% y 12.80% respectivamente. Estas ponderaciones determinan que dentro del proceso constructivo los procesos de gestión de residuos y eficiencia del material son los más importantes.

Con este análisis los estándares quedan definidos de la siguiente manera (tabla 17). Adicionalmente con la generación de estos valores (estándares, buenas y mejores prácticas), se realiza una nueva evaluación a un caso de estudio aleatorio (C1) para verificar el nivel de cumplimiento con los nuevos criterios y estándares planteados (tabla 16).

Tabla 16. Evaluación con nuevos criterios

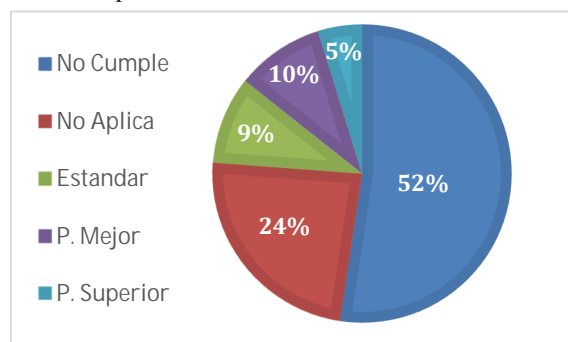
Criterio	Resultados		Cumplimiento
TP_1	48.15%		NC
DAM_1	Estructura	74.96%	N/C
	Cubierta	0.00%	
	Fachadas	0.00%	
	Particiones Interiores	33.57%	
	Carpintería exterior	89.08%	
DAM_2	Escaleras	48.45%	N/C
	Carpintería Interior	52.00%	
	Revestimientos	71.81%	
	Muebles	50.18%	
	Otro uso significativo	4.86%	
DAM_3	99.06%		N/C
EM_1	Desperdicio	6.40%	CUMPLE
EM_2	Materiales durable	9.68%	N/C
	Acabados interiores	13.41	
	Acabados exteriores	17.5	
GR_1	Residuos Generados	6.62%	CUMPLE
	Residuos desviados	100%	
GR_2	Plan de manejo	no	N/C
	Material reciclado	5.69%	
	Material Reutilizado	2.31%	

Fuente: El autor

Hallazgos principales

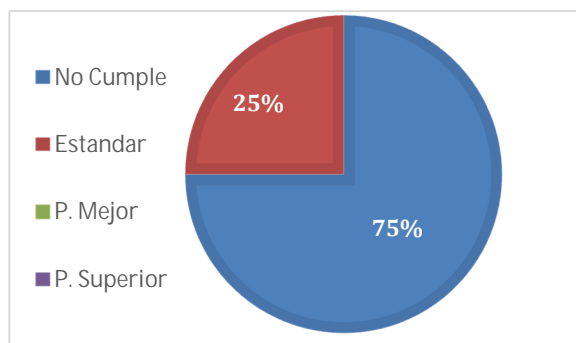
La investigación verifica la hipótesis propuesta pues existe un muy bajo porcentaje de cumplimiento en los estándares planteados por criterios de evaluación, lo que se traduce en un alto consumo energético y de recursos, ya que con la primera estructura propuesta, 5 de 21 criterios de evaluación son aplicables (gráfico 1), mientras que con la estructura definitiva de criterios y estándares, 2 de 8 criterios son aplicables y cumplen con el estándar definido para la ciudad de Cuenca (gráfico 2).

Gráfico 1: Incidencia de criterios de evaluación en casos de estudio con primera estructura.



Fuente: El autor

Gráfico 2: Incidencia de criterios de evaluación en C1 con estructura definitiva



Fuente: El autor

Además, se determinó los estándares, prácticas mejores y prácticas superiores, para los criterios de evaluación de la vivienda unifamiliar en la categoría de materiales con lo cual al relacionarse con otras categorías se estructura un método de evaluación. Con todo el proceso desarrollado se confirma la hipótesis del estudio y se alcanzaron los 4 objetivos propuestos en cada etapa de la metodología.

Limitaciones: Algunos criterios (variables) no se pudieron aplicar por la falta de información en algunos elementos así como el acceso a bases de datos internacionales en donde se puede obtener información de energía contenida, residuos no peligrosos, etc.



