

CATÁLOGO DE METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE EDIFICACIÓN SOSTENIBLE

Carmen Díaz
Universidad de Granada
Manuel Carpio
Pontificia Universidad Católica de Chile
María Martín
Universidad de Granada
Montserrat Zamorano
Universidad de Granada

Artículo Recibido: 28/04/2018

Artículo Aceptado: 14/09/2018

Resumen

La insostenibilidad del modelo actual de producción-consumo, unido a una creciente demanda de energía en todo el mundo ha derivado en un importante incremento de los impactos ambientales, como producción de residuos, contaminación de aguas, agotamiento de la capa de ozono y acidificación, junto al agotamiento de los recursos naturales y efectos sobre el clima, entre otros.

Una de los principales sectores de aceleración del cambio climático y el agotamiento de recursos naturales es la industria de la construcción, que causa una importante carga ambiental a lo largo de su ciclo de vida (ACV) y que varía considerablemente en función del tipo de edificio y su ubicación. Toda esta problemática ha llevado a autoridades, organizaciones, profesionales y ciudadanos, a apostar por una industria de la construcción sostenible, con la finalidad de abordar los problemas ambientales y de salud que surgen de los edificios, reducir los impactos del sector en el medio ambiente natural, así como en las personas y las huellas ambientales del entorno construido; bajo las tres dimensiones, ambiental, social y económica, que constituyen el marco de referencia de la filosofía del desarrollo sostenible.

En los últimos años se ha multiplicado exponencialmente el desarrollo de metodologías que permiten la evaluación de los edificios desde el punto de vista ambiental. Estos métodos podrían clasificarse en tres grandes grupos atendiendo a

WPSReview International on Sustainable Housing and Urban Renewal (RI-SHUR)

sus características, esquemas y objetivos comunes: sistemas de evaluación; estándares, y herramientas de evaluación ambiental; así como Level(s), el primer instrumento de este tipo desarrollado para su uso en toda Europa que permitirá establecer un nuevo marco de la UE para la sostenibilidad de los edificios.

En consecuencia, el objetivo de este trabajo es la clasificación de las diferentes metodologías en tipologías o grupos, así como la redacción de un catálogo de las mismas. En este análisis se incluirá, además, la metodología más reciente, Level(s), no estudiada hasta el momento, lo que permitirá estudiar y graduar los diferentes impactos ambientales en los que se centran cada uno de estos grupos de metodologías y Level(s).

Abstract

The unsustainability of the current production-consumption model, together with a growing demand for energy throughout the world, has led to a significant increase in environmental impacts, such as waste production, water pollution, depletion of the ozone layer and acidification, along with the depletion of natural resources and effects on the climate, among other issues.

One of the main sectors accelerating climate change and depleting natural resources is the construction industry, which creates a significant environmental burden throughout its life cycle (LCA) although it varies considerably depending on the type of building and its location. All these problems have led authorities, organisations, professionals and citizens, to opt for a sustainable construction industry, in order to address the environmental and health issues arising from buildings. They also hope to reduce the impact of the sector on the natural environment, as well as on people and the environmental footprints of the building world; under these three dimensions: environmental, social and economic, these constitute the reference framework for the philosophy of sustainable development.

In recent years, the development of methodologies permitting buildings to be evaluated from an environmental point of view, has multiplied exponentially. These methods can be classified into three large groups according to their characteristics, schemes and common objectives: evaluation systems; standards; and environmental assessment tools; so like, Level(s), the first such instrument developed for use throughout Europe. It will establish a new EU framework for the sustainability of buildings.

Consequently, the goal of this work is to classify the different methodologies in typologies or groups, as well as to create a catalogue of these methodologies. This analysis will also include the most recent methodology, Level(s), which has not been studied yet. This will allow for studying and grading of the different environmental impacts that each of these methodology groups and Level(s) focus on.

WPSReview International on Sustainable Housing and Urban Renewal (RI-SHUR)

Palabras clave

sostenibilidad; metodologías de evaluación; sistemas de evaluación; estándares de evaluación; herramientas de evaluación; Level(s)

Key Words

sustainability, assessments methodologies; evaluation systems; standards of evaluation; tolls of evaluation; Level(s)

1. Introducción

Los edificios y su entorno conllevan asociado un enorme consumo de recursos, agua y otras materias primas, tanto en su espacio más inmediato como en el conjunto de la urbe, desde el momento de su diseño, así como durante su vida útil hasta su fin como elemento funcional. En consecuencia, uno de los principales sectores de aceleración del cambio climático y el agotamiento de recursos naturales es la industria de la construcción, que causa una importante carga ambiental a lo largo de su vida útil, desde su construcción, hasta su demolición, pasando por la fase de uso, y que varía considerablemente en función del tipo de edificio y su ubicación (de Klijn-Chevalerias & Javed, 2017)(Sandanayake, Zhang, & Setunge, 2018). De esta forma, la creciente edificación de las áreas urbanas provoca un impacto significativo en el medio ambiente, la economía, la salud pública (Darko, Chan, Ameyaw, He, & Olanipekun, 2017) y el bienestar en las ciudades (Macías & García Navarro, 2010); este sector económico es responsable del 40-50% de todo el uso de energía, que ha duplicado su consumo entre 1973-2012 (Carpio, 2015), además de incrementar las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (Miller, Doh, Panuwatwanich, & Van Oers, 2015)(Blankendaal, Schuur, & Voordijk, 2014)(Hamdy, Carlucci, Hoes, & Hensen, 2017), consumir el 30% de materias primas, el 25% del agua global (Giannetti, Demétrio, Agostinho, Almeida, & Liu, 2018) y el 17% de las extracciones mundiales de agua dulce (Dixit, Culp, & Fernández-Solís, 2013) ; 12% del suelo (Dong & Ng, 2015), y generar el 25% de los residuos sólidos a nivel mundial y el 40% de residuos sólidos en los países desarrollados (Yilmaz & Bakış, 2015). Estos datos ponen de manifiesto la especial responsabilidad en el deterioro del medio ambiente

WPSReview International on Sustainable Housing and Urban Renewal (RI-SHUR)

resultante. Los efectos del cambio climático, y la escasez de recursos, entre otros, están dando lugar a una mayor concienciación, tanto de los ciudadanos como de los proyectistas, de los problemas medioambientales generados por la edificación. Como resultado, en los últimos años, se ha desarrollado el concepto de construcción o edificación sostenible, que ha incorporado progresivamente nuevas ideas y matices.

