

Requerimientos de diseño ambiental al interior de los edificios en México

Environmental design requirements for Indoor Environmental Quality in Mexico

Recibido: abril 2019

Aceptado: septiembre 2020

Silverio Hernández Moreno¹

Resumen

El objetivo fue la revisión y análisis de normatividad mexicana acerca de Calidad Ambiental al Interior de los Edificios que fuera equivalente a las normas estadounidenses que se solicitan durante el proceso de certificación LEED® v4, con el propósito de certificar edificios en México. La metodología se resume en la revisión de normas mexicanas que tuvieran equivalencia con la estadounidense y en concordancia con sus contenidos, su rigor de aplicación y su vigencia. Como resultado, se obtuvo que en la mayoría de los requerimientos solicitados por la categoría de Calidad Ambiental al Interior de las Edificaciones no hubo equivalencia entre normas, y por tanto se concluye, en lo general, que mientras las normas mexicanas no sean lo suficientemente completas para aplicación en este tipo de modelos o sistemas de clasificación ambiental en edificios, se seguirá cumpliendo con las normas estadounidenses o de ISO siempre y cuando tengan una adecuada adaptación al contexto mexicano por parte de los proponentes.

Palabras Clave:

Calidad ambiental al interior; Certificación LEED®; sistemas de clasificación ambiental

Abstract

The objective was the review of Mexican regulations regarding to Indoor Environmental Quality that were equivalent to the American standards requested during the LEED® v4 certification process, with the purpose of certifying buildings in Mexico. The methodology summarized in revision of Mexican standards that have equivalence with the United States norms and in accordance with its contents, its application rigor and its validity. As a result, in most of the requirements requested by the category of Indoor Environmental Quality there was no equivalence between standards. Therefore, it is concluded while the Mexican standards are not complete enough to application in this type of models or systems of environmental classification in buildings, will continue to comply with US standards as long as they have an adequate adaptation to the Mexican context by the proponents

Keywords:

Indoor environmental quality; LEED®
Certification; environmental classification systems

¹ Nacionalidad: mexicano; Doctor en Arquitectura; adscripción: profesor investigador de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Autónoma del Estado de México; e-mail: silverhm2002@yahoo.com.mx

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente existen alrededor del mundo, numerosos modelos y sistemas de clasificación ambiental² para el diseño y construcción de edificios, tales como *LEED*® (Estados Unidos), *BREEAM*® (Reino Unido), *Green Mark*® (Singapur), *Green Star*® (Australia) etc., que pueden o no adaptarse a la forma del quehacer arquitectónico en cualquier país del mundo, es decir, a la aplicación propiamente de criterios arquitectónicos, de materiales y sistemas constructivos propios de una región o localidad (Awadh, 2017; Abreu, Freitas y Zhang, 2018; Shan y Hwang, 2018).

Todos estos modelos o metodologías de diseño ambiental de edificios surgieron con la intención principal de reducir los impactos ambientales de los edificios durante todo su ciclo de vida (Alwisy, BuHamdan y Gül, 2018; Shan y Hwang, 2018), sobre todo por la cuestión de consumos de energías de origen fósil. Al mismo tiempo se fue incorporando la necesidad de proveer un adecuado ambiente al interior de los inmuebles que incluyera: confort térmico, confort lumínico, confort visual, confort acústico y control de malos olores, también para aumentar la plusvalía del inmueble y mejorar la toma de las decisiones de los actores involucrados en los proyectos (Sunderland y Butterworth, 2016), lo que desde el principio, en las versiones del modelo de *LEED*® se ha tomado de manera muy puntual y en concordancia con normatividad vigente relacionada a los temas de confort al interior de los inmuebles.

LEED® es un modelo de clasificación ambiental de edificios, que permite a través de 8 categorías de diseño sustentable, diseñar, construir, operar y mantener diversos tipos de edificios acordes a normatividad referente al control de aspectos ambientales, económicos y sociales. *LEED*® tiene la finalidad de certificar ambientalmente cualquier edificio, pero el modelo puede ser empleado también con propósitos de servir como una guía de diseño de “buenas prácticas”³ (Jalaei y Jade, 2015) en las disciplinas de Arquitectura y Construcción en todo el mundo.