Tabla 17: Estándares para criterios de evaluación

Criterio	Nivel de referencia	Exigencia	Puntuación
TP_1	Práctica Estándar	Porcentaje de material local debe ser $\geq 60\%$	1
	Práctica Mejor	Porcentaje de material local debe ser $\geq 80\%$	3
DAM_1	Práctica Estándar	Si las pruebas aportadas demuestran que al menos 3 de los elementos del edificio cumplen con un 80% de los materiales adquiridos de forma responsable	1
	Práctica Mejor	Demostrar que 4 de los elementos del edificio cumplen con un 80% de los materiales adquiridos de forma responsable	3
	Práctica Superior	Si las pruebas aportadas demuestran que todos los elementos del edificio cumplen con un 80% de los materiales adquiridos de forma responsable	5
DAM_2	Práctica Estándar	Si las pruebas aportadas demuestran que al menos 3 de los elementos del edificio cumplen con un 80% de los materiales adquiridos de forma responsable	1
	Práctica Mejor	Si las pruebas aportadas demuestran que al menos 4 de los elementos del edificio cumplen con un 80% de los materiales adquiridos de forma responsable	3
	Práctica Superior	Si las pruebas aportadas demuestran que todos los elementos del edificio cumplen con un 80% de los materiales adquiridos de forma responsable	5
DAM_3	Práctica Estándar	Si el cálculo arroja un valor de 100% de madera gestionada de forma sustentable	1
	Práctica Mejor	100% de madera gestionada de forma sustentable y adicionalmente demostrar un plan de manejo responsable de la madera dentro del proceso constructivo	3
EM_1	Práctica Estándar	Si el cálculo arroja un valor no mayor a 10% de desperdicio generado	1
	Práctica Mejor	Si el cálculo arroja un valor no mayor a 10 % y se cumple al menos 2 de los 3 puntos descritos	3
EM_2	Práctica Estándar	Uso de 10% de materiales durables	1
	Práctica Mejor	Uso de 20% de materiales durables	3
	Práctica Superior	Uso de 20% de materiales durables y demostrar que la vida útil de los materiales de acabado interiores y exteriores esté dentro de los rangos descritos. Estructura hasta 50 años; acabados interiores mínimo 10 años de vida útil; acabados exteriores mínimo 5 años de vida útil	5
GR_1	Práctica Estándar	100 % de los residuos generados sean desviados a escombreras autorizadas	1
	Práctica Mejor	100 % de los residuos generados sean desviados a escombreras autorizadas y demostrar que se cuenta plan de manejo de los desechos de la construcción	3
GR_2	Práctica Estándar	Tener un plan de manejo de materiales reciclados y/o reutilizados	1
	Práctica Mejor	10% de material reciclado y/o reutilizado	3
	Práctica Superior	10% de material reciclado y/o reutilizado y una aplicación no estructural desarrollada	5

Fuente: El autor

Potencialidades: Este proceso de investigación emplea una metodología que puede servir como base para futuro desarrollo de nuevos estándares en otras categorías u otras localidades. Incorpora una estructura para la toma de datos de los casos de estudio, además se constituye en una base para la evaluación de las viviendas en la categoría de materiales.

Comparación con otros estudios: Los hallazgos de esta investigación contribuyen a la comunidad científica, pues con base en la estructura jerárquica planteada por (Molina, 2014), se desarrollaron los estándares de valuación y se generó todo el componente de la categoría de materiales como parte de un futuro método de evaluación.

V. CONCLUSIONES

- Los criterios y estándares planteados, ayudan directamente a mejorar los procesos constructivos desde 4 puntos importantes, el transporte, la calidad del material, la optimización en el uso y el manejo de sus residuos.
- La evaluación de las viviendas demostró que si bien existen industrias locales de producción de materiales, no se encuentran dentro de los rangos necesarios, por lo que es conveniente mejorar los procesos de abastecimientos y mejorar la producción local.



- El requerimiento más importante es el plan de gestión de residuos, pues al planificar correctamente la gestión, el reciclaje y reutilización de los materiales se mejora la eficiencia en el consumo de energía.
- Es necesario contar con materiales que tengan declaratorias ambientales (eco-etiquetas) para garantizar una reducción en el consumo energético posterior.
- No existen unas adecuadas prácticas en el manejo de los materiales de construcción, ya que en la mayoría de los casos éstos únicamente son considerados como elementos de la parte constructiva más no como elementos que contribuyan a mejorar el consumo energético de la edificación.
- En todos los casos de estudio en los cuales se cumplen los estándares, estos valores se dan debido a que algunos materiales, elementos y procesos tienen intrínsecamente características que evalúan los criterios, más no por qué exista una planificación del proceso constructivo en función de criterios de evaluación.
- El sistema de estructura jerárquica permite desarrollar un sistema de criterios y estándares para la evaluación, en este caso de una vivienda, pudiendo ser aplicado para cualquier tipo de edificación.
- Los métodos de evaluación internacionales, presentan criterios y estándares que no son aplicables en nuestro medio debido al nivel de exigencias que tienen y que el medio local no ofrece.
- La estructura definitiva de criterios y requerimientos maneja estándares que están relacionados con las condiciones locales, de ahí que su porcentaje de cumplimiento sea mayor al de la primera evaluación, aún así los valores no se optimizan adecuadamente, debido a las prácticas constructivas que se manejan.
- Existe un alto incumplimiento de los estándares de evaluación debido a la no planificación de los procesos desde la etapa de diseño, selección de materiales, construcción y manejo de residuos.
- En definitiva el no contar con estándares para una evaluación sostenible de los materiales utilizados en el proceso de construcción de la vivienda unifamiliar de la ciudad de Cuenca, incide en un alto consumo energético

