

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE EVALUACIÓN SOSTENIBLE DE EDIFICIOS

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MAIN SUSTAINABLE BUILDING ASSESSMENT SYSTEMS

Luis de Garrido Talavera ⁽¹⁾, Ignacio Paya-Laforteza ⁽²⁾

¹ PhD. Architect, PhD Computer Engineer, Director ANAS research center, info@luisdegarrido.com

² Professor. ICITECH, Universitat Politècnica de València, Spain igpaza@cst.upv.es

RESUMEN

En este trabajo se realiza un estudio comparativo entre los 16 mejores Sistemas de Evaluación Sostenible de Edificios (GBRS): ASGB, BEAM, BREEAM, CASBEE, DGNB, GBI, GG, GM, GS, HQE, IGBC, LEED, LEVEL, Minergie, PassivHaus y SBTools, centrándose en sus métodos de puntuación y estructuras internas. El estudio comparativo se ha realizado teniendo en cuenta las diferentes categorías de cada GBRS, así como sus indicadores, abarcando todos los aspectos esenciales del ciclo de vida de la edificación sostenible.

El resultado de la evaluación muestra diferencias sustanciales entre los diferentes GBRS, tanto en el diseño estructural como en los pesos específicos de los indicadores, lo que pone de relieve la falta de un enfoque estandarizado para la sostenibilidad. Esta falta de consenso da lugar a calificaciones de sostenibilidad variables para el mismo edificio, dependiendo del GBRS elegido, lo que pone en duda la fiabilidad de estos sistemas de evaluación. Los GBRS actuales tienen varias deficiencias, y quizás la más importante es que suelen priorizar la incorporación en los edificios de aparatos que consumen energía y suelen menospreciar los principios fundamentales del diseño de edificios, esenciales para la optimización de recursos y la reducción energética.

Como resultado este estudio propone la realización de un marco unificado para la realización de nuevos GBRS más eficaces y adecuados, y que se puedan integrar fácilmente en el proceso de diseño en Arquitectura e Ingeniería de la Construcción.

Palabras clave: sistemas de evaluación sostenible, edificios sostenibles, estudio comparativo

ABSTRACT

This paper shows a comparative study of the sixteen leading international sustainable building rating systems (GBRS): ASGB, BEAM, BREEAM, CASBEE, DGNB, GBI, GG, GM, GS, HQE, IGBC, LEED, LEVEL, Minergie, PassivHaus, and SBTools, focusing on their scoring methods and internal structures. The comparative study was conducted considering the different categories of each GBRS, as well as their sustainable indicators, covering all essential aspects of the sustainable building life cycle.

The results show substantial differences between the different GBRS, both in structural design and in the specific weights of the indicators, highlighting the lack of a standardized approach to sustainability. This lack of consensus results in variable sustainability ratings for the same building depending on the GBRS chosen; which calls into question the reliability of these assessment systems. Current GBRS have several shortcomings, perhaps the most important of which is that they often prioritize the incorporation of energy-consuming devices into buildings and often disregard fundamental building design principles essential for resource optimization and energy reduction.

As a result, this study proposes the development of a unified framework for the development of new, more appropriate GBRS, easily integrated into the design process in architecture and engineering.

Keywords: *sustainability assessment systems, sustainable buildings, comparative study*

1. INTRODUCCION

El sector de la construcción tiene un impacto negativo significativo en el ecosistema, caracterizado por la generación de residuos y emisiones nocivas, el uso ineficiente de recursos y un consumo energético considerable, entre otros problemas interconectados (Darko & Chan, 2016; Haapio, 2012; Illankoon et al., 2017; Klopp & Petretta, 2017). Se han realizado grandes esfuerzos para abordar estos desafíos mediante el análisis exhaustivo de todos los aspectos de la construcción, lo que ha dado lugar a la proliferación de los *Sistemas de Evaluación Sostenible de Edificios* (GBRS en inglés). Estos sistemas se concibieron como herramientas multivariable para evaluar de forma global los diferentes aspectos de la sostenibilidad de los edificios y establecer medidas correctoras (Doan et al., 2017).

Sin embargo, cada GBRS posee su propio marco conceptual y método de evaluación, lo que resalta la importancia del análisis comparativo para identificar sus respectivas fortalezas y debilidades. Estas evaluaciones son cruciales para informar sobre el desarrollo de nuevos GBRS que sean más eficaces, completos y legítimos (Doan et al., 2017). Sin embargo, el desarrollo de un GBRS es una tarea titánica, que exige la consideración de criterios ambientales integrales en todas las etapas y aspectos de la construcción (Nguyen et al., 2016; Reader, 2011). Además, la creación de una estructura interna, un marco operativo y un sistema de puntuación adecuados presenta desafíos adicionales (Lu et al., 2019).

Los GBRS se concibieron originalmente para evaluar el impacto ecológico de los procesos de construcción, centrándose en el uso de recursos, la generación de residuos, el consumo de energía y las emisiones (Doan et al., 2017). Estos GBRS eran robustos y simples ya que el concepto «ecológico» está bien definido y es científicamente abordable, comúnmente definido como: «ofrecer a las personas un espacio saludable, aplicable y eficiente, así como una arquitectura natural y armoniosa, con el máximo ahorro de recursos (energía, suelo, agua, materiales), protección del medio ambiente y reducción de la contaminación a lo largo de todo su ciclo de vida» (Kibert, 2016; Li et al., 2016).

Sin embargo, con el tiempo, el énfasis se ha desplazado de lo «ecológico» a lo «sostenible» (Berardi, 2013; Yanarella et al., 2009). Esta transición plantea un desafío fundamental, ya que el concepto de «sostenibilidad» se ha vuelto cada vez más ambiguo y se ha distanciado de sus orígenes ecológicos (Berardi, 2013; Yanarella et al., 2009; Buter & Van Raan, 2013; De Garrido, 2008; Komeily & Srinivasan, 2015; Runde & Thoyre, 2010). La evolución de la sostenibilidad se ha expandido para incluir aspectos económicos, sociales, políticos, institucionales y culturales (Friedmann Munro, 2010; Littig & Griessler, 2006; UCLGPS, 2010), por lo que existe el riesgo de que las GBRS se utilicen indebidamente como herramienta para justificar ciertas acciones económicas y políticas, en lugar de promover prácticas de construcción genuinamente sostenibles.