Las 8 categorías que conforman *LEED*® v4⁴ (USGBC, 2014), son:

1. Ubicación y transporte
2. Sitios sustentables
3. Uso eficiente del agua
4. Energía y atmósfera
5. Materiales y recursos
6. Calidad ambiental al interior del edificio
7. Innovación
8. Prioridad regional

El sistema de clasificación de *LEED*® se estructura entonces en estas categorías y cada categoría contiene una serie de pre-requisitos y requisitos de diseño ambiental en edificios que se deben cumplir bajo un determinado propósito cada uno (USGBC, 2014). El máximo puntaje por el total de las categorías que se puede cumplir son 110 puntos, habiendo 4 distintas certificaciones según su puntaje:

- De 40 a 49 puntos se da un certificado básico
- De 50 a 59, plata
- De 60 a 79, Oro
- De 80 a 110, Platino.

El objetivo principal de este trabajo es hacer una revisión exhaustiva de normatividad mexicana y de literatura científica acerca de la Calidad Ambiental al Interior de los Edificios que sea equivalente a las normas estadounidenses que se solicitan durante el proceso de certificación *LEED*® v4, con el propósito de certificar edificios ambientales en México.

El presente artículo, además de esta introducción, consta de una sección de metodología donde se explica de manera concisa cómo se realizó la investigación para alcanzar el objetivo; posteriormente la sección de resultados arrojó una tabla en la que se organizaron los principales hallazgos en materia de revisión de normas y literatura científica correspondiente al tema central de Calidad Ambiental al Interior de las Edificaciones para el cumplimiento de los requerimientos solicitados por el modelo *LEED*® durante el proceso de certificación; finalmente se emitieron las principales conclusiones respecto a los resultados obtenidos.

² Sistema de clasificación ambiental, entendido como un modelo o metodología que ordena y sistematiza una serie de categorías de tipo ambiental para algún fin, en este caso para certificaciones ambientales en edificios.

³ “Buenas prácticas” entendidas como prácticas de tipo sustentable, con énfasis en lo ambiental.

⁴ v4 se refiere a la versión del modelo o metodología de *LEED*®.

Cabe señalar que el presente trabajo no se trata de describir los puntajes ni los niveles de certificación que se pueden obtener a través del modelo, sino que se enfoca solamente a las siguientes preguntas básicas:

¿Cómo podemos emplear el modelo LEED® v4 con el fin de mejorar y certificar la calidad ambiental al interior de edificios en proyectos de diseño y construcción en México? Por tanto, la pregunta principal sería: ¿Cuáles normas mexicanas deben elaborarse o ajustarse para alinearse al modelo LEED®?

Por consecuencia de estas preguntas básicas, se podrá conocer de manera detallada qué normatividad (tanto mexicana como estadounidense) se debe cumplir en la solicitud de certificación a través de LEED® v4, incluyendo su fuente principal para consulta y revisión.

2. METODOLOGÍA

El enfoque del presente trabajo es desde la perspectiva del arquitecto y constructor; la investigación es esencialmente una revisión de literatura científica, básicamente de normas técnicas que dan cumplimiento a diversos requisitos de diseño para obtener una certificación ambiental de edificios en México, mediante el modelo LEED® de Estados Unidos de América, el cual es el de mayor uso y prestigio en el mundo.