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto forma parte del proyecto Matriz “Método de Certificación de la Construcción Sustentable de Viviendas”, por lo cual se reconoce y valora la participación de quienes fueron los mentores del mismo. A los profesionales encargados de los casos de estudio que permitieron el desarrollo y evaluación. A la

directora de tesis por su guía y conocimientos impartidos. A la Universidad de Cuenca, Facultad de arquitectura y Urbanismo y a la Maestría en construcciones tercera Cohorte, por ser las formadoras de este conocimiento.

REFERENCIAS

- (BID), B. I. D. D. (2014). CUENCA CIUDAD SOSTENIBLE / PLAN DE ACCIÓN. 1, 129.
- Arena, A. P., postdoctoral CONICET, B., & Cricyt, V. I. (1999). Un instrumento para el análisis y evaluación ambiental de productos y tecnologías. El Análisis de Ciclo de Vida. II-Adecuación para el sector edilicio. *Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 3(2).
- Argüello Méndez, T. d. R., & Cuchí Burgos, A. (2008). Análisis del impacto ambiental asociado a los materiales de construcción empleados en las viviendas de bajo coste del programa 10 x10 Con Techo-Chiapas del CYTED. *Informes de la Construcción*, 60(509), 25-34.
- Castaño, J. O., Misle Rodríguez, R., Lasso, L. A., Gómez Cabrera, A., & Ocampo, M. S. (2013). Gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá: Perspectivas y limitantes. *Tecnura*, 17(38), 121-129.
- Gervásio, H. (2009). La sustentabilidad del acero y las estructuras metálicas: Portugal.
- Gómez Jáuregui, V. (2009). Habidite: viviendas modulares industrializadas. *Informes de la Construcción*, 61(513), 33-46.
- Harrell, J., & Kulkarni, M. R. (2004). Energy efficiency improvements in buildings: An environmentally friendly approach for managing electric demand. *Energy engineering*, 101(5), 43-56.
- Lajara Gómez, A. (2012). Estudio comparativo y aplicación de los métodos de evaluación medioambiental BREEAM, LEED y VERDE para materiales y residuos en la construcción sostenible de edificios de oficinas.
- Macías, M., & García Navarro, J. (2010). Metodología y herramienta VERDE para la evaluación de la sostenibilidad en edificios. *Informes de la Construcción*, 62(517), 87-100.
- Márquez, A. (2012). Componente modular prefabricado de concreto para placa de fundación superficial reticular alveolada. Una opción para la vivienda de bajo costo de



- desarrollo progresivo sobre suelo retro-expansivo. *Tecnología y Construcción*, 22(2).
- Marrero, M., Martínez-Escobar, L., Mercader, M., & Leiva, C. (2013). Minimización del impacto ambiental en la ejecución de fachadas mediante el empleo de materiales reciclados. *Informes de la Construcción*, 65(529), 89-97.
- Martínez Izquierdo, M. E., Álvarez Alonso, M. A., Arquero Hidalgo, Á., & Romero, M. (2010). Apoyo a la decisión de emplazamientos óptimos de edificios. Localización de un edificio universitario mediante el proceso analítico jerárquico. *Informes de la Construcción*, 62(519), 35-45.
- Mercader, M., Olivares, M., & Ramírez de Arellano, A. (2012). Modelo de cuantificación del consumo energético en edificación. *Materiales de construcción*, 62(308), 567-582.
- Mercader, M. P., Marrero, M., Solís, J., Montes, M. V., & Ramírez, A. (2010). Cuantificación de los recursos materiales consumidos en la ejecución de la cimentación. *Informes de la Construcción*, 62(517), 125-132.
- Molina, F. Q. (2014). Métodos de evaluación sostenible de la vivienda: Análisis comparativo de cinco métodos internacionales. *Revista Hábitat Sustentable*, 4(1), 56-67.
- Moreno, S. H. (2011). Aplicación de la información de la vida útil en la planeación y diseño de proyectos de edificación. *Acta Universitaria*, 21(2), 37-42.
- Muñoz, C., Zaror, C., Saelzer, G., & Cuchí, A. (2012). Estudio del flujo energético en el ciclo de vida de una vivienda y su implicancia en las emisiones de gases de efecto invernadero, durante la fase de construcción Caso Estudio: Vivienda Tipología Social. Región del Biobío, Chile. *Revista de la construcción*, 11, 125-145.
- Natalini, M., Klees, D., & Tirner, J. (2000). Reciclaje y reutilización de materiales residuales de construcción y demolición. *Ed. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina*.
- PNUD, P. d. I. N. U. p. e. M. A. (2013). Tendencias del flujo de materiales y productividad de recursos en América Latina.
- Rauf, A., & Crawford, R. H. (2013). The relationship between material service life and the life cycle energy of contemporary residential buildings in Australia. *Architectural Science Review*, 56(3), 252-261.
- Rocha, E. (2011). Construcciones sostenibles: materiales, certificaciones y LCA. *REVISTA NODO*, 6(11).
- Sanguinetti, C. M., & Ortiz, F. Q. (2014). Análisis de Ciclo de Vida en la determinación de la energía contenida y la huella de carbono en el proceso de fabricación del hormigón premezclado. Caso estudio planta productora Región del Bío Bío, Chile. *Hábitat Sustentable*, 4(2), 16-25.
- Serrano, A., Molina, F. Q., & LÓPEZ, M. (2015). Sobre la evaluación de la sostenibilidad de materiales de construcción. *ASRI: Arte y sociedad. Revista de investigación*(9), 13.
- Vázquez Espí, M. (2001). Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales. *Informes de la Construcción*, 52(471), 29-43.
- Wadel, G., Avellaneda, J., & Cuchí, A. (2010). La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: cerrando el ciclo de los materiales. *Informes de la Construcción*, 62(517), 37-51.