La edificación sostenible ha crecido a partir del movimiento hacia la edificación verde y bajo el movimiento más amplio de desarrollo sostenible. Este cambio de mentalidad ha surgido durante los últimos 30-40 años con una clara evolución histórica. El movimiento verde y el concepto de edificio verde o ecológico se inicia en los años 70 con especial énfasis en la conservación de la energía y la eficiencia energética; un movimiento sensible a la inquietud sobre el agotamiento y deterioro de los recursos naturales de energía debido al uso inadecuado y excesivo que se está haciendo de ellos, y comienza entonces la investigación sobre modelos de conservación de la misma con base en alcanzar tecnologías con rendimientos energéticos más eficientes (Greencities & Sostenibilidad, 2012). Posteriormente, en los años 80 crece la preocupación acerca del impacto que produce la operación del edificio y la fabricación de los materiales de construcción sobre el medioambiente natural (García y Macías, 2010). Pero, además de los efectos que las edificaciones producen en el medio, no se debe olvidar que los edificios son los espacios en los que la población pasa la mayor parte de su tiempo, por lo que un diseño pobre e inadecuado puede tener efectos negativos significativos en la salud de los edificios y de sus ocupantes, dando lugar, además, a edificios caros de mantener en los que difícilmente se alcanza el confort térmico y con claros efectos negativos sobre el modo de vida de la población; la pobre calidad del aire interior y la inadecuada ventilación en estos espacios cerrados dan lugar al síndrome del edificio enfermo (SEE), definido como el conjunto de enfermedades originadas o estimuladas por la contaminación del aire en estos espacios herméticos (OMS, 1982).

La edificación sostenible es, por tanto, un proceso en que todos los actores implicados (propiedad, proyectistas, constructores, equipo facultativo, suministradores de materiales, administración, etc.) integran las consideraciones funcionales, económicas, ambientales y de calidad para producir y renovar los edificios y su entorno. Es el desarrollo de la construcción tradicional pero con una responsabilidad

WPSReview International on Sustainable Housing and Urban Renewal (RI-SHUR)

considerable con el Medio Ambiente por todas las partes y participantes; implica un interés creciente en todas las etapas de la construcción, considerando las diferentes alternativas en el proceso de construcción, en favor de la minimización del agotamiento de los recursos, previniendo la degradación ambiental o los prejuicios, y proporcionando un ambiente saludable, tanto en el interior de los edificios como en su entorno (Alavedra, Domínguez, Gonzalo, & Serra, J. , 49(451), 1997).

A principio de los años 90 surgen los primeros sistemas de evaluación de la sostenibilidad de las edificaciones, centrándose principalmente en el parámetro ambiental. Estos sistemas agrupaban las distintas corrientes existentes y proponían una serie de actuaciones con el fin de buscar una sostenibilidad ambiental conjunta a todo el edificio (es decir, un compromiso de reducción de los impactos ambientales de la edificación a lo largo de todo su ciclo de vida (IHOBE, s.f). Gradualmente ha habido un incremento en el consenso en relación con el tipo impactos que deben incluirse en un modelo de evaluación ambiental, que se ha traducido, especialmente ya en el siglo XXI, en la búsqueda de herramientas y actuaciones destinadas al desarrollo de una metodología común que evalúe las prestaciones, a nivel integral, referentes a la sostenibilidad de los edificios y del proceso de edificación, incluyendo en esta evaluación la consideración de la totalidad de su ciclo de vida (Core Concepts and LEED Guide, s.f). Esta evaluación permite optimizar los edificios desde etapas muy tempranas, desde su fase de diseño, lo que permitirá tomar decisiones correctas no sólo en su construcción, sino también en su fase de uso y operaciones de rehabilitación y mejora, que tendrán una repercusión en su consumo energético, la calidad de aire interior, la reciclabilidad y la reutilización de los residuos de demolición, en definitiva, en el ciclo de vida del edificio.

Como resultado hoy en día se dispone de múltiples metodologías para certificar el grado de sostenibilidad de una edificación: sistemas de evaluación ambiental, etiquetas ecológicas, herramientas de evaluación de la sostenibilidad de los edificios, así como normativas sectoriales, que se aproximan al problema desde diferentes perspectivas (Vega Clemente, 2015). Estos sistemas de evaluación y calificación buscan sintetizar de forma cuantitativa y objetiva el comportamiento del edificio y sus impactos. El objetivo de este trabajo ha sido hacer una recopilación de las metodologías existentes, así como su clasificación, con la finalidad que pueda ser utilizado como una guía para los diferentes actores implicados en cuanto a la elección de la más adecuada, en función de sus necesidades.