El objeto de estudio, fue concretamente, las normas técnicas, las cuales y a través de una revisión y análisis cuantitativo y cualitativo de su contenido, aplicabilidad, vigencia y compatibilidad entre normas, se pudo determinar la equivalencia entre las normas estadounidenses con las normas mexicanas, de la siguiente manera:

1. Se determinó el contexto geográfico de aplicación para el caso mexicano.
2. Con base a la versión 4 (v4) de LEED® referente a diseño y construcción de edificios se definieron los requerimientos (pre-requisitos y requisitos) de diseño y construcción únicamente para la categoría Calidad Ambiental al Interior (EQ por sus siglas en inglés).
3. De cada requerimiento de diseño ambiental se buscó la equivalencia de la normativa mexicana en correspondencia con la normativa estadounidense señalada en cada requerimiento a través de una revisión exhaustiva de literatura tanto impresa como electrónica de normas mexicanas.
4. Se analizó e interpretó la equivalencia

de la norma mexicana por la estadounidense para aplicación a proyectos en México, de acuerdo principalmente con sus contenidos, rigor de aplicación, vigencia y compatibilidad de aplicación. Se determinó también cómo se puede asegurar el cumplimiento en la aplicación de las normas.

Finalmente se identificaron en qué casos existieron o no existieron equivalencias de normas mexicanas (tabla 1) para ver la posibilidad de aplicar la norma estadounidense o alguna internacional como ISO igualmente equivalente y estricta. Se mencionó cómo se debe asegurar el cumplimiento en la aplicación de las normas.

3. RESULTADOS

El contexto geográfico para la aplicación del modelo de LEED® v4 corresponde para el presente estudio a toda la república mexicana, tomando en consideración que las normas encontradas como equivalentes a las de Estados Unidos pueden aplicarse para todo México, porque son de índole federal.

Los requerimientos (pre-requisitos y requisitos) de diseño y construcción para la categoría Calidad Ambiental al Interior (EQ por sus siglas en inglés) correspondientes al modelo LEED® v4, están descritas en la columna 1 de la tabla 1, incluyendo la equivalencia de la normativa mexicana (columna 5) y la de ISO (columna 6) en correspondencia con la normativa estadounidense (columna 4) señalada en cada requerimiento. Vea por favor también la sección de referencias para un mayor detalle sobre las normas técnicas y sus fuentes. (Ver tabla 1 en las páginas siguientes)

Tabla 1. Requerimientos de diseño ambiental para la categoría de Calidad Ambiental al Interior de los Edificios según el modelo LEED® v4

Fuente: resultados obtenidos de la revisión de literatura basada principalmente en: USGBC, 2014; Secretaría de Economía, 2013; Diversas fuentes de ASHRAE, Normas Oficiales Mexicanas e ISO. Por favor vea la sección de -Referencias- para mayores detalles