Estándares para una evaluación sostenible de los materiales utilizados en el proceso de construcción de la vivienda unifamiliar de la ciudad de Cuenca

ANEXO_1: ENCUESTA PARA APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN EN CASOS DE ESTUDIO

VIVIENDA A SER EVALUADA

TRANSPORTE

1. Marque la opción que corresponda.

¿Cual es procedencia de los materiales que usted emplea en la construcción de la vivienda?

DESCRIPCIÓN	procedencia	marque	Especifique el lugar
ARIDOS/AGREGADOS	local		
	provincial		
	regional		
	internacional		
MATERIAL PARA ESTRUCTURAS: CEMENTOS	local		
	provincial		
	regional		
	internacional		
MATERIAL PARA ESTRUCTURAS: ACERO (DE REFUERZO EN BARRAS, ACERO ESTRUCTURAL)	local		
	provincial		
	regional		
	internacional		
MATERIALES DE ACABADO: mampostería, recubrimientos, aluminio, vidrio, pinturas.	local		
	provincial		
	regional		
	internacional		

DECLARACIÓN AMBIENTAL DEL MATERIAL (DAM)

Descripción	SI	NO
2. ¿Los materiales utilizados en estructura poseen algún tipo de eco etiqueta?		
3. ¿Los materiales utilizados para acabados poseen algún tipo de eco etiqueta?		
4. ¿En sus proyectos realiza planos detallados de todos elementos y procesos constructivo a emplearse?		
5. ¿En sus proyectos emplea un análisis de energía contenida de los materiales utilizados en la edificación?		

6. ¿La madera utilizada en el proceso constructivo tiene alguna certificación ambiental?			
7. ¿Utiliza madera procedente de bosques gestionados de forma sostenible?			
EFICIENCIA DEL MATERIAL(EM)			
Descripción		SI	NO
8. ¿En el proceso de construcción de la vivienda utiliza paneles modulares y/o prefabricados?			
9. ¿De las siguientes opciones, cual es el sistema constructivo que emplea con mayor frecuencia en su ejercicio profesional?		X	X
Hommigón armado			
Acero estructural			
10. ¿Conoce la vida útil de los materiales que utiliza en el proceso constructivo?			
11. ¿En el proceso constructivo utiliza materiales durables que reduzcan las necesidades de mantenimiento y reposición? Entiendase durable como: Los materiales que tengan una durabilidad, al menos, igual a la vida útil de la estructura, y con pocas necesidades de mantenimiento (cuyo mantenimiento no suponga la aplicación de ningún producto adicional como pinturas, barnices, productos hidrófugos, etc., ni la reposición de piezas) empleadas sobre el total de los materiales utilizados en el proyecto. Describa los materiales utilizados:			
PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS			
Descripción		SI	NO
12. ¿Reutiliza los materiales de construcción con la finalidad de reducir el consumo de materias primas y los impactos asociados al proceso de fabricación o reciclado. Describa cuales:			
13. ¿ En sus proyectos de vivienda contempla el uso de de materiales reciclados como medio para reducir el consumo de materias primas Describa cuales:			
14. ¿Antes de iniciar la construcción, se entregan planes donde se detalla en todos los frentes de trabajo asi como todos los planos de detalles arquitectónicos y constructivos que acompañan todo el proceso de construcción?			
15. ¿Antes de iniciar la construcción se revisa todas las ordenes de pedido del material a utilizar ya sea esta de maderas, aridos, cementos, acero, etc. ?			