2.- Clasificación de las metodologías de evaluación

En la actualidad se dispone de diversas metodologías que permiten evaluar, clasificar y certificar el grado de sostenibilidad de una edificación. Las referencias bibliográficas consultadas muestran que existen diferentes formas de clasificarlas, atendiendo a

WPSReview International on Sustainable Housing and Urban Renewal (RI-SHUR)

diferentes criterios. En este trabajo se ha optado por utilizar la clasificación establecida por la Sociedad pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco, que tienen en cuenta sus características comunes, objetivos y ámbito de aplicación (IHOBE Sociedad Pública de Gestión Ambiental, 2010): (i) Sistemas de Evaluación de la Sostenibilidad, (ii) Estándares de Edificación y (iii) Herramientas; finalmente, dada la importancia que va a tomar en los próximos años en Europa, se ha incluido un cuarto grupo, (iv) correspondiendo con los Level(s).

En este trabajo se han catalogado un total de 95 metodologías identificadas a nivel mundial, cuyas características generales se recogen en la Tabla 1. En el siguiente apartado se realiza una breve descripción de cada una de las tipologías indicadas.

3.- Descripción de las metodologías identificadas

3.1. Sistemas de Evaluación de la Sostenibilidad de las Edificaciones

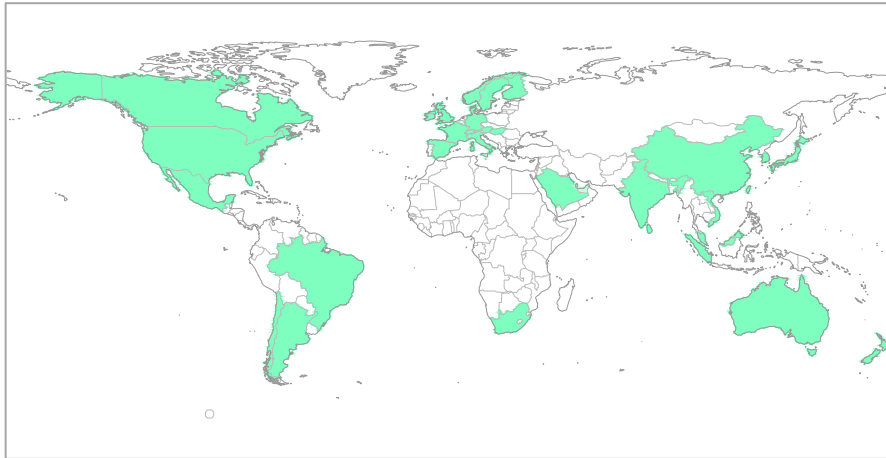
Los primeros sistemas de evaluación surgen en el año 1989, observándose una evolución que ha conducido hasta identificar un total de 330 en la actualidad (Figura 1). En este trabajo se han identificado un total de 55 sistemas de evaluación (Tabla 1), cuyo ámbito de aplicación es Europa, Asia y Oceanía, América del Norte, etc. (Figura 2).

Figura 1.- Evolución de los Sistemas de Evaluación



WPSReview International on Sustainable Housing and Urban Renewal (RI-SHUR)

Figura 2.- Localización Sistemas de Evaluación



Los sistemas de evaluación de la sostenibilidad de edificios tienen como objetivo evaluar la sostenibilidad de un edificio y/o los sistemas y subsistemas que lo conforman, permitiendo obtener una valoración global en función del cumplimiento de una serie de parámetros o criterios de sostenibilidad predefinidos (ambientales, económicos, sociales y técnicos), que se actualizan constantemente (Doan et al., 2017); que aplicados desde las primeras fases de desarrollo del proyecto arquitectónico, facilita una concepción del edificio eficiente en su funcionamiento y respetuoso con su entorno considerando valores ambientales, sociales y económicos (Evaluaci & Edificios, s. f.) (Awadh, 2017)(Ferreira, Pinheiro, & de Brito, 2014). Son capaces de evaluar, mejorar y potenciar la sostenibilidad ambiental del edificios, a lo largo de todo su ciclo de vida (Nguyen & Altan, 2011)(Ferreira et al., 2014) mediante, el análisis de sus consumos de energía, de las características del sitio, del bienestar interior y de los efectos sobre la salud humana, entre otros.

Exponen de manera sencilla y visual a los usuarios, el por qué su edificio es sostenible. Son voluntarios, de carácter educativo y cuyo fin es la concienciación de los agentes implicados. Están lo potenciados por organismos gubernamentales o los desarrollados por organizaciones no dependientes del gobierno, que tratan un mayor número de aspectos ambientales y tipologías. La mayor parte de los sistemas de evaluación se centran en la valoración de las construcciones de nueva edificación, ya que la mayor parte de las acciones que afectan a los impactos durante la fase de uso de las edificaciones son adoptadas durante la fase de diseño (Ferreira et al., 2014). En algunos casos, estos sistemas también pueden cubrir proyectos a escala urbana, de comunidades y barrios (Bernardi, Carlucci, Cornaro, & Bohne, 2017)

WPSReview International on Sustainable Housing and Urban Renewal (RI-SHUR)

Estos sistemas de evaluación se estructuran en tres grandes grupos: aquellos basados en la valoración de actuaciones, establecidas en créditos a los que se asocia un número de puntos en función de la importancia en los impactos asociados al crédito (LEED y BREEAM); los basados en el concepto de *eficiencia* (CASBEE) y los basados en el cálculo de la reducción de impactos asociados a la incorporación de medidas de diseño y factores de rendimiento establecidas en una lista de criterios (Macías & García Navarro, 2010).