Requerimiento	Propósito	Requisitos y recomendaciones de diseño	Normas que atender (USA)	Equivalencia en México	Norma ISO
1. Desempeño mínimo de la calidad del aire al interior (pre-requisito obligatorio)	Establecer estándares mínimos de calidad del aire al interior.	Espacios ventilados mecánicamente	ASHRAE 62.1-2010, <i>Sections 4 through 7, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality</i> (ASHRAE, 2010).	No hay equivalencia como tal pero parcialmente están las normas: Norma Oficial Mexicana NOM-031-STPS-2011, Construcción-Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2011); NOM-023-ENER-2010 (Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido) Secretaría de Energía (2010).	ISO 16814:2008 (<i>Building environment design -- Indoor air quality -- Methods of expressing the quality of indoor air for human occupancy</i>). ISO (2008).
		Espacios con ventilación natural o espacios mixtos: determinando apertura mínima para aire exterior.	ASHRAE 62.1-2010 (ASHRAE, 2010); figura 2.8 CIBSE; sección 4 de ASHRAE 62.1-2010	No hay equivalencia, pero parcialmente está la norma: Norma Oficial Mexicana NOM-031-STPS-2011, Construcción-Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo (Secretaría de Energía, 2010).	ISO 16814:2008 (<i>Building environment design -- Indoor air quality -- Methods of expressing the quality of indoor air for human occupancy</i>), ISO (2008).
		Monitoreo en ambos casos	ASHRAE 62.1-2010	No hay equivalencia, pero parcialmente está la norma: Norma Oficial Mexicana NOM-031-STPS-2011, Construcción-Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo.	ISO 16814:2008 (<i>Building environment design -- Indoor air quality -- Methods of expressing the quality of indoor air for human occupancy</i>).
		Para centros de salud (espacios ventilados mecánicamente). Para espacios con ventilación natural usar ASHRAE 62.1-2010; figura 2.8 CIBSE.	Sección 7 de ASHRAE 170-2008 (<i>Ventilation of Health Care Facilities</i>), ASHRAE (2008); 2010 FGI <i>Guidelines for Design and Construction of Health Care Facilities</i> , tabla 2.1-2; ASHRAE 62.1-2010; secciones: 6, 7 y 8 de ASHRAE 170-2008.	No hay equivalencia, pero parcialmente está la norma: Norma Oficial Mexicana NOM-031-STPS-2011, Construcción-Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo.	ISO 16814:2008 (<i>Building environment design -- Indoor air quality -- Methods of expressing the quality of indoor air for human occupancy</i>).
		Monitoreo en ambos casos	ASHRAE 62.1-2010	"	"
2. Control del humo ambiental del tabaco (pre-requisito obligatorio)	Prevenir la exposición al humo de tabaco a los ocupantes del edificio.	Prohibir fumar dentro del edificio; prohibir fumar dentro del edificio excepto en zonas reservadas a fumadores ubicadas al menos a 7.5 mts de toda entrada, entrada de aire exterior y ventana operativa; y prohibir fumar fuera del límite de la propiedad en espacios usados para fines de negocios. Debe haber carteles a menos de 3 mts de todas las entradas del edificio que indiquen la política de no fumar. Sellado de puertas y ventanas exteriores para asegurar un aislamiento efectivo del aire interno con el externo; sellar todas las puertas entre unidades y pasillos comunes; minimizar las vías no controladas de transferencia de humo y otros productos contaminantes, tales como ductos de instalaciones, entrepisos, techos, pisos, aperturas de suministros bajantes de basura o ropa sucia, huecos de ascensores o conductos de correo, etc.	No hay equivalencia, pero hay en México un Reglamento de la Ley General para el Control del Tabaco, donde se hace referencia a evitar fumar al interior de los edificios.	ISO 16814:2008 (<i>Building environment design -- Indoor air quality -- Methods of expressing the quality of indoor air for human occupancy</i>).	

<p>3. Desempeño Acústico mínimo (pre-requisito obligatorio)</p>	<p>Espacios que faciliten la comunicación a través de un diseño acústico efectivo.</p>	<p>1. Ruido de fondo de los sistemas de aire acondicionado (máximo 40 dBA).</p>	<p>1. Sección 1, anexo A.1 de la norma ANSI S12.60-2010 (ANSI, 2010); cap. 48 del 2011 HVAC <i>Applications</i> ASHRAE <i>Handbook; Noise and Vibration Control</i>; norma AHRI 885-2008 (AHRI, 2008).</p>	<p>No hay una equivalencia como tal, pero hay un apéndice informativo 13, Recomendaciones acústicas, en la norma mexicana NMX-AA-164-SCFI-2013 sobre Edificación sustentable-Criterios y requerimientos ambientales mínimos, (Secretaría de Economía, 2013).</p>	<p>ISO 12354-1:2017 (ISO, 2017a).</p>
		<p>2. Ruido exterior: implementar medidas de tratamiento acústico para minimizar intrusión sonora de fuentes externas, procurando mantener al interior en horas pico de ruido un máximo de 60 dBA.</p>	<p>Clasificando el ruido exterior en A, B, C o D; Tabla A1.2a 2010 de las FGI <i>Guidelines, Categorization of Health care Facility Sites by Exterior Ambient Sound</i> y la tabla 1.3-1 de 2010 <i>SV Guidelines</i>; en categorías B, C y D atender a ASTM E966 <i>Standard Guide for Field Measurements of Airborne Sound Insolation of Buildings Facades and Facade Elements</i>, (ASTM, 2010).</p>	<p>No hay una equivalencia como tal, pero hay un apéndice informativo 13, Recomendaciones acústicas, en la norma mexicana NMX-AA-164-SCFI-2013 sobre Edificación sustentable-Criterios y requerimientos ambientales mínimos.</p>	<p>ISO 12354-2:2017 (ISO, 2017b).</p>
		<p>3. Tiempo de reverberación: incluir acabados que absorban suficientemente el ruido para cumplir con la sección 1 de la norma ANSI S12.60-2010 <i>Acoustical Performance Criteria</i>. Confirmar que la superficie total de paneles acústicos de paredes, acabados de cielorrasos supere la superficie total del techo de los espacios (excluyendo lámparas, difusores y rejillas); y que los materiales contengan un coeficiente de reducción de ruidos (NRC por sus siglas en inglés) de 0.7 o superior para que puedan ser incluidos en el cálculo).</p>	<p>ANSI S12.60-2010 <i>Acoustical Performance Criteria</i>; NRC-CNRC <i>Construction Technology Update N° 51, Acoustical Design of Rooms for Speech</i> (2002).</p>	<p>No hay una equivalencia como tal, pero hay un apéndice informativo 13, Recomendaciones acústicas, en la norma mexicana NMX-AA-164-SCFI-2013 sobre Edificación sustentable-Criterios y requerimientos ambientales mínimos.</p>	<p>ISO 12354-2:2017</p>