16. ¿Dentro de su proceso constructivo, reutiliza materiales que han sido previamente utilizados en otros elementos de la vivienda?		
Describa cuales:		
17. ¿Utiliza materiales reciclados para elementos de acabado o elementos no estructurales dentro de su proceso constructivo?.		
Describa cuales:		
18. ¿Existe un plan para el control y gestión de los desechos de la construcción que se generan dentro de sus procesos constructivos?		
19. ¿Tiene conocimiento de lugares donde se puedan reutilizar o reciclar los desechos de la construcción?		
20 ¿Se lleva control de la cantidad de residuos generados?		
21 ¿Clasifica los desechos generados en la construcción en grupos tales como: Cartón, plástico, vidrio, etc.?		
Cual es el volumen de residuos generados:		
22. ¿En el caso de realizar una ampliación, remodelación y/o demolición, los material de acabado utilizados en el proceso constructivo, pueden separarse facilmente de los elementos estructurales,		



Estándares para una evaluación sostenible de los materiales utilizados en el proceso de construcción de la vivienda unifamiliar de la ciudad de Cuenca

ANEXO 2: FICHA VERIFICACIÓN EN OBRA

CASO DE ESTUDIO A SER EVALUADO

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

1. Predio	Urbano		Número de Subsuelos:	
	Rural		Año de construcción:	
2. Casa aislada			Área de terreno	
3. Casa adosada entre dos viviendas			ÁREA DE CONSTRUCCIÓN por plantas	
4. Departamento aislado			Subsuelo	
	a. N° de piso del departamento		Planta Baja	
	b. N° de pisos del edificio		1ra Planta Alta	
5. Departamento adosado			ÁREA TOTAL DE CONSTRUCCIÓN	
	a. N° de piso del departamento		NUMERO DE PERSONAS QUE HABITAN	
6. Propietario	Público			
	Privado			

2. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS GENERALES

ESTRUCTURA VERTICAL	ESTRUCTURA HORIZONTAL	CUBIERTA	CERRAMIENTO
Hormigón armado	Cimentación	Plana	HORMIGÓN ARMADO
Estructura metálica	Losa H.A.	Inclinada	LADRILLO
Ladrillo	Zapatatas H.A.	ENTREPISOS	METAL
Mixto	Pilotes	Losa H.A.	MIXTO
Otros	Muro perimetral	Otro:	OTROS

3. MATERIALES Y ACABADOS

	Piedra	Hormigón	Hormigón armado	Acero	Tierra	Ladrillo	Bloque	Cemento	Adobe	Bahareque	Madera	Metal	Asbesto	Zinc	Teja	Vidrio	Policarbonato	Baldosa	Porcelanato	Mármol	Cerámica	Enlucido	Empaste	Pintura	Mármol	cerámica	Estuco	Gypsum
Estructura																												
Cimentación																												
Muros / Paredes / Tabiques																												
Columnas / Pilares																												
Vigas																												
Losas / Entrepisos																												
Arcos																												
Cubiertas																												
Techos / Bóvedas / Cúpulas																												
Fachadas																												
Revestimientos																												
Puertas																												
Ventanas																												
Balcones																												
Portales																												
Zócalos																												
Ornamentación																												
Espacios Interiores																												
Pisos																												
Cielos Rasos																												
Puertas																												
Ventanas																												
Pasamanos																												
Revestiminetos Interiores																												
Espacios Exteriores																												
Pisos																												
Patios																												
Cerramientos																												
Terrazas																												
Jardines y caminerías																												
Escaleras																												
Interiores																												
Exteriores																												

4. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

	DESCRIPCIÓN	DETALLE CONSTRUCTIVO
CUBIERTA		
LOSAS		
FACHADA		

TABQUERIAS INTERIORES	DESCRIPCIÓN	DETALLE CONSTRUCTIVO		

MUROS Y ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	DETALLE CONSTRUCTIVO		

5. PINTURAS Y SELLANTES				
PINTURAS	MARCA		CUENTAC CON DAP	
ADHESIVOS	MARCA		CUENTA CON ETIQUETA EMICODE EC1	
MADERAS	MARCA		PRESENCIA DE FORMALDEHIDOS	

6. MADERAS	
ENCONFRADOS	
PUERTA	
PISOS	
ENTREPISOS	
CIELO RASO	
RECUBRIMIENTOS	
OTROS	

7. PLANIMETRÍA	



Estándares para una evaluación sostenible de los materiales utilizados en el proceso de construcción de la vivienda unifamiliar de la ciudad de Cuenca