Para diseñar un GBRS para evaluar el nivel de sostenibilidad de los edificios, primero debe existir un consenso suficientemente detallado sobre qué se entiende por "sostenibilidad" y, sobre esta base, crear la estructura común de una GBRS para poder evaluarla adecuadamente. Sin embargo, la realidad es muy distinta. Actualmente existe una gran variedad de GBRS muy diferentes entre sí, con estructuras, indicadores, categorías, ponderaciones específicas y sistemas de puntuación diferentes. Por esta razón, recientemente se han realizado numerosos estudios comparativos entre estos sistemas para demostrar sus diferencias y destacar sus ventajas y desventajas (Altan & Binh, 2011; Asdrubali et al., 2015; Andrade et al., 2016; Andújar et al., 2020; Awadh, 2017; Bernardi et al., 2017; Borallo et al., 2022; Ding et al., 2018; Doan et al., 2017; Ferreira et al., 2014; Florez, 2020; He et al., 2018; Lee & Burnett, 2008; Lee, 2013; Lu et al., 2019; Mattoni et al., 2018; Tang et al., 2020; Varma et al., 2019).

Una de las conclusiones generales de todos estos estudios es que los GBRS son muy diferentes entre sí y que no es fácil compararlos. Muchos de ellos (Andrade & Braganca, 2016; Varma & Palaniappan, 2019) también concluyen que se deberían realizar más comparaciones para destacar las diferencias entre los sistemas, lo que requeriría establecer un marco común. Algunos trabajos dudan de la utilidad de los estudios comparativos, dadas las grandes diferencias existentes entre los diferentes GBRS, y sugieren que los GBRS actuales se deberían mejorar, y deberían adoptar una estructura común (Andújar et al., 2020).

De los estudios publicados hasta la fecha, destaca uno (Tang et al., 2020), en el que se comparan 10 GBRS según 17 criterios de evaluación y clasifica la importancia de los criterios según su ponderación promedio. El estudio señala nuevamente la gran dificultad de realizar comparaciones, ya que todos utilizan nomenclaturas

diferentes, lo que genera una gran cantidad de solapamientos, similitudes y ambigüedades. El estudio concluye indicando que los GBRS actuales deben mejorarse sustancialmente y que es necesario profundizar en el peso de cada indicador de evaluación. La segunda conclusión es que los estudios comparativos no son particularmente útiles (debido a sus amplias diferencias) y sugiere que lo que se debería realizar son estudios comparativos entre los edificios diseñados según estos GBRS frente a edificios convencionales para determinar su verdadera utilidad. El estudio señala que varios estudios previos han demostrado que el uso de estos GBRS apenas ofrece ventajas ambientales ni mejoras energéticas. La tercera conclusión es que se deben implementar nuevos GBRS más completos, auténticos y eficaces, y la última es que el GBRS otorga poca importancia al diseño y excesiva a la tecnología de construcción incorporada, lo que dificulta su validez.

Por lo tanto, los futuros GBRS deberían basarse en una definición detallada y consensuada del concepto de sostenibilidad y contar con una estructura clara y sencilla de categorías e indicadores. También deberían contar con un sistema de puntuación sencillo que proporcione una idea clara de la prioridad de las acciones a llevar a cabo para diseñar edificios más ecológicos y sostenibles al menor coste posible. De lo contrario, podrían perder su utilidad ambiental y convertirse en una mera herramienta para justificar políticas.

Muchos estudios son muy críticos y dudan de la validez de los sistemas GBRS actuales, ya que no consideran el diseño arquitectónico en su sistema de puntuación. Cabe destacar que un buen diseño arquitectónico, por el mismo precio y recursos, puede garantizar el confort interior de un edificio sin necesidad de dispositivos que consuman energía (calefacción, aire acondicionado y ventilación), ahorrando entre un 40 % y un 70 % de la energía consumida por un edificio convencional (De Garrido, 2008, 2012, 2012b, 2013, 2014, 2014b, 2017; Chen et al., 2015; Katiyar et al., 2021). Estas deficiencias invalidan el GBRS actual para medir adecuadamente el nivel de sostenibilidad de los edificios (De Garrido, 2008, 2012, 2017; Chen et al., 2015; Katiyar et al., 2021).

Algunos estudios van más allá y critican duramente los GBRS existentes (Ali, 2019; Amiri, 2019; LEED litigations, 2011), sugiriendo que se combinen, para lo cual se debería consensuar el concepto de «sostenibilidad» y realizar un mayor número de análisis comparativos (Montes et al., 2021). Numerosos trabajos (Scofield, 2009; Scofield & Cornell 2019; Conniff, 2017) concluyen que el GBRS actual no es útil, ya que, al comparar edificios certificados por algunos de ellos con edificios convencionales, no se observa un ahorro energético sustancial ni una optimización de recursos. Por ello, afirman que no merece la pena invertir tiempo ni dinero en el GBRS, ya que no garantiza un edificio sostenible y solo proporciona un certificado que realmente no garantiza nada. Sin embargo, estos estudios previos sólo consideraron un pequeño grupo de GBRS, lo que significa que sus conclusiones no pueden considerarse de aplicación general, ni identificaron sus deficiencias individuales ni dieron pistas sobre cómo diseñar un mejor sistema GBRS.

2. OBJETIVOS

El presente trabajo analiza de forma comparativa 16 GBRS, un número mucho mayor de los analizados en estudios previos, y se analizan las fortalezas y debilidades de cada uno de ellos. Para realizar el estudio comparativo, y tal como sugieren los estudios previos anteriormente mencionados, se ha establecido un marco común de comparación, identificando 14 categorías incluidas en el conjunto de GBRS analizados.

Los indicadores de cada GBRS se han reestructurado de acuerdo con las 14 categorías del marco común. Para ello se han aplicado factores de conversión para convertir el peso específico de cada indicador en su categoría anterior al peso específico que tiene en la nueva categoría del marco común. Además, se han utilizado factores de conversión para equiparar todas las puntuaciones a una métrica común de 0 a 100. Es decir, se han equiparado las puntuaciones máximas que se puede conseguir con cada GBRS a 100, y por ello se puede realizar una comparativa adecuada.

3. METODOLOGÍA

3.1 Elección de los principales Sistemas de Evaluación Sostenible de Edificios

Se han elegido los 16 GBRS en base a tres criterios:

- a) los más utilizados a nivel internacional
- b) los más citados en la base de datos Scimago (Scimago, 2019)
- c) los más representativos a nivel geográfico y territorial

Los GBRS seleccionados son: ASGB (ASGB, 2019), BEAM (BEAM, 2024), BREEAM (BREEAM, 2020), CASBEE (CASBEE, 2019), DNGB (DNGB, 2023), GBI (GBI, 2014), GG (GG, 2022), GM (GM, 2021), GS (GS, 2022), HQE (HQE, 2024), IGBC (IGBC, 2019), LEED (LEED, 2019), LEVEL's (LEVELS, 2019), Minergie (Minergie, 2022), PassivHaus (PassivHaus, 2023) y SBTools (SBTools, 2022).