<p>4. Estrategias avanzadas de calidad de aire</p>	<p>Mejorar el confort de la calidad del aire de los ocupantes.</p>	<p>Opción 1. Estrategias avanzadas de calidad de aire; Ventilación mixta: a) Sistemas de control de contaminantes de ingreso; b) Prevención de la contaminación cruzada en el interior; c) Filtración; d) cálculos de diseño de la ventilación natural; e) cálculos de diseño de modo mixto.</p>	<p>c) Un valor 13 o superior de la norma: ASHRAE 52.2-2007 (<i>Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency by Particle Size</i>) (ASHRAE (2007); d) Sección 2.4 de marzo de 2005 de <i>Applications manual AM10, Natural Ventilation in Non domestic Buildings</i> de la <i>Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE)</i> (CIBSE, 2005); e) Cálculos de diseño mixto (CIBSE <i>Application Manual 13-2000, Mixed Mode Ventilation</i>).</p>	<p>No hay equivalencia en México.</p>	<p>ISO 16890-4:2016 <i>Air filters for general ventilation — Part 4: Conditioning method to determine the minimum fractional test efficiency</i>, ISO (2016a), ISO, (2016b).</p>
		<p>Opción 2. Estrategias adicionales de calidad de aire: en espacios con ventilación mecánica: a) Prevención de la contaminación del exterior; b) aumento de la ventilación; c) monitoreo del dióxido de carbono; d) control y monitoreo de fuentes adicionales. En espacios con ventilación natural: a) Prevención de la contaminación exterior; b) control y monitoreo de fuentes adicionales; cálculos de ventilación natural "habitación a habitación". En espacios con modo mixto: a) Prevención de la contaminación exterior; b) aumento de la ventilación; c) control y monitoreo de fuentes adicionales; d) cálculos de ventilación natural "habitación a habitación".</p>	<p>a) Prevención de la contaminación exterior <i>National Ambient Air Quality Standards (NAAQS)</i>; b) aumento de la ventilación (aumentar tasas de ventilación al menos un 30 %, ASHRAE 62.1-2010; figura 2.8 CIBSE; sección 4 de ASHRAE 62.1-2010; c) monitoreo del dióxido de carbono, calculando los puntos de consigna con ASHRAE 62.1-2010, apéndice C; d) control y monitoreo de fuentes adicionales (hacer un plan de control y monitoreo de fuentes de contaminación adicional y utilizar sensores específicos para su control; e) Cálculos de ventilación natural ("habitación a habitación"), CIBSE AM10, sección 4, <i>Design calculations</i> para predecir que las corrientes de aire "habitación a habitación" suministrarán una ventilación natural eficiente.</p>	<p>No hay equivalencia como tal, pero parcialmente está la Norma Oficial Mexicana NOM-031-STPS-2011, Construcción-Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo.</p>	<p>ISO 16814:2008 (<i>Building environment design -- Indoor air quality -- Methods of expressing the quality of indoor air for human occupancy</i>).</p>