Cada uno de los sistemas emplea diferentes términos y se basa en sus propias reglas y sistemas de puntuación. Identificándose hasta siete niveles diferentes (categorías y subcategorías, estrategias, criterios, indicadores, puntuación, ponderación y valoración). El proceso de evaluación de la edificación, se divide en 3 fases, evaluación, clasificación y certificación. En general se pueden distinguir 3 tipos de Sistemas, en función de las fases que logren alcanzar:

- Sistema de evaluación: que permiten obtener una puntuación global correspondiente a una edificación en función del cumplimiento de una serie de indicadores de sostenibilidad o reducción de impactos
- Sistema de evaluación y clasificación, ofrecen un doble sistema de medición, que permite, por un lado, calcular una puntuación global para el conjunto del edificio, y por otro, una gradación de las puntuaciones globales que permite asignar un nivel específico a la edificación, es decir, clasificar las edificaciones.
- Sistema de evaluación, clasificación y certificación: cuya evaluación es llevada a cabo (o verificada) por un asesor cualificado. El hecho de certificar un edificio mediante un sistema determinado, supone un coste económico importante y que no todas las edificaciones pueden permitirse.

3.2. Estándares de Edificación Sostenible

Los primeros estándares de edificación sostenible surgen en el año 1990, observándose una evolución que ha conducido hasta identificar un total de 22 en la actualidad (Figura 3). En este trabajo se han identificado un total de 7 sistemas de evaluación (Tabla 1), cuyo ámbito de aplicación es Europa y América del Norte (Figura 4).

WPSReview International on Sustainable Housing and Urban Renewal (RI-SHUR)

Figura 3.- Evolución de los Estándares de edificación sostenible

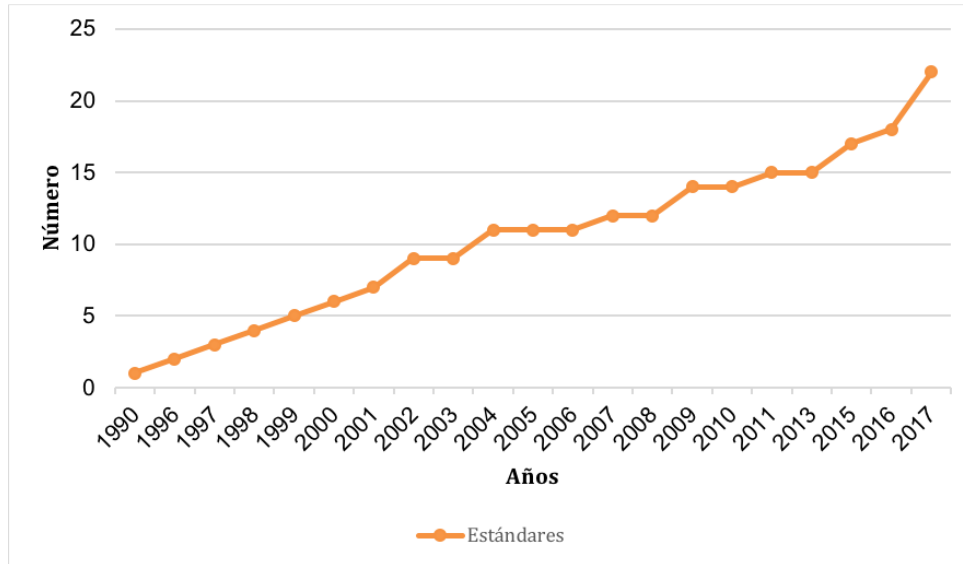
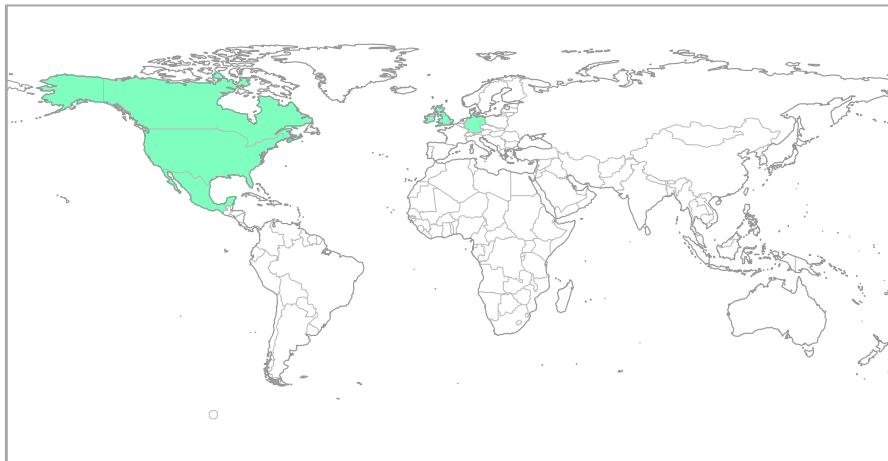


Figura 4.-Localización Estándares de edificación sostenible



Se trata de metodologías cuyo objetivo es la exigencia de unos requisitos mínimos de comportamiento (IHOBE Sociedad Pública de Gestión Ambiental, 2010) que permiten determinar si ese edificio y/o los sistemas y subsistemas que lo conforman, cumplen o

WPSReview International on Sustainable Housing and Urban Renewal (RI-SHUR)

no cumplen los requisitos; no establecen una gradación entre edificaciones sostenibles, ni realizan una clasificación, ni evaluación entre distintos proyectos o edificaciones, suelen ser habitualmente aceptados como sinónimo de “buenas prácticas”. Los estándares no abarcan el estudio completo del Ciclo de Vida del edificio ni incluyen proyectos de desarrollo urbano, sino que se centran, por lo general, en la fase de uso del edificio, y de forma particular en su aspecto energético, buscando edificios que sean capaces de cubrir todas sus demandas energéticas, sin emitir gases de efecto invernadero. Se basan en el establecimiento de tres elementos fundamentales: limitación del consumo de energía primaria, estableciendo límites máximos, mejorando la eficiencia de las instalaciones proyectadas, y aportaciones de energía procedente de fuentes renovables; calidad y confort térmico, basándose en la reducción de puentes térmicos, la alta estanqueidad y la eficiente renovación del aire; y catálogo de sistemas constructivos, orientados a cumplir los parámetros anteriores.