3.2 Estudio comparativo de los 16 Sistemas de Evaluación Sostenible de Edificios

En general, la mayoría de los GBRS se basan en una estructura jerárquica descendente de cuatro niveles que incluye: categorías, problemas, criterios e indicadores (Andújar et al., 2020), aunque la mayoría de los actuales GBRS tan solo tienen dos niveles: categorías e indicadores. Por ello el estudio comparativo realizado se ha hecho en base a las categorías e indicadores de los 16 GBRS elegidos.

Para realizar el estudio comparativo, se han identificado catorce categorías comunes a los dieciséis GBRS seleccionados (aunque no tengan el mismo nombre). De esta manera, todos los indicadores de cada GBRS pueden pertenecer a una de estas categorías, sin ninguna ambigüedad y sin indicadores faltantes o adicionales.

Las categorías se han estructurado en cuatro grupos: 1. Esenciales. Categorías directamente implicadas en la medición del nivel ecológico de un edificio; 2. Complementarias. Categorías adicionales necesarias para medir adecuadamente su nivel de sostenibilidad; 3. Añadidas. Categorías innecesarias, cuyos indicadores ya están indirectamente incluidos en las categorías Esenciales o Complementarias, y que podrían servir únicamente para destacar algunos aspectos sostenibles del edificio, pero que compensan la importancia de algunos indicadores; 4. Superfluas. Categorías no relacionadas con la sostenibilidad (Fig. 1).

Para realizar el estudio, se compararon los indicadores GBRS de cada una de estas categorías, indicando también la puntuación máxima por categoría.

Categorías Esenciales	Energía
	Agua
	Materiales - residuos
	Sitio
	Calidad interior
	Calidad exterior
	Ciclo de vida
Categorías Complementarias	Diseño
	Economía
Categorías añadidas	Planeamiento-gestión
	Transporte
Categorías superfluas	Innovación
	Seguridad
	Cultura

Figura 1. Categorías comunes a los 16 GBRS, estructuradas en 4 grupos

Las categorías esenciales sirven para evaluar el nivel ecológico de un edificio (siempre que sus indicadores fueran completos, bien definidos y con el peso específico adecuado). Si se añaden las categorías complementarias, se puede evaluar la sostenibilidad de un edificio. Las categorías añadidas tienen poca relevancia, aunque algunas podrían ser útiles para evaluar la sostenibilidad. En cambio, las categorías superfluas no tienen nada que ver con la ecología ni la sostenibilidad y, por lo tanto, son innecesarias.

4. RESULTADOS

En la figura 2 se muestra que tan solo ASGB incluye las 14 categorías. Se observa además que los GBRS que tienen más categorías son: BREEAM (13), BEAM (12), HQE (12), SBTools (12), DNGB (11) y GM (11). Los GBRS que menos categorías tienen son: GG (9), GS (9), IGBC (9), LEED (9), Minergie (1) y PassivHaus (1).

Se observa además que tan solo 7 GBRS cuentan con las 7 categorías esenciales: ASGB, BEAM, BREEAM, DNGB, GG, HQE y SBTools. De estos 7 sistemas, los que menos categorías añadidas y superfluas tienen son DNGB y GG; por tanto estos GBRS son los que más valoran los aspectos ecológicos de los edificios. Los

sistemas con menos categorías esenciales son Minergie (1), PassivHaus (1), IGBC (5), LEED (5) y LEVEL, por lo que no son adecuados para evaluar los aspectos ecológicos de los edificios.

Los GBRS con más categorías añadidas son ASGB (2), BEAM (2), BREEAM (2), DNGB (2), GM (2), HQE (2) y SBTools (2). Los GBRS con más categorías superfluas son ASGB (3) y BREEAM (2). Por tanto, los GBRS con más categorías añadidas y superfluas son ASGB (5) y BREEAM (4), lo que los convierte en los menos puristas al evaluar los aspectos ecológicos y sostenibles de los edificios.

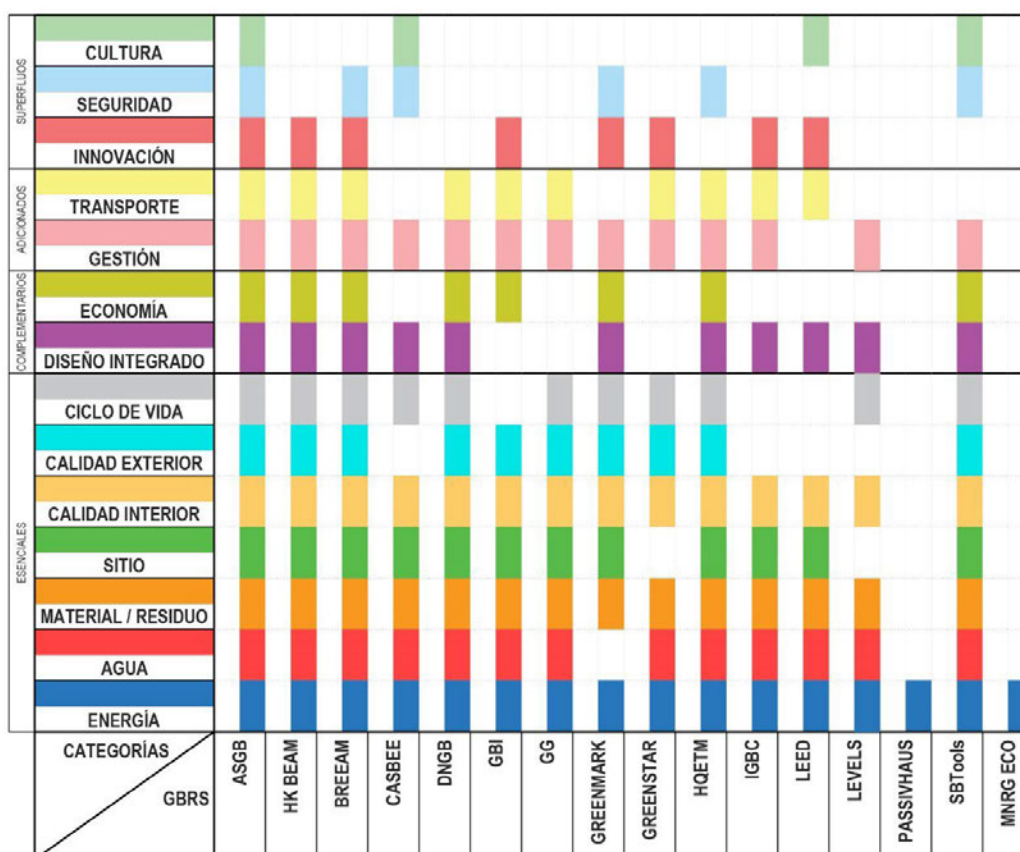


Figura 2. Categorías incluidas en los 16 GBRS seleccionados

Los GBRS menos completos son Minergie y PassivHaus, seguidos (desde un punto de vista ecológico) por LEED (con 5 categorías esenciales y 2 categorías añadidas y superfluas), IGBC (con 5 categorías esenciales y 1 categoría añadida y superflua) y LEVEL's.