ANEXO_3 TOMA DE DATOS DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN CASOS DE ESTUDIO

	UBICACIÓN		Especifique el material	ESPECIFIQUE EL LUGAR	
	CANTERAS DENTRO DE LA CIUDAD	CANTERAS FUERA DE LA CIUDAD			
ARIDOS					
CEMENTOS	FERRETERIAS DENTRO DE LA CIUDAD				
	FÁBRICAS DENTRO DE LA CIUDAD				
ACEROS (REFUERZO Y/O ESTRUCTURAL)	FERRETERIAS DENTRO DE LA CIUDAD				
	FÁBRICAS DENTRO DE LA CIUDAD				
MAMPOSTERÍAS	FERRETERIAS DENTRO DE LA CIUDAD				
	FÁBRICAS DENTRO DE LA CIUDAD				
RECUBRIMIENTOS	FERRETERIAS DENTRO DE LA CIUDAD				
	FÁBRICAS DENTRO DE LA CIUDAD				
ACABADOS	FERRETERIAS DENTRO DE LA CIUDAD				
	FÁBRICAS DENTRO DE LA CIUDAD				
CUBIERTAS	FERRETERIAS DENTRO DE LA CIUDAD				
	FÁBRICAS DENTRO DE LA CIUDAD				
PINTURAS	FERRETERIAS DENTRO DE LA CIUDAD				
	FÁBRICAS DENTRO DE LA CIUDAD				
PUERTAS	FERRETERIAS DENTRO DE LA CIUDAD				
	FÁBRICAS DENTRO DE LA CIUDAD				
VENTANAS	FERRETERIAS DENTRO DE LA CIUDAD				
	FÁBRICAS DENTRO DE LA CIUDAD				



**Estándares para una evaluación sostenible de los materiales
utilizados en el proceso de construcción de la vivienda unifamiliar
de la ciudad de Cuenca**

ANEXO_4 FORMATO PARA ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

NOMBRE DEL OFERENTE:

U CUENCA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:

UNIDAD:

DETALLE:

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendim.	Total
Subtotal de Equipo:					0.00
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal / HR	Costo Hora	Rendim.	Total
			0.00		
Subtotal de Mano de Obra:					0.00
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Total	
Subtotal de Materiales:					7.93
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Total	
Subtotal de Transporte:					0.00
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					0.00
INDIRECTOS Y UTILIDADES					0.00
OTROS INDIRECTOS					
COSTO TOTAL DEL RUBRO					0.00
VALOR OFERTADO					0.00



Estándares para una evaluación sostenible de los materiales utilizados en el proceso de construcción de la vivienda unifamiliar de la ciudad de Cuenca

ANEXO_5: TABLA RESUMEN DE RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN EN CASOS DE ESTUDIO

1. Transporte (TP)

TP_1: Transporte de materiales

Caso	C1	C2	C3
Criterio: Energía no renovable en el transporte de materiales de construcción (VERDE-UNIFAMILIAR)			
Resultados	53.70 %	48.15 %	36.48 %
Nivel de cumplimiento	N/C		
Estándar del método	Porcentaje de materiales locales \geq 60%		
Criterio: Energía no renovable en el transporte de los materiales de construcción (VERDE-RESIDENCIAL)			
Resultados	No es posible evaluar		
Nivel de cumplimiento	N/A		
Estándar del método	Porcentaje de materiales locales \geq 30%		
Este criterio N/A pues no existe acceso a base de datos BEDEC			

Tabla 1. Evaluación de viviendas. Fuente: El autor

2. Declaración ambiental del material (DAM)

DAM_1: Estructura de la edificación

Criterio: Aprovechamiento responsable de materiales. Elementos de estructura del edificio (BREEAM)				
Caso	C1	C2	C3	
Resultados	Estructura	72.05 %	80.27 %	75.20 %
	Cubierta	00.00 %	00.00 %	00.00 %
	Fachadas	76.38 %	00.00 %	00.00 %
	Particiones Interiores	16.14 %	33.57 %	33.56 %
	Cimientos	63.04 %	52.24 %	47.52 %
	Carpintería exterior	85.06 %	89.08 %	85.30 %
Nivel de cumplimiento	1 de 6. N/C	2 de 6. N/C	1 de 6. N/C	
Estándar del método	4 de 6 elementos del edificio cumplen con un 80% de materiales adquiridos de forma responsable			