Son iniciativas mucho más directas y relacionadas con los usuarios finales que lo que suponen los sistemas de evaluación. Estas iniciativas parten generalmente del propio promotor o del usuario final de la edificación. Si bien el etiquetado de eficiencia energética es generalmente obligatorio (Bernardi et al., 2017), estos estándares son por lo general son de aplicación voluntaria.

3.3. Herramientas de Evaluación

Las primeras herramientas de evaluación surgen en el año 1975, observándose una evolución que ha conducido hasta identificar un total de 96 en la actualidad (Figura 5). En este trabajo se han identificado un total de 33 herramientas de evaluación (Tabla 1), cuyo ámbito de aplicación es Europa y América del Norte (Figura 6).

Se trata de metodologías cuyo objetivo es la exigencia de unos requisitos mínimos de comportamiento (IHOBE Sociedad Pública de Gestión Ambiental, 2010) que permiten determinar si ese edificio y/o los sistemas y subsistemas que lo conforman, cumplen o no cumplen los requisitos; no establecen una gradación entre edificaciones sostenibles, ni realizan una clasificación, ni evaluación entre distintos proyectos o edificaciones, suelen ser habitualmente aceptados como sinónimo de “buenas prácticas”. Los estándares no abarcan el estudio completo del Ciclo de Vida del edificio ni incluyen proyectos de desarrollo urbano, sino que se centran, por lo general, en la fase de uso del edificio, y de forma particular en su aspecto energético, buscando edificios que sean capaces de cubrir todas sus demandas energéticas, sin emitir gases de efecto invernadero. Se basan en el establecimiento de tres elementos fundamentales: limitación del consumo de energía primaria, estableciendo límites máximos, mejorando la eficiencia de las instalaciones proyectadas, y aportaciones de energía procedente de fuentes renovables; calidad y confort térmico, basándose en la reducción de puentes térmicos, la alta estanqueidad y la eficiente renovación del aire; y catálogo de sistemas constructivos, orientados a cumplir los parámetros anteriores.

WPSReview International on Sustainable Housing and Urban Renewal (RI-SHUR)

Son iniciativas mucho más directas y relacionadas con los usuarios finales que lo que suponen los sistemas de evaluación. Estas iniciativas parten generalmente del propio promotor o del usuario final de la edificación. Si bien el etiquetado de eficiencia energética es generalmente obligatorio (Bernardi et al., 2017), estos estándares son por lo general son de aplicación voluntaria.

3.3. Herramientas de Evaluación

Las primeras herramientas de evaluación surgen en el año 1975, observándose una evolución que ha conducido hasta identificar un total de 96 en la actualidad (Figura 5). En este trabajo se han identificado un total de 33 herramientas de evaluación (Tabla 1), cuyo ámbito de aplicación es Europa y América del Norte (Figura 6).

Figura 5.- Evolución de las Herramientas de Evaluación

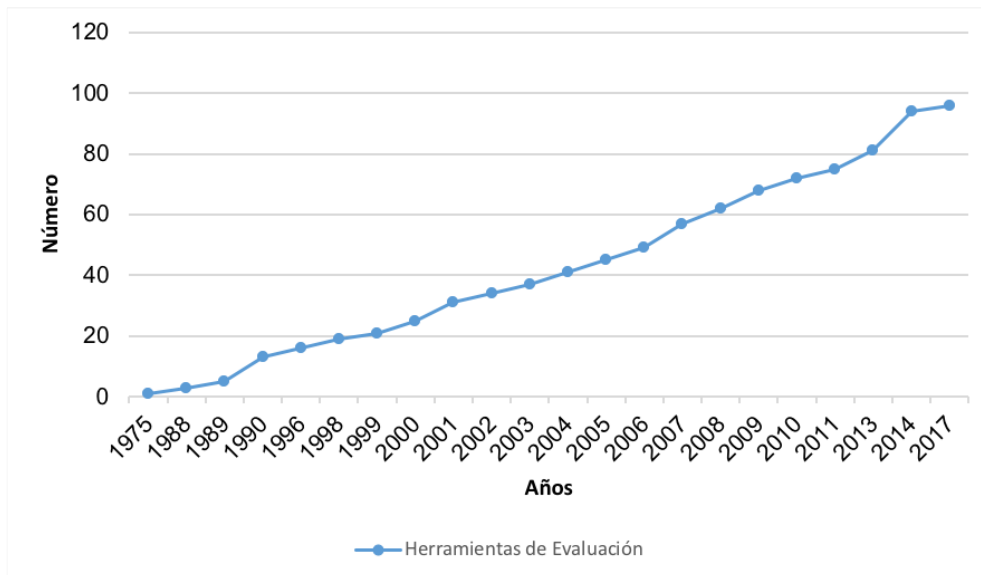
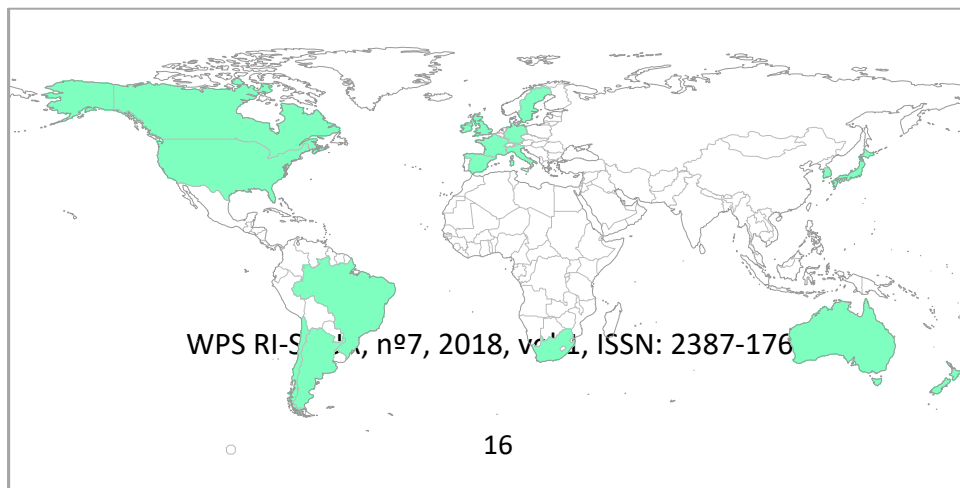