La importancia que cada sistema otorga a cada categoría puede cuantificarse a partir de la puntuación máxima que se puede conseguir en cada una de ellas (Figs. 3 y 4).

La Fig. 3 muestra la puntuación máxima en cada categoría de los GBRS analizados. Cabe destacar que cada categoría puede tener indicadores incluidos en varias categorías diferentes en cada GBRS. Dado que todos los indicadores y categorías tienen un peso específico en el GBRS, para calcular la puntuación máxima que otorga cada GBRS en cada una de las 14 categorías identificadas en el marco común, se han utilizado factores de conversión de los diferentes GBRS para obtener una métrica general basada en 100, de modo que los diferentes sistemas puedan compararse directamente entre sí. La figura 3 muestra las puntuaciones máximas de las categorías basadas en un total de 100 puntos, además de los detalles de los factores de conversión utilizados. En la tabla se muestra los indicadores de los cuales se obtiene cada valor, independientemente de la categoría a la que pertenezca en cada GBRS.

Los GBRS que otorgan mayor importancia a la categoría de "energía" son: Minergie (100/100), PassivHaus (100/100), GM (60/100), SBTools (56,5/100) y LEED (30,91) (Fig. 4). Los que dan más importancia a la categoría de "agua" son: IGBC (23/100), BREEAM (15,1/100), GBI (13,5/100) y GS (12,73/100). Los que dan más importancia a la categoría de "uso de materiales y generación de residuos" son: GBI (15,5/100), IGBC (12/100), BREEAM (11,85/100) y LEED (11,82/100). Los que dan más importancia al "sitio" son SBTools

(28/100), CASBEE (16/100), BREEAM (15,83/100) y LEED (15,44/100), mientras que los que dan más importancia a la categoría de “salud y calidad interior” son HQE (42,66/100), CASBEE (32,4/100), DNGB (22,5/100) y GS (20,46/100).

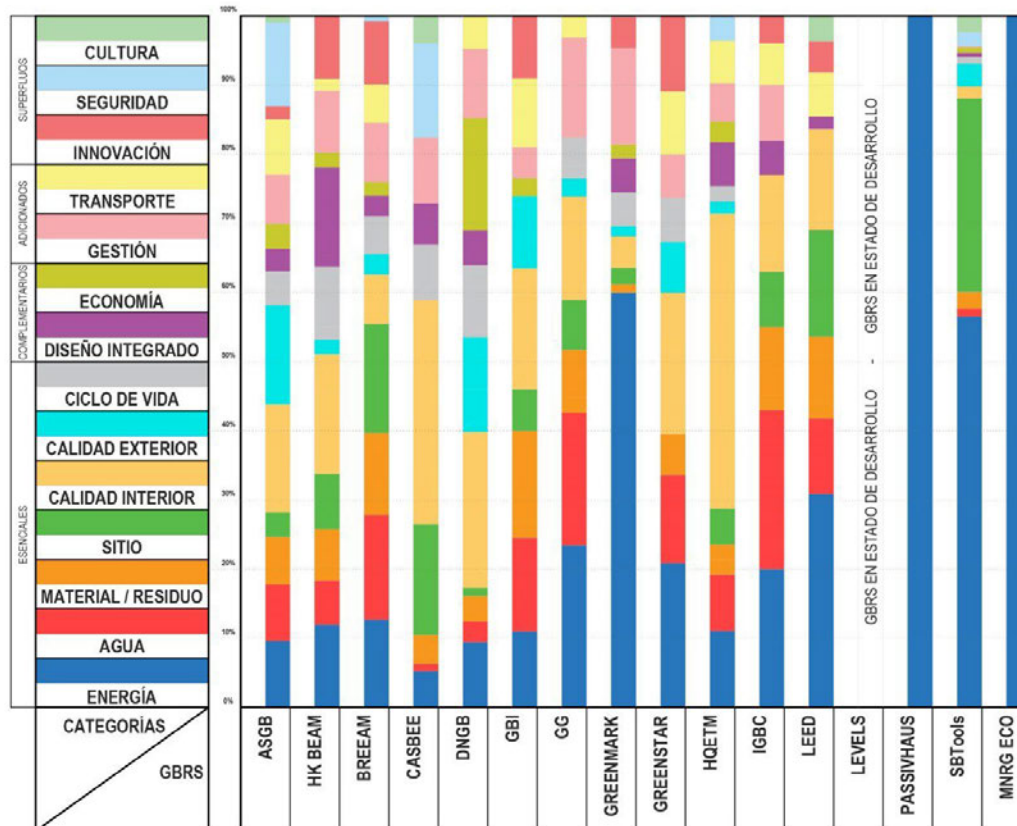


Figura 3. Máxima puntuación que se puede obtener en cada categoría de los 16 GBRs

Los GBRs que otorgan la mayor importancia a los aspectos ecológicos (categorías esenciales) son: SBTools (94,1/100), LEED (83,63/100) y GG (82,4/100). Los sistemas con mayor equilibrio ecológico (es decir, que otorgan una importancia relativa similar a las categorías esenciales) son: GG, BREEAM y BEAM.

En este análisis comparativo, se observa que muchos de los indicadores incluidos en las categorías de cada GBR no son realmente indicadores que permitan medir y aplicar posteriormente las medidas correctivas correspondientes. De hecho, son solo propuestas iniciales de acciones concretas. Y esta no parece ser una estrategia eficaz para implementar acciones sostenibles efectivas. Los indicadores deberían representar (indicar) los objetivos, independientemente de cómo se puedan lograr en cada caso.

También encontramos una enorme discrepancia en el número de indicadores relacionados con el mismo tema entre los diferentes GBRs analizados. Algunos sistemas cuentan con pocos indicadores generales, mientras que otros GBRs cuentan con un amplio conjunto de indicadores más específicos. Los GBRs con los indicadores más específicos, de hecho, otorgan mucha más importancia a un tema en particular que aquellos con menos indicadores y más generales. También se ha observado que el peso específico de los indicadores comunes o equivalentes varía considerablemente entre los diferentes GBRs analizados, lo que puede socavar la validez de la mayoría, sino de todos.

El principal resultado del análisis comparativo de los 16 *Sistemas de Evaluación Sostenible de Edificios* (GBRS) más relevantes a nivel internacional, es que los más completos son ASGB, BEAM, BREEAM y DNGB, ya que incluyen los indicadores de las siete categorías esenciales y están bastante equilibrados, es decir, no dan demasiada importancia a una categoría sobre las demás. No se han incluido GG ni SBTools, ya que otorgan demasiada importancia a la energía, ni tampoco GG, que otorga demasiada importancia a la calidad del aire.