Tabla 2. Evaluación de viviendas. Fuente: El autor

DAM_2: Acabados de la edificación

Criterio: Aprovechamiento responsable de materiales. Elementos básicos de acabado (BREEAM)				
Caso	C1	C2	C3	
Resultados	Escaleras	0.00 %	48.45 %	48.45 %
	Carpintería Interior	0.00 %	52.00 %	7.29 %
	Revestimientos horizontales	8.96 %	67.11 %	64.98 %
	Revestimientos verticales	50.81 %	86.35 %	74.90 %
	Muebles	74.40 %	50.18 %	7.79 %
	Otro uso significativo	2.14 %	4.86 %	12.08 %
Nivel de cumplimiento	N/C	1 de 6. N/C	N/C	
Estándar del método	4 de 6 elementos del edificio cumplen con un 80% de los materiales adquiridos de forma responsable			

Tabla 3. Evaluación de viviendas. Fuente: El autor

DAM_3: Materiales de bajo impacto

Criterio: Impacto de los materiales de construcción distintos del consumo de energía (VERDE)				
Caso	C1	C2	C3	
Resultados	No es posible evaluar			
Nivel de cumplimiento	N/A			
Estándar del método	Impactos generados por el edificio de referencia			
Criterio: Productos con ventaja ambiental (LEED)				
Resultados	a) Productos con ventaja ambiental	0	0	0
	b) Bajo nivel de emisiones	0	0	0
	c) Producción local	2.5	4.5	1.5
Nivel de cumplimiento	N/C	N/C	N/C	
Estándar del método	0.5 puntos por cada componente de un máximo de 8 y cumplimiento de criterio a			

Tabla 4. Evaluación de viviendas. Fuente: El autor

Criterio: Materiales de bajo impacto ambiental (BREEAM)					
Caso		C1			
Resultados	T(eco-etiqueta)	T II	T I	TIII	ACV
	a. Cubierta	0.00	0.00	0.00	0.00
	b. Fachadas	22.65	0.00	0.00	0.00
	c. Particiones	33.36	0.00	0.00	0.00
	d. Estructuras	69.92	0.00	0.00	0.00
	e. Ventanas	55.38	0.00	0.00	0.00
	f. Aislamientos	0.00	0.00	0.00	0.00
	g. Urbanización	1.03	0.00	0.00	0.00
Nivel de cumplimiento		N/C	N/C	N/C	N/C
Caso		C2			
Resultados	T(eco-etiqueta)	T II	T I	TIII	ACV
	a. Cubierta	0.00	0.00	0.00	0.00
	b. Fachadas	0.00	0.00	0.00	0.00
	c. Particiones	66.30	0.00	0.00	0.00
	d. Estructuras	75.48	0.00	0.00	0.00
	e. Ventanas	69.63	0.00	0.00	0.00
	f. Aislamientos	0.00	0.00	0.00	0.00
	g. Urbanización	9.29	0.00	0.00	0.00
Nivel de cumplimiento		N/C	N/C	N/C	N/C
Caso		C3			
Resultados	T(eco-etiqueta)	T II	T I	TIII	ACV
	a. Cubierta	0.00	0.00	0.00	0.00
	b. Fachadas	0.00	0.00	0.00	0.00
	c. Particiones	61.10	0.00	0.00	0.00
	d. Estructuras	72.97	0.00	0.00	0.00
	e. Ventanas	39.95	0.00	0.00	0.00
	f. Aislamientos	0.00	0.00	0.00	0.00
	g. Urbanización	47.20	0.00	0.00	0.00
Nivel de cumplimiento		N/C	N/C	N/C	N/C
Estándar del método		Dos de los componentes de la construcción cuentan con el 80% de eco etiquetas tipo II			

Tabla 5. Evaluación de viviendas. Fuente: El autor

Caso		C1	C2	C3
Criterio: Toxicidad en los materiales de acabado interior (VERDE)				
Resultados	Contenido COV (g/l)	No es posible evaluar		
	Formaldehidos	No es posible evaluar		
Nivel de cumplimiento		N/A		
Estándar del método		Adhesivos y sellantes: El 100% de los adhesivos y sellantes deben respetar los límites de COVs indicados en Emicode EC1		

Criterio: Uso de Materiales sin sustancias perjudiciales (CASBEE)		
Resultados	Contenido COV (g/l)	No es posible evaluar
Nivel de cumplimiento		N/A
Estándar del método		Materiales de construcción sin sustancias especificadas

Tabla 6. Evaluación de viviendas. Fuente: El autor

DAM_4: Energía no renovable

Criterio: Uso de energía no renovable en los materiales de construcción (VERDE)				
Caso		C1	C2	C3
Resultados	Área de construcción	260.00	180.72	142.01
	Referencia (mj/m2)	10461.02	10461.02	10461.02
	Consumo (mj/m2)	5252.58	7378.16	7161.32
Nivel de cumplimiento		Reducción del 59.59 %. Mejores prácticas	Reducción del 29.47 %. Mejores prácticas	Reducción del 31.54 %. Mejores prácticas
Estándar del método		MJ consumidos por el edificio de Referencia		