<p>5. Materiales de baja emisión</p>	<p>Reducir las concentraciones de productos químicos contaminantes que dañen la calidad del aire al interior.</p>	<p>Control de emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC por sus siglas en inglés). El umbral de cumplimiento de emisiones VOC va de 90 % al 100 % dependiendo de la categoría de materiales y acabados. Deben hacerse pruebas de los productos del edificio de acuerdo con el <i>Standard Method V1.1-2010</i> del Departamento de Salud Pública de California (CDPH por sus siglas en inglés), empleando escenarios de exposición que procedan. Las declaratorias del fabricante debe indicar el rango total de VOC a los 14 días; además para pinturas y revestimientos de aplicación húmeda se debe cumplir con: <i>California Air Resources Board (CARB) 2007; Suggested Control Measure (SCM) for Architectural Coatings</i> o la norma 1110 (2011) del <i>South Coast Air Quality Management District</i>; para adhesivos y sellantes la norma 1168 de <i>South Coast Air Quality Management District</i>.</p>	<p>Sistemas de mobiliario 7.6.1 y 7.6.2 de ANSI/ BIFMA e3-2011 (BIFMA, 2011); Declaraciones del fabricante directrices de CDPH SM V1.1-2010, sección 8, certificadas por la guía ISO 65; laboratorios acreditados por ISO/IEC 17025 (ISO, 2012); contenido VOC ASTM D2369-10 (ASTM, 2015); ISO 11890 parte 1 o ASTM D6886 -03 o ISO 11890 parte 2; madera compuesta <i>California Air Resources Board; Airborne Toxic Measure to Reduce Formaldehyde Emissions from Composite Woods Products Regulation</i>.</p>	<p>No hay equivalencia en México.</p>	<p>ISO 11890 (ISO, 2006); ISO 65; ISO/IEC 17025; ISO 16000-3: 2010; ISO 16000: 6-2011; ISO 16000-9: 2006 y la ISO 16000-11: 2006.</p>
--------------------------------------	---	---	--	---------------------------------------	---

<p>6. Plan de gestión de la calidad del aire interior del edificio</p>	<p>Minimizar los problemas de calidad del aire al interior del edificio asociados con la construcción y renovación más mantenimiento del inmueble.</p>	<p>Durante la construcción: cumplir con las directrices del capítulo 3, del <i>IAQ Guidelines for Occupied Buildings Under Construction</i>, segunda Edición 2007 (SMACNA, 2008); ANSI/SMACNA 008-2008 de la <i>Sheet Metal and Air Conditioning National Contractors Association</i> (SMACNA). Materiales particulados; VOC; Emisiones exteriores cumplir con NIOSH <i>Asphalt Fume Exposures during the application of Hot Asphalt to Roof</i> (2003-112) (Department of Health and Human Services 2003). Tabaco; ruido y vibración (BS5228) British Standards Institution (2008); Control de infecciones (FGI 2010 <i>Guidelines for Design and Construction of Health Care Facilities</i>) Facility Guidelines Institute (2010).</p>	<p>ASHRAE 52.2-2007; <i>Guidelines for Occupied Buildings Under Construction</i>, segunda Edición 2007; ANSI/SMACNA 008-2008 de la <i>Sheet Metal and Air Conditioning National Contractors Association</i>; BS5228; FGI 2010 <i>Guidelines for Design and Construction of Health Care Facilities</i>.</p>	<p>No hay equivalencia en México.</p>	<p>ISO 16814:2008 (<i>Building environment design -- Indoor air quality -- Methods of expressing the quality of indoor air for human occupancy</i>).</p>
<p>7. Evaluación de la Calidad del Aire al Interior</p>	<p>Mejorar la calidad del aire al interior durante la construcción y durante la ocupación del edificio.</p>	<p>Mejorar la calidad del aire al interior a través del control de las concentraciones máximas de los productos tomando en cuenta los métodos y normas especificadas.</p>	<p>Formaldehido: ASTM D5197 ASTM (2016); EPA TO-11 (Environmental Protection Agency, 2015). o EPA <i>Compendium Method IP-10</i>; Partículas PM 10: EPA <i>Compendium Method</i>; Ozono: ASTM D5149-02; Compuestos Orgánicos Volátiles: EPA TO-1, TO-5, TO-17 o EPA <i>Compendium Method</i>; Productos químicos enumerados en la norma del Estado de California (CDPH) <i>Standard method v1.1</i>, tabla 4-1, excepto el Formaldehido: ASTM D5197; EPA TO-1, TO-15 y TO-17; monóxido de carbono (CO): EPA <i>Compendium Method IP-3</i>.</p>	<p>No hay equivalencia en México.</p>	<p>Formaldehido: ISO 16000-3 (ISO, 2011a); Partículas PM 10: ISO 7708 (ISO, 1995); Ozono: ISO 13964 (ISO, 1998); Compuestos Orgánicos Volátiles: ISO 16000-6 (ISO 2011b); Productos químicos enumerados en la norma del Estado de California (CDPH) <i>Standard method v1.1</i>, tabla 4-1, excepto el Formaldehido: ISO 16000-3 y 16000-6; monóxido de carbono (CO): ISO 4224.</p>