Los GBRS menos adecuados son Minergie, PassivHaus, LEVELS, IGBC y LEED.

		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	N/A	100%	100%	100%
SUPERFLUOUS	CULTURE	0,96 *20			4,00 *41										3,64 *94		2,40	
	SECURITY	12,09 *19		0,78 *11	13,60 *40				0,19 *76		3,57						2,00 *102	
	INNOVATION	1,91	9,09	9,09				9,00 *61		4,48 *75	10,91			4,00	4,55			
ADDED	TRANSPORTATION	8,00 *18	1,75 *26	5,58		4,77 *51	10,00 *60	3,10 *66			9,09	6,15	6,00 *91	6,36				
	MANAGEMENT	7,10 *17	8,91 *25	8,53 *8	9,50 *39	10,00	4,50 *59	14,50 *65	13,96 *74	6,36 *83	5,56 *89	8,00					0,20 *101	
COMPLEMENTARY	ECONOMY	3,64 *16	2,10 *24	1,96 *12		16,25 *50	2,50 *58		2,00 *73		3,00						0,70	
	INTEGRATED DESIGN	3,26 *15	14,37	3,03 *9	6,00 *38	5,00 *49			4,88 *72		6,35 *88	5,00 *90	1,82 *93				0,60 *100	
ESSENTIALS	LIFE CYCLE	4,85 *14	10,62 *23	5,45 *10	8,00 *37	10,42 *48		5,90 *64	4,88 *71	6,36 *82	2,18 *87						1,00 *99	
	EXTERIOR QUALITY	14,33 *13	2,10 *22	2,97 *7		10,73 *47	10,50 *57	2,60 *63	1,47 *70	7,27 *81	1,79 *86						3,30 *98	
	INTERIOR QUALITY	15,64 *12	17,24	7,10 *6	32,40	22,50 *46	17,50 *56	15,00	4,57 *69	20,46 *80	42,66 *85	14,00	14,55				1,70	
	SITE	3,56 *11	8,05	15,83 *5	16,00 *36	1,23 *45	6,00 *55	7,20	2,39 *68	5,15 *84	8,00	15,44 *92					28,00 *97	
	MATERIAL / WASTE	6,84 *10	7,43 *21	11,85	4,20	3,66 *44	15,50 *54	9,10	1,18 *67	5,91 *79	4,36	12,00	11,82				2,40	
	WATER	8,18 *9	6,36	15,10 *4	1,05	3,00 *43	13,50 *53	19,10 *62		12,73 *78	8,13	23,00	10,91				1,20 *96	
	ENERGY	9,64 *8	11,98	12,73	5,25	9,45 *42	11,00 *52	23,50	60,0	20,91 *77	11,10	20,00	30,91			100	56,5 *95	100
	CATEGORIES																	
	GBRS	ASGB	HK BEAM	BREEAM	CASBEE	DGNB	GBI	GG	GREENMARK	GREENSTAR	HQETM	IGBC	LEED	LEVELS	PASSIVHAUS	SBTtools	MNRRG ECO	
		*1	*1	*1	*2	*3	*3	*4	*3	*1	*5	*3	*1	*6		*7		