Tabla 7. Evaluación de viviendas. Fuente: El autor

DAM_5: Maderas Sustentables

Criterio: Madera de Silvicultura Sustentable (CASBEE)				
Caso		C1	C2	C3
Resultados		100.00%	99.06%	93.26%
Nivel de cumplimiento		Prácticas superiores		
Estándar del método		Proporción de madera utilizada gestionada de forma sostenible=10%		

Tabla 8. Evaluación de viviendas. Fuente: El autor

3. EFICIENCIA DEL MATERIAL (EM)

EM_1: Uso eficiente

Caso		C1	C2	C3
Criterio: Uso eficiente del material de envolvente (LEED)				
Resultados	Desperdicio	5.90%	6.40%	4.51%
	Criterio 1	0	0	0
	Criterio 2	0	0	0
	Criterio 3	0	0	0
	Criterio 4	0	0	0
Nivel de cumplimiento		Estándar	Estándar	Estándar
Estándar del método		Factor de desperdicio: 10%		

Criterio: Reducción en el uso de materiales (CASBEE)				
Resultados	F'c = kg/cm2	210	210	210
	F'y= Kg/cm2	F'y=4200	F'y=4200	F'y=4200
Nivel de cumplimiento		Estándar	Estándar	Estándar
Estándar del método		Estructura Principal: Concreto y acero de refuerzo (unidad: N / mm2). 1 Punto: F'c= 36 o más, pero menos de 60 y acero = 390 o más		

Tabla 9. Evaluación de viviendas. Fuente: El autor

EM_2: Vida útil de los materiales

Caso	C1	C2	C3	
Criterio: Vida útil de los componentes (CASBEE)				
Resultados (años)	Estructura	38.33	40.04	38.07
	Acabados interiores	10.33	13.41	11.67
	Acabados exteriores	18.41	17.50	13.83
Nivel de cumplimiento				
Estructura	Estándar	Estándar	Estándar	
Acabados interiores	M/P	M/P	M/P	
Acabados exteriores	M/P	M/P	M/P	
Estándar del método	Estructura: menos de 50 años	Acabados interiores: Menos de 5 años	Acabados exteriores: Menos de 10 años	
Criterio: Uso de materiales durables (VERDE)				
Resultados	22.82%	9.68%	6.31%	
Nivel de cumplimiento	M/P	N/C	N/C	
Estándar del método	Porcentaje de materiales durables \geq 10 %			

Tabla 10. Evaluación de viviendas. Fuente: El autor

4. PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS

GR 1: Gestión de residuos

Caso	C1	C2	C3
Criterio: Gestión de los residuos de la construcción (VERDE)			
Resultados	No es posible evaluar		
Nivel de cumplimiento	N/A		
Estándar del método	Reducción del 0% de los residuos de la construcción.		

Criterio: Gestión de residuos (LEED)			
Resultados	7.19%	6.62%	6.33%
Nivel de cumplimiento	N/C		
Estándar del método	Porcentaje de residuos: Puntuación en base a cumplimiento de requisitos del método		

Tabla 11. Evaluación de viviendas. Fuente: El autor

GR 2: Uso de materiales reciclados

Caso	C1	C2	C3	
Criterio: Evaluar el uso de materiales reciclados en aplicaciones no estructurales (CASBEE)				
Resultados (años)	Aplicaciones desarrolladas:	1	1	0
Nivel de cumplimiento	N/C			
Estándar del método	Un material utilizados para una aplicación no estructural (De acuerdo a tabla del método)			
Criterio: Uso de materiales reciclados (VERDE)				
Resultados	3.84%	5.69%	4.61%	
Nivel de cumplimiento	N/C	N/C	N/C	
Estándar del método	Porcentaje de materiales reciclados \geq 10 %			

Tabla 12. Evaluación de viviendas. Fuente: El autor

GR 3: Reutilización de materiales

Caso	C1	C2	C3	
Criterio: Reutilización de materiales (VERDE)				
Resultados	1.99%	2.31%	3.18%	
Nivel de cumplimiento	N/C	N/C	N/C	
Estándar del método	Porcentaje de materiales reutilizados \geq 10 %			
Criterio: Uso de materiales reciclados (CASBEE)				
Resultados	Punto 1	NO	NO	NO
	Punto 2	NO	NO	NO
	Punto 3	NO	NO	NO
Nivel de cumplimiento	N/C			
Estándar del método	La estructura de los materiales de acabado se puede separar fácilmente.			

Tabla 13. Evaluación de viviendas. Fuente: El autor