<p>8. Confort térmico</p>	<p>Mejorar el confort térmico para promover la productividad de las actividades que se realicen y mejorar el bienestar de las personas al interior.</p>	<p>Cumplir con la norma ASHRAE 55-2010 (ASHRAE 2017); y se recomienda utilizar controladores térmicos generales pero también individuales y por zona con el fin de ajustar el ambiente local o parcial del edificio de al menos la temperatura del aire, la temperatura radiante, la velocidad del aire y la humedad (utilizando termostatos individuales para su control).</p>	<p>ASHRAE 55-2010 (<i>Thermal Comfort Conditions for Human Occupancy</i>).</p>	<p>No hay equivalencia en México como tal pero se pueden emplear normas relacionadas a este punto, como: NOM-008-ENER-2001 (Eficiencia energética en edificaciones, envoltente de edificios no residenciales) (Secretaría de energía, 2001); NOM-018-ENER-2011 (Aislantes térmicos para edificaciones), Eficiencia energética en edificaciones. Envoltente de edificios para uso habitacional).</p>	<p>ISO 7730: 2005 (Ergonomía del ambiente térmico) ISO (2005); CEN EN 15251: 2007 (Parámetros del ambiente interior para el diseño y evaluación de la eficiencia energética de edificios, incluyendo la calidad del aire, condiciones térmicas, iluminación y ruido, sección A2).</p>
<p>9. Iluminación artificial</p>	<p>Mejorar tanto el bienestar de los ocupantes como la productividad de las actividades, a través de iluminación de alta calidad.</p>	<p>Opción 1. Controladores de iluminación. Proporcionar al menos el 90 % de los espacios de ocupantes individuales controladores de iluminación para adaptarlas a sus actividades específicas; Opción 2. Calidad de la iluminación: Utilizar dispositivos que atiendan a adecuados niveles de: luminosidad, índice de reproducción cromática, vida nominal de las fuentes de luz, limitar iluminación superior directa, umbrales de reflectancia incluyendo el mobiliario si este está incluido en el proyecto, relación de iluminancia promedio tanto en techos como en paredes</p>	<p>ASHRAE 90.1-2016: <i>Power and Lighting</i>, ASHRAE (2016).</p>	<p>NOM-025-STPS-2008 (Condiciones de iluminación en los centros de trabajo); y cumplimiento de: NOM-007-ENER-2004 (Secretaría de Energía, 2014), NOM-013-ENER-2004, NOM-028-ENER-2010, NOM-017-ENER/SCFI-2008 y NOM-064-SCFI-2000, NOM-025-STPS-2008.</p>	<p>ISO 7730: 2005 (Ergonomía del ambiente térmico); CEN EN 15251: 2007 (Parámetros del ambiente interior para el diseño y evaluación de la eficiencia energética de edificios, incluyendo la calidad del aire, condiciones térmicas, iluminación y ruido, sección A2) (British Standards Institution, 2007).</p>