- (*1) Evaluates out of 110 points. Adapted to 100 (ASGB/ HK BEAM / BREEAM/GREENSTAR/LEED)
- (*2) CASBEE Evaluates a factor Q and Factor L from 1 to 5 and scale it to a 0 to 100 values and finally the quo obtained applying the Q/L formula produces an overall score transmitted through the BEE index.
- (*3) Evaluates out of 100 points. Adapted to 100 (DGNB/GBI/GREEN MARK / IGBC)
- (*4) GG evaluates out of 1000 points. Adapted to 100
- (*5) HQE evaluates out of 504 points. Adapted to 100
- (*6) LEVELS does not have category weights available.
- (*7) SBTTool evaluates out of 107 potentially active criteria adapted to 100%
- (*8) ASGB Obtained from 1 valued prerequisites; 3 of resources conservation; 1 of occupant comfort; 1 of improvement and innovation.
- (*9) Obt. from 1 valued prerequisites; 1 occupant comfort; 4 resources conservation; 1 habitable environment.
- (*10) Obtained from 1 valued prerequisites; 5 of resources conservation.
- (*11) Obtained from 2 of occupant comfort; 2 of habitable environment
- (*12) Obtained from 1 valued prerequisites; 10 of health and comfort.
- (*13) Obtained from 1 valued prerequisites; 1 of occupant comfort; 6 of habitable environment; 1 of improvement and innovation.
- (*14) Obtained from 4 security and durability; 1 of improvement and innovation.
- (*15) Obtained from 1 of occupant environment; 2 of resources conservation; 1 of improv. and innovation.
- (*16) Obtained from 1 valued prerequisites;
- (*17) Obtained from 1 of health and comfort; 6 of occupant comfort; 2 of improvement and innovation.
- (*18) Obtained from 1 valued prerequisites; 1 of occupant comfort.
- (*19) Obtained from 1 valued prerequisites; 5 of security and durability.
- (*20) Obtained from 1 of innovation and improvement
- (*21) HK BEAM Obtained from 1 of integrated design and const. management.
- (*22) Obtained from 4 indicators of the sustainable site category
- (*23) Obtained from 1 of sustainable site; 2 of materials and waste; 1 of energy use category.
- (*24) Obtained from 2 of integrated design and const. management
- (*25) Obt. from 6 integrated design and const. mgmt; 1 of sustainable site; 2 materials and waste; 1 energy use
- (*26) Obtained from 1 of Sustainable site.
- (*27) BREEAM Obtained from the indicators AG 01, AG 03, AG 04, SYB 09, SYB 10, and CONT 03
- (*28) Obtained from the indicators SYB 07, TRA 02, USE 01, 02, 04, 05, and 06, CONT 01 and 02
- (*29) Obtained from the indicators SYB 01, SYB 02, SYB 04 and SYB 05
- (*30) Obtained from the indicators SYB 06, SYB 08 and CONT 05
- (*31) Obtained from the indicator MAT 01
- (*32) Obtained from the indicator ENE 04
- (*33) Obtained from the indicator GST 02
- (*34) Obtained from the indicators GST 01, GST 03, GST 04, GST 05 and SYB 12
- (*35) Obtained from the indicator SYB 11
- (*36) CASBEE Obtained from 3 of Q3 and 4 of LR2
- (*37) Obtained from 3 of Q2 and 1 of LR3
- (*38) Obtained from 2 of Q2
- (*39) Obtained from 2 of Q2; 2 of R1 and 4 of LR2.
- (*40) Obtained from 1 of Q1; 3 of Q2 and 1 of Q3.
- (*41) Obtained from 1 of Q3.
- (*42) DGNB Obtained from the indicators ENV1.1, TEC1.3 and TEC1.4
- (*43) Obtained from the indicators ENV2.2
- (*44) Obtained from the indicators ENV1.3, TEC1.6
- (*45) Obtained from the indicators SITE1.1
- (*46) Obtained from the indicators ECO2.6, SOC1.1, SOC1.2, SOC1.3, SOC1.4 and SOC1.6
- (*47) Obtained from the indicators ENV1.2, ENV2.3 and ENV2.4, SOC1.6, SITE1.1
- (*48) Obtained from the indicators ENV1.1, ECO2.4, TEC1.6
- (*49) Obtained from the indicators SOC2.1
- (*50) Obtained from the indicators ECO1.1, ECO2.4 and ECO2.7
- (*51) Obtained from the indicators TEC3.1, SITE1.3 and SITE1.4
- (*52) GBI Obtained from the indicators EE1, EE2, EE3 and EE4
- (*53) Obtained from the indicators SM10 Sustainable, all of Water efficiency
- (*54) Obtained from the indicators SM4, SM6 and SM7, all of Materials & resources
- (*55) Obtained from the indicators SM1, SM2 and SM3
- (*56) Obtained from the indicators EE1 and EE2, EQ1, EQ2, EQ3, EQ4, EQ5, EQ6
- (*57) Obtained from the indicators SM10, SM11, SM12, SM13 and SM14
- (*58) Obtained from the indicators EE3
- (*59) Obtained from the indicators EE6, EQ7, SM5 and SM6
- (*60) Obtained from the indicators SM8 and SM9
- (*61) Obtained from the indicators EE5, all of Innovation
- (*62) GG Obtained from de indicators SITE 2.4, WE 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.8 and 4.9
- (*63) Obtained from the indicators SITE 2.5 and 2.8
- (*64) Obtained from the indicators MAT 5.1 and MAT 5.2
- (*65) Obtained from the indicators PM 1.1, PM 1.2, PM 1.3, PM 1.4, PM 1.5, ENE 3.3 and WE 4.7
- (*66) Obtained from the indicator SITE 2.2
- (*67) GM Obtained 1 belongs to resilience; 1 belongs to shole life carbon and 1 belongs to health wellbeing.
- (*68) Obtained were recategorized 4 of resilience
- (*69) Obtained were recategorized 5 of health and wellbeing.
- (*70) Obtained were recategorized 3 of health and wellbeing.
- (*71) Obtained 1 belongs to resilience; 3 whole life carbon
- (*72) Obtained 1 belongs to resilience; 2 belongs to health and wellbeing and 2 belongs to intelligence.
- (*73) Obtained were recategorized 2 of whole life carbon.
- (*74) Obtained 3 belongs to resilience; 2 whole life carbon; 3 intelligence and 9 belongs to maintainability.
- (*75) Obtained 1 belongs to every category but 2; 2 belongs to maintainability.
- (*76) Obtained was recategorized 1 of health and wellbeing.
- (*77) GS Obtained from the indicators GS14, GS15 and GS16
- (*78) Obtained from the indicators GS18 Water, GS26 Emissions
- (*79) Obtained from the indicators GS8 Management, GS20, GS21 and GS22 Materials
- (*80) Obtained from the indicators GS3 and GS7 Management, all of Indoor Environment Quality, GS21
- (*81) Obtained from the indicators all of Land use & ecology, GS27 and GS29
- (*82) Obtained from the indicators GS19
- (*83) Obtained from the indicators GS2, GS4 and GS5
- (*84) HQE Obtained from the indicators SOL. Land use and BDV. Biodiversity
- (*85) Obtained from the indicators FL. Location characteristics chapter 1
- (*86) Obtained from the indicators CC. Climate change
- (*87) Obtained from the indicators CDE. Durability calculation of the envelope, DCN. Deconstruction
- (*88) Obtained from the indicators FL. location characteristics, chapter 2 (quality of life)
- (*89) Obtained from the indicators BC. Connected building, RES. Management of the main climate risks and DG. General regulators
- (*90) IGBC Obtained from the indicators SD3, SD4, RM2
- (*91) Obtained from the indicators SD5, SD6
- (*92) LEED Obtained from the indicators Ltc. lead for neighborhood development location, Ltc. sensitive land protection, Ltc. high priority site, Ltc. surrounding density and diverse uses, and sustainable sites SS
- (*93) Obtained from the indicators Inc. lead accredited professional, IPC. integrative process of LEED
- (*94) Obtained from the indicators RP. regional priority
- (*95) SB TOOL Obtained from the indicators project infrastructure and services, C1
- (*96) Obtained from the indicators B4
- (*97) Obtained from the indicators C4, C5
- (*98) Obtained from the indicators C2
- (*99) Obtained from the indicators E4, E5
- (*100) Obtained from the indicators E2
- (*101) Obtained from the indicators E3 Controllability
- (*102) Obtained from the indicators E1

Figura 4. Máxima puntuación que se puede obtener en cada categoría de los 16 GBRS

5. CONCLUSIONES

En este artículo se ha realizado un análisis comparativo de dieciséis de los GBRS internacionales más destacados. Las conclusiones más importantes son:

- Los GBRS más completos son: ASGB, BEAM, BREEAM y DGNB. De todos ellos, el mejor es: DGNB.
- Los 16 GBRS analizados son muy diferentes entre sí y presentan deficiencias en su estructura interna, la estructura de categorías e indicadores, los mecanismos de puntuación, y especialmente en la ponderación inadecuada de los indicadores. Esta enorme variación imposibilita la realización de estudios comparativos más allá del realizado en el presente trabajo. Por ello se debería establecer un marco común para mejorar los GBRS actuales y desarrollar nuevos sistemas más cohesivos, legítimos y eficaces.
- Para diseñar un marco común para el desarrollo de futuros GBRS se deben realizar estudios de casos concretos. Se deberían realizar estudios comparativos entre edificios con diseño convencional y edificios diseñados siguiendo algún GBRS.
- Las grandes diferencias entre los GBRS para evaluar la sostenibilidad ponen en evidencia la falta de un consenso internacional sobre el concepto de sostenibilidad. El hecho de que un mismo edificio pueda calificarse con niveles de sostenibilidad muy variables según el GBRS elegido pone muy en duda la credibilidad de todos los GBRS actuales.
- Los GBRS actuales tienden a priorizar la incorporación en los edificios de dispositivos que consumen energía (calefacción, ventilación, aire acondicionado, iluminación, etc...) lo que, además de aumentar los costes de construcción, subestiman el diseño conceptual del edificio, que esencial para la sostenibilidad. El diseño adecuado de un edificio optimiza los recursos, minimiza los residuos y las emisiones, mejora la calidad de vida y reduce drásticamente la demanda energética (al maximizar la captación solar pasiva en invierno, limitar la ganancia de calor en verano y utilizar la ventilación natural). Por ello, para fomentar una auténtica sostenibilidad, es fundamental modificar los GBRS existentes, y crear otros nuevos, que puedan valorar adecuadamente el diseño de los edificios.
- Los futuros GBRS deben ser exhaustivos, rigurosos, creíbles y eficaces, pero lo suficientemente sencillos como para que se puedan utilizar como metodologías prácticas de diseño. Estos sistemas deben ser gratuitos, y deben integrarse fácilmente en la práctica habitual de arquitectos e ingenieros, así como en la formación en arquitectura e ingeniería. De este modo, la evaluación de la sostenibilidad de los edificios se convertiría en una verificación administrativa sencilla y gratuita, como debió ser desde un principio.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ali, A., Juudit, O. & Jaana, S. (2019). Are buildings with LEED certifications energy efficient in practice?. *Sustainability* 11(6), 1672 <https://doi.org/10.3390/su11061672>
- Altan, H. & Binh K. N. (2011). Comparative Review of Five Sustainable Rating Systems. *Procedia Engineering*, 21, 376-386 <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2029>
- Amiri, A., Ottelin, J. & Sorvari, J. (2019). ¿Are LEED-Certified Buildings Energy-Efficient in Practice? *Sustainability*, 11(6), 1672 <https://doi.org/10.3390/su11061672>
- Andrade, J. & Braganca, L. (2016). Sustainability assessment of dwellings-A comparison of methodologies. *Civil Engineering and Environmental Systems* 2016, 33, 125-146 <https://doi.org/10.1080/10286608.2016.1145676>
- Andújar, J. M., Gómez, S. & Sánchez, A. (2020). Green building rating systems and the new framework level(s): A Critical Review of Sustainability Certification within Europe. *Energies* 13(1), 66 <https://doi.org/10.3390/en13010066>
- Asdrubali, F., Baldinelli, G., Bianchi, F. & Sambuco, S. (2015). A comparison between environmental sustainability rating systems LEED and ITACA for residential buildings. *Building and Environment* 86, 98-108 <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.01.001>
- ASGB 2019. Assessment Standard for Green building <https://www.eia543.com/documents/14%E5%BB%BA%E7%AD%91%E8%AE%BE%E8%AE%A1%26%E5%AE%A4%E5%86%85%E7%A9%BA%E6%B0%94%E6%B1%A1%E6%9F%93%E7%A0%94%E7%A9%B6/%E7%BB%BF%E8%89%B2%E5%BB%BA%E7%AD%91%E8%AF%84%E4%BB%B7%E6%A0%87%E5%87%86%EF%BC%88GB%20T%2050378-2019%EF%BC%89.pdf>
- 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/10.1016/J.JOBE.2017.03.010>

- BEAM 2024. Building Environmental Assessment Method
[https://www.beamsociety.org.hk/files/404%20New%20Buildings%20\(Full%20Version\).pdf](https://www.beamsociety.org.hk/files/404%20New%20Buildings%20(Full%20Version).pdf)
- Berardi, U. (2013). Clarifying the new interpretations of the concept of sustainable building. *Sustainable Cities and Society* 8, 72-8 <https://doi.org/10.1016/j.scs.2013.01.008>
- Bernardi, E., Carlucci, S., Cornaro, C. & Bohne, R.A. (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>
- Borralló, M., López de Asiain, M., Esquivias, P. M. & Delgado, D. (2022). Comparative study between the Passive House Standard in warm climates and Nearly Zero Energy Buildings under Spanish Technical Building Code in a dwelling design in Seville, Spain. *Energy and Buildings* 254 (111570) <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111570>
- BREEAM 2020. Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology.
<https://breeam.es/manuales-tecnicos>
- Buter, R. & Van Raan, A. (2013). Identification and analysis of the highly cited knowledge base of sustainability science. *Sustainability science* 8, 253-67 <https://doi.org/10.1007/s11625-012-0185-1>
- CASBEE 2019. Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency.
<https://www.ibecs.or.jp/CASBEE/english/download.htm>
- Chen, X., Yang, H. & Lu, L. (2015). A comprehensive review on passive design approaches in green building rating tools. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, 50(C), 1425-1436 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.003>
- Conniff, R. (2017). Why Don't Green Buildings Live Up to Hype on Energy Efficiency? *Yale Environment* 360: New Haven, CT <https://e360.yale.edu/features/why-dont-green-buildings-live-up-to-hype-on-energy-efficiency>
- Darko, A. & Chan, A. P. C. (2016). Critical analysis of green building research trend in construction journals. *Habitat International*, 57, 53-63 <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2016.07.001>
- De Garrido, L. (2008). *Analysis of Sustainable Architecture Projects. "Artificial Natures 2001-2008"*. McGraw-Hill. 485 pages. ISBN 978-84-481-6802-5
- De Garrido, L. (2012). *A New Paradigm in Architecture*. Monsa. 528 pages. ISBN 978-84-152-2375-7
- De Garrido, L. (2012 b). *Self-Sufficient Green Architecture*. Monsa. 96 pages. ISBN 978-84-15223-76-4
- De Garrido, L. (2013). *Design Practice of the New Architectural Paradigm*. Synthesis. 216 pages. ISBN 978-84-94009-40-2
- De Garrido, L. (2014). *Zero Energy Architecture*. Editorial Monsa. 112 pages. ISBN. 978-84-15829-54-6
- De Garrido, L. (2014 b). *Extreme Bioclimatic Architecture*. Monsa. 112 pages. ISBN. 978-84-15829-55-3
- De Garrido, L. (2017). *Manual of Advanced Ecological Architecture*. Editorial Nobuko Design. 354 pages. ISBN. 978-98-74160126
- Ding, Z., Fan, Z., Tam, V.W., Bian, Y., Li, S., Illankoon C. S. & Moon, S. (2018). Green building evaluation system implementation. *Building and Environment* 133, 32-40 <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.02.012>
- DGNB 2023. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen <https://www.dgnb.de/en/certification/buildings/new-construction/version-2023>
- 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>
- Ferreira, J., Pinheiro, M. D. & de Brito, J. (2014). Portuguese sustainable construction assessment tools benchmarked with BREEAM and LEED: An energy analysis. *Energy Building* 69, 451-463 <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.11.039>
- Florez, L. (2020). Sustainability and Green Building Rating Systems: A Critical Analysis to Advance Sustainable Performance, Editor(s): Saleem Hashmi, Imtiaz Ahmed Choudhury, Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials, Elsevier, 211-220. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11411-0>
- Friedmann, W. & Munro, L. (2010). *United Nations International Journal* 1, 102
- GBI 2014. Green Building Index 2014. <https://www.greenbuildingindex.org/gbi-tools/>
- GG 2022. Green Globes. Green Globes New Construction 2021
https://thegbi.org/wpcontent/uploads/2022/11/Green_Globes_NC_2021_ES_BEQ_Technical_Reference_Manual.pdf
- GM 2021. Green Mark. Certification Standard. Technical Manual <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/green-mark-certification-scheme/green-mark-2021>
- GS 2022. Green Star. Green Star Design & As Built. Technical Manual. <https://www.gbca.org.au/shop/green-star-rating-tools/#>
- Haapio, A. (2012). Towards sustainable urban communities. *Environmental Impact Assessment Review*, 32, 165-9 <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2011.08.002>
- He, Y., Kvan, T., Liu, M. & Li, B. (2018). How green building rating systems affect designing green. *Building and Environment* 133, 19-31 <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.02.007>