Figura 6.- Localización Herramientas de Evaluación



WPSReview International on Sustainable Housing and Urban Renewal (RI-SHUR)

Se trata de programas informáticos que permiten evaluar en profundidad distintas características de un edificio, genéricas o específicas, simplifican muchos cálculos y no tienen como fin propio la certificación, ni la clasificación, ni son de carácter gratuito, sino que sirven al proyectista como herramienta de apoyo para el diseño sostenible del edificio, para poder lograr una mejor evaluación realizada por alguno de los sistemas o estándares anteriores. Se trata por tanto de programas informáticos de apoyo al resto de las metodologías, no siempre necesarios, por lo que resultan insuficientes para generar una evaluación completa.

Existe una variedad de herramientas diferentes para componentes de construcción, edificios completos y marcos de evaluación de edificios completos. Estas herramientas son globales (SimaPro), nacionales (BEES, ATHENA, BEAT, Invest 2) y, en algunos casos, locales. Algunas herramientas nacionales pueden usarse como herramientas globales al cambiar las bases de datos nacionales. Las herramientas se desarrollan para diferentes propósitos, por ejemplo, investigación, consultoría, toma de decisiones y mantenimiento; La gran mayoría, son de pago, a excepción de algunas como, BEES o eVerdEE, aunque la mayoría tiene precios reducidos para fines educativos (Haapio & Viitaniemi, 2008). Se han distinguido 2 tipos de herramientas; las basadas en el ACV y las que se basan en la evaluación del comportamiento energético de los edificios. Cada una de las herramientas de evaluación basadas en el ACV, se basan en la misma metodología y presentan rasgos comunes; realizan un inventario por partes, distinguiendo entre los tres niveles que conforman el edificio (los materiales, los componentes y el propio edificio) e incorporan bases de datos de materiales y/o soluciones constructivas, condiciones climáticas, etc..., que incluyen datos de impactos ambientales y sirven de asesoramiento en la fase inicial del proyecto, además, estos programas permiten, a partir de dichos datos, simular cuál va a ser el comportamiento ambiental del edificio a lo largo de todo su ciclo de vida, teniendo en cuenta el conjunto de impactos de una edificación.

Las herramientas basadas en el comportamiento energético, a diferencia de las anteriormente descritas, solo se centran en un aspecto ambiental concreto, el consumo energético, a través del estudio de los datos de ventilación, las pérdidas térmicas, etc...y permiten calcular de manera más exacta el comportamiento energético del edificio, con el fin de reducir los impactos ambientales asociados. Son herramientas de modelización a partir de un modelo 3D, de mayor o menor complejidad y detalle, que representa al edificio, al que se le asigna características de materiales y sistemas.

3.4 Level(s)

Level(S), el último de los grupos, es un nuevo marco de evaluación voluntario para mejorar la sostenibilidad y conducir la demanda hacia mejores edificios en Europa, que tiene como objetivo sensibilizar al público en general, a los promotores y a los

WPSReview International on Sustainable Housing and Urban Renewal (RI-SHUR)

servicios de contratación pública ante la necesidad de disponer de edificios mejores y aumentar la demanda de estos (Son, s. f.); incrementar los conocimientos sobre la eficiencia del uso de los recursos en el entorno construido con el fin de apoyar una mejor toma de decisiones por parte de los diseñadores, arquitectos, promotores, empresas de construcción, fabricantes de productos de construcción, inversores y propietarios inmobiliarios; así como, proporcionar un enfoque común en la Unión Europea para la evaluación de la sostenibilidad del entorno construido (Vella & Drinkwater, 2017)

Esta herramienta emplea indicadores sólidos, basados en los instrumentos y normas existentes, que abarcan la energía, los materiales, el agua, la salud y el bienestar, el cambio climático y el coste y el valor del ciclo de vida («¿ EN QUÉ CONSISTE LEVEL S ?», s. f.). Cada uno de los indicadores de Level(s) se ha diseñado con el objetivo de vincular el impacto ambiental de un edificio a las prioridades de la UE en el ámbito de la economía circular. Es de código abierto y está disponible gratuitamente.

Level(s) se centra en los principales aspectos del rendimiento de un edificio: emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo del ciclo de vida del edificio, ciclos de vida de los materiales que sean circulares y eficientes desde el punto de vista de los recursos, uso eficiente de los recursos hídricos, espacios sanos y confortables, adaptación y resiliencia al cambio climático; así como, coste y valor del ciclo de vida completo del edificio.