- HQE 2024. Haute Qualité Environnementale <https://www.qualitel.org/professionnels/documentation/referentiels-nf-habitat-hqe/>
- IGBC 2019. Indian Green Building Council. <https://igbc.in/igbc-green-homes.php>
- Illankoon, C. S., Tam, V. W. Y., Le, K. N. & Shen, L. (2017). Key credit criteria among international green building rating tools. *Journal of Cleaner Production*, 164, 209-220 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.206>
- Katiyar, M., Sahu, A.K., Agarwal, S.K. & Tiwari, P.K. (2021). Role of Spatial Design in Green Buildings-A Critical Review of Green Building Rating Systems. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1116,1, 12-166 <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1116/1/012166>
- Kibert, C. J. (2016). *Sustainable construction: green building design and delivery*. John Wiley & Sons. ISBN: 978-1-119-70645-8
- Klopp, J. M. & Petretta, D. L. (2017). The urban sustainable development goal: Indicators, complexity and the politics of measuring cities. *Cities*, 63, 92-97 <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.12.019>
- Komeily, A. & Srinivasan, R. S. (2015). A need for balanced approach to neighborhood sustainability assessments: A critical review and analysis. *Sustainable Cities and Society* 18, 32-43 <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.05.004>
- Lee, W. L. & Burnett, J. (2008). Benchmarking energy use assessment of HK-BEAM, BREEAM and LEED. *Building and Environment* 43, 1882-1891 <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.11.007>
- Lee, W. (2013). A comprehensive review of metrics of building environmental assessment schemes. *Energy and Buildings* 62, 403-413 <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.03.014>
- LEED 2019. *Leadership in Energy and Environmental Design*. <https://www.usgbc.org/tools/leed-certification/homes> CLASIFICACION.pdf
- LEED litigations 2011. <https://www.hahnlaw.com/news/contractors-and-owners-beware-lawsuit-follows-green-construction>.
- LEVELS 2019. Available online: https://susproc.jrc.ec.europa.eu/Efficient_Buildings/documents.html
- Li, Y., Yu, W., Li, B. & Yao, R. (2016). A multidimensional model for green building assessment: A case study of a highest-rated project in Chongqing. *Energy and Buildings* 125, 231-43 <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.04.055>
- Littig, B. & Griessler, E. (2006). Social sustainability: A catchword between political pragmatism and social theory. *International Journal of Sustainable Development* 8, 65 <https://doi.org/10.1504/IJSD.2005.007375>
- Lu, W., Chi, B., Bao, Z. & Zetkalic, A. (2019). Evaluating the effects of green building on construction waste management: A comparative study of three green building rating systems. *Building and Environment*, 155, 247-256 <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.03.050>
- Mattoni, B., Guattari, C., Evangelisti, L., Bisegna, F., Gori, P. & Asdrubali, F. (2018). Critical review and methodological approach to evaluate the differences among international green building rating tools. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 82, 950-960 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.105>
- Minergie 2022. https://www.minergie.ch/media/20170906_flyer_minergie_allgemein_en_rgb.pdf
- Montes, G. M., Bayo, J. A., Escobar, B. M., Mattinzioli, T. & Pinazo, M. A. (2021). Sustainability building rating systems. A critical review. Time for change?. In Ayuso Muñoz, J. L., Yagüe Blanco, J. L., Capuz-Rizo, S. F. (eds). *Project Management and Engineering Research*, 391-404
- Nguyen, T.H., Toroghi, S. H. & Jacobs, F. (2016). Automated Green Building Rating System for Building Designs. *Journal of Architectural Engineering*, 22, 4 [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.0000168](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000168)
- PassivHaus 2023. https://passiv.de/downloads/03_building_criteria_en.pdf
- Reader, L. (2011). Residential Rating Systems: A Comparison, in: Reader, L (Ed.), *Guide to Green Building Rating Systems: Understanding LEED, Green Globes, Energy Star, the National Green Building Standard, and More*. John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, pp. 1-25 <https://doi.org/10.1002/9781118259894>
- Runde, T. & Thoyre, S. (2010) Integrating sustainability and green building into the appraisal process. *Journal of Sustainable Real Estate* 2(1), 221-48 <https://doi.org/10.1080/10835547.2010.12091795>
- SBTools 2022. <https://www.iisbe.org/sbmethod>
- Scimago (2019). Scimago Lab. SJR: Scientific Journal Rankings. 2019 <https://www.scimagojr.com/journalrank.php?year=2019>
- Scofield, J. H. (2009). "Do LEED-certified buildings save energy? Not really". *Energy and Buildings* 41, 1386-90 <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.08.006>
- Scofield, J. H. & Doane, J. (2018). Energy performance of LEED-certified buildings from 2015 Chicago benchmarking data, *Energy and Buildings*, 174, 402-413 <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.06.019>
- Scofield, J. H. & Cornell, J. (2019). A critical look at "Energy savings, emissions reductions, and health co-benefits of the green building movement". *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology* 29, 584-593 <https://doi.org/10.1038/s41370-018-0078-1>

- Tang, K. H. D., Foo, C. Y. H. & Tan, I. S. (2020). A review of the green building rating systems. IOP Conference Series. *Materials Science and Engineering*, Bristol, 943(1). doi:10.1088/1757-899X/943/1/012060 <https://doi.org/10.1088/1757-899X/943/1/012060>
- UCLGPS (2010). Culture: Fourth Pillar of Sustainable Development; United Cities Local Government Policy Statement: Barcelona, Spain, 2010
- Varma, C. R. S. & Palaniappan, S. (2019). Comparision of green building rating schemes used in North America, Europe and Asia. *Habitat International* 89, 101989. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2019.05.008>
- Yanarella, E. J., Levine, R. S. & Lancaster, R. W. (2009). Research and solutions: "Green" vs. Sustainability: From semantics to enlightenment. *Sustainability: The Journal of Record*, 2, 296-302. <https://doi.org/10.1089/SUS.2009.9838>