Tabla 1: Identificación de las principales metodologías

Grupo	Origen	Metodología	Año	Desarrollador
(I)	España	VERDE	2006	GBCe
		GESPV	2005	IHOBE
		DGNB	2011	DGNB
		BREEAM ES	2010	ITG
	Alemania	SBTool PT	2007	iisBE
		DGNB	2007	DGNB
	Reino Unido	BREEAM DE	2011	DIFNI
		BREEAM	1988	BRE Trust
	Austria	DGNB	2009	ÖGNI
		BREEAM AT	2010	DIFNI

WPSReview International on Sustainable
Housing and Urban Renewal (RI-SHUR)

Luxemburgo	BREEAMLU	2009	
	BEEAM CH	2010	
Suiza		2010	SGNI
	DGNB	2010	
Hungría		2010	DIFNI
	HQE™Method	1996	HQE
Francia		2000	CSTB
	ESCALE	2000	
Italia	ITACA	2004	ITACA
República Checa	SBTool CZ	2010	iiSBE
Finlandia	PromisE	2004	VTT
Noruega	Økoprofil	2004	Byggforsk
Países Nórdicos	Nordic Swan Ecolabel	1989	NCM
Dinamarca	DGNB	2011	Denmark GBC
	LEED	1998	USGBC
EE. UU		2004	
	GREEN GLOBES	2000	GBI
Canadá	BOMA BEST	2005	BOMA Canadá
México	PCES	2008	Gobierno Distrito Federal
Chile	CES	2014	Ministerio de Chile
Argentina	LEED Argentina	2007	AGBC
	LEED Brasil	2007	Brasil GBC
Brasil		2008	Fundação Vanzolini
	AQUA-HQE	2008	
	GREEN STAR SA	2008	GBCSA
Sudáfrica		2002	CSIR
	SBAT	2002	
	GREEN STAR	2003	GBCA
Australia		2008	NSW
	NABERS	2008	
	GREEN STAR NZ	2007	NZGBC
Nueva Zelanda		2017	BRANZ
	Homestar V4	2017	
Qatar	GSAS	2009	GORD
	LEED India	2011	Indian GBC
India		2007	TERI
	TERI-GRIHA	2007	
Emiratos Árabes	Pearl Rating System	2010	UPC
	MYCREST	2013	KKR

WPSReview International on Sustainable
Housing and Urban Renewal (RI-SHUR)

	Malasia	GBI	2010	PAM
	Hong Kong	CEPAS	2002	HK
		HK BEAM PLUS	1996	HKGBC
	Taiwan	EEWH	1999	ABRI
		GOBAS	2003	MOST
	China	ESGB	2006	MOHURD
		GBL	2008	
		GHEM	2002	CRECCHKI
	Japan	CASBEE	2001	JSBC
	Corea del Sur	G-SEED	2002	MOLIT
	Singapur	GREEN MARK	2005	BCA
	Vietnam	LOTUS	2007	VGBC
	Egipto	GPRS	2011	EGGBC
	Global	WELL	2014	IWBI
	Alemania	PASSIVHAUS	1990	Passivhaus
(II)	Reino Unido	ZCB	1994	NZB
	EEUU	NZE	2000	ILFI
		NGBS	2008	NAHB
	Mexico	CEV	2007	CONAVI
	Canadá	BUILT GREEN	2001	GBI
	Canadá	ATHENA™	2002	ATHENA
	EEUU	BEES 4.0	1998	NIST
	Holanda	ECO-quantum	1999	IVAM
	Reino Unido	ENVEST II	2003	BRE
		CCaLC Tool	2007	Universidad de Manchester
(III)	Francia	ELODIE	2006	CSTB's
		TEAM™	1995	Ecobilan
		EQUER	1995	MINES
		PAPOOSE	1996	TRIBU
	Alemania	GABI	1999	IKP, GmbH
		GEMIS	1990	Oeko-Institut
		LEGEP®	2001	

WPSReview International on Sustainable
Housing and Urban Renewal (RI-SHUR)

	OpenLCA	2013	GmbH
	Umberto	2001	
Italia	eVerdEE	2004	ENEA
Países Bajos	SIMAPRO	1990	Pre Consultants
Suiza	Eco-Bat	2008	Universidad de Suiza
	Miljöstatus	1997	AECB
Suecia	EcoEffect	2006	KTH
	BeCost	2003	VTT
	NIRE-LCA	1996	NIES
	AIJ-LCA	2003	AIJ
	Carbon Navigator	2009	TAISE
Japón	GEM-21P	2008	SHIMIZU
	SUSB-LCA	2007	Hanyang University
Korea	K-LCA	2004	KICT
	BEGAS	2013	SBRC
Australia	LISA	2003	BPH
EEUU	Energy Plus	1998	DOE
	TRNSYS	1975	Universidad de Wisconsin
Reino Unido	Design Builder	N/A	DesignBuilder
Global	Ecotect	2005	Autodesk
(iv) Unión Europea	LEVEL(s)	2017	Comisión Europea

4.-Conclusiones

A la hora de establecer la relación entre edificación y su influencia tanto en el entorno más inmediato como en el ecosistema global, resulta necesario poner de manifiesto la relación entre la edificación y las consecuencias que a nivel medioambiental, económico, social y cultural se producen, por lo que la evaluación de edificios sostenibles es una preocupación mundial tanto en los países desarrollados como en los no desarrollados. En consecuencia, la rápida aceptación, por parte de los agentes implicados, del concepto de sostenibilidad en la edificación y el entorno construido ha ido acompañada de un fuerte aumento en el número de metodologías de evaluación

WPSReview International on Sustainable Housing and Urban Renewal (RI-SHUR)

que han evolucionado a lo largo de los años y se han actualizado para ser más exigentes en línea con los avances en materia de desarrollo sostenible.

En la revisión realizada en este trabajo se observa como cada uno de los grupos metodológicos identificados, a pesar de tener como fin último alcanzar una construcción o edificación ciertamente sostenible, utiliza indicadores de sostenibilidad diferentes, además tener un ámbito de aplicación geográfico y climático diferente en cada caso. En consecuencia, si bien estas metodologías han sido muy útiles para mejorar la edificación, desde el punto de vista ambiental, por sí solas resultan incompletas, dando lugar a resultados difícilmente comparables entre sí.

En este sentido Level(s) podría ser la metodología más completa ya que evalúa todos los aspectos de la edificación sostenible a lo largo de todo su ciclo de vida, enmarcando los edificios dentro del marco de la economía circular, teniendo en cuenta, como valor añadido, la adaptación y la resiliencia al cambio climático; podría decirse que es la metodología que aglutina el resto de los 3 grupos. Además, se trataría de la metodología con el mayor ámbito territorial de aplicación, ya que se corresponde con la Unión Europea.

Trabajo financiado por “Proyecto FONDECYT 11.160.524”. Chile

5.- Referencias

- Alavedra, P., Domínguez, J., Gonzalo, E., & Serra, J. , 49(451), 41-47. (1997). La construcción sostenible. el estado de la cuestión. *Informes de la Construcción*, 49(451), 41-47. <https://doi.org/10.3989/ic.1997.v49.i451.936>
- Awadh, O. (2017). Sustainability and green building rating systems: LEED, BREEAM, GSAS and Estidama critical analysis. *Journal of Building Engineering*, 11, 25-29. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2017.03.010>
- Bernardi, E., Carlucci, S., Cornaro, C., & Bohne, R. (2017). An Analysis of the Most Adopted Rating Systems for Assessing the Environmental Impact of Buildings. *Sustainability*, 9(7), 1226. <https://doi.org/10.3390/su9071226>
- Blankendaal, T., Schuur, P., & Voordijk, H. (2014). Reducing the environmental impact of concrete and asphalt: A scenario approach. *Journal of Cleaner Production*, 66, 27-36. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.012>
- Carpio, M. (2015). *Tesis Doctoral. PhD Proposal* (Vol. 1). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Darko, A., Chan, A. P. C., Ameyaw, E. E., He, B. J., & Olanipekun, A. O. (2017). Examining issues influencing green building technologies adoption: The United

WPSReview International on Sustainable
Housing and Urban Renewal (RI-SHUR)

- States green building experts' perspectives. *Energy and Buildings*, 144, 320-332.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.060>
- de Klijn-Chevalerias, M., & Javed, S. (2017). The Dutch approach for assessing and reducing environmental impacts of building materials. *Building and Environment*, 111, 147-159. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.003>
- Dixit, M. K., Culp, C. H., & Fernández-Solís, J. L. (2013). System boundary for embodied energy in buildings: A conceptual model for definition. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21, 153-164.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.037>
- Doan, D. T., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Zhang, T., Ghaffarianhoseini, A., & Tookey, J. (2017). A critical comparison of green building rating systems. *Building and Environment*, 123, 243-260. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.07.007>
- Dong, Y. H., & Ng, S. T. (2015). A life cycle assessment model for evaluating the environmental impacts of building construction in Hong Kong. *Building and Environment*, 89, 183-191. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.020>
- Evaluaci, T. D. E., & Edificios, A. D. E. (s. f.). Un método de evaluación ambiental de edificios.
- Ferreira, J., Pinheiro, M. D., & de Brito, J. (2014). Portuguese sustainable construction assessment tools benchmarked with BREEAM and LEED: An energy analysis. *Energy and Buildings*, 69, 451-463.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.11.039>
- Giannetti, B. F., Demétrio, J. C. C., Agostinho, F., Almeida, C. M. V. B., & Liu, G. (2018). Towards more sustainable social housing projects: Recognizing the importance of using local resources. *Building and Environment*, 127(July 2017), 187-203. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.10.033>
- Haapio, A., & Viitaniemi, P. (2008). A critical review of building environmental assessment tools. *Environmental Impact Assessment Review*, 28(7), 469-482.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eiar.2008.01.002>
- Hamdy, M., Carlucci, S., Hoes, P. J., & Hensen, J. L. M. (2017). The impact of climate change on the overheating risk in dwellings—A Dutch case study. *Building and Environment*, 122(August 2003), 307-323.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.06.031>
- IHOBE Sociedad Pública de Gestión Ambiental. (2010). Green Building Rating Systems: ¿Cómo evaluar la sostenibilidad en la edificación? *Ihobe*, (1ª Edición), 72.

WPSReview International on Sustainable
Housing and Urban Renewal (RI-SHUR)

- 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. <https://doi.org/10.3989/ic.08.056>
- Miller, D., Doh, J. H., Panuwatwanich, K., & Van Oers, N. (2015). The contribution of structural design to green building rating systems: An industry perspective and comparison of life cycle energy considerations. *Sustainable Cities and Society*, 16(C), 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.02.003>
- Nguyen, B. K., & Altan, H. (2011). Comparative Review of Five Sustainable Rating Systems. *Procedia Engineering*, 21, 376-386. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2029>
- Sandanayake, M., Zhang, G., & Setunge, S. (2018). A comparative method of air emission impact assessment for building construction activities. *Environmental Impact Assessment Review*, 68(December 2016), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.09.003>
- Son, D. P. (s. f.). Presentación De Level S. Recuperado a partir de [http://ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/Level\(s\)_factsheet-ES-web.pdf](http://ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/Level(s)_factsheet-ES-web.pdf)
- Vega Clemente, R. (2015). *Evaluación de la Sostenibilidad de Sistemas de Construcción Industrializados de Fachada en Edificios de Vivienda Colectiva*.
- Vella, K., & Drinkwater, J. (2017). La Comisión lanza el primer instrumento a escala de la UE para la notificación del rendimiento de los edificios en materia de sostenibilidad.
- Yilmaz, M., & Bakış, A. (2015). Sustainability in Construction Sector. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 2253-2262. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.312>