10. Iluminación natural	Mejorar la iluminación al interior del edificio a través de la iluminación natural para reducir el consumo de energía artificial.	<p>Opción 1. Simulación por computadora de la autonomía del espacio con iluminación natural y su exposición a la luz solar de manera anual; Opción 2: Realizar cálculos de la iluminancia de los espacios interiores; Opción 3: Medición de los niveles de iluminancia de las superficies de iluminación natural, regularmente iluminadas de acuerdo a un calendario de medidas de iluminancia.</p>	ASHRAE 90.1-2016: <i>Power and Lighting</i> .	NOM-025-STPS-2008 (Condiciones de iluminación en los centros de trabajo); y cumplimiento de: NOM-007-ENER-2004, NOM-013-ENER-2004, NOM-028-ENER-2010, NOM-017-ENER/SCFI-2008 y NOM-064-SCFI-2000, NOM-025-STPS-2008.	ISO/WD 20734 <i>Building Environment Design -- Daylighting design procedure for indoor visual environment; ISO 10916:2014 Calculation of the impact of daylight utilization on the net and final energy demand for lighting; CEN EN 15251: 2007 (Parámetros del ambiente interior para el diseño y evaluación de la eficiencia energética de edificios, incluyendo la calidad del aire, condiciones térmicas, iluminación y ruido, sección A2).</i>
11. Desahogo visual o vistas de calidad	Conectar a ocupantes del edificio con el entorno exterior mediante vistas de calidad.	Procurar una línea directa de visión hacia el exterior a través de las ventanas en al menos un 75 % del total de la superficie ocupada; Visión clara del exterior no obstaculizada; vistas en diversas direcciones, que incluyan flora, fauna, cielo, movimiento, objetos bien definidos y vistas libres. El uso de patios interiores se puede realizar hasta un límite del 30 % de las necesidades de desahogo visual.	<i>ANSI/ASHRAE/IES STANDARD 90.1-2010 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings Windows and offices: a study of office worker performance and the indoor environment.</i>	No hay equivalencia.	ISO/WD 20734 <i>Building Environment Design -- Daylighting design procedure for indoor visual environment.</i>

<p>12. Desempeño acústico</p>	<p>Mejorar el confort acústico de los ocupantes y promover la productividad al interior de las actividades.</p>	<p>Cumplir con los requisitos en todos los espacios ocupados sobre ruido de fondo del Aire acondicionado y Calefacción si es el caso; con el aislamiento acústico; con el tiempo de reverberación y el refuerzo y enmascaramiento del sonido. Utilizar para las mediciones de nivel de ruido conforme a ANSI S1.4. Diseñar las instalaciones de manera que cumplan con las secciones de la tabla 1.2-3 de <i>Design Criteria for Minimum Sound Isolation Performance Between Enclosed Rooms</i>, y la tabla 1.2-4 <i>Speech Privacy for Enclosed Room and Open Plan Spaces</i> (2010, <i>FGI Guidelines</i> y 2010 <i>SV Guidelines</i>. Cumplir con las secciones 1.2-6, 1.5 y 1.2-6.1.6 2010 de <i>FGI Guidelines</i> y <i>SV 2010 Guidelines</i> (incluyendo el apéndice). Opción 1. Privacidad del habla, aislamiento del ruido y ruido de fondo. Opción 2. Acabados acústicos y ruido exterior (clasificando el ruido exterior en A, B, C o D) Tabla A1.2a 2010 de las <i>FGI Guidelines, Categorization of Health care Facility Sites by Exterior Ambient Sound</i> y la tabla 1.3-1 de 2010 <i>SV Guidelines</i>; en categorías B, C y D atender a <i>ASTM E966 Standard Guide for Field Measurements of Airborne Sound Insolation of Buildings Facades and Facade Elements</i>.</p>	<p>Ruido de fondo: tabla 1, capítulo 48 de la norma 2011 ASHRAE <i>Handbook, HVAC Applications</i>; con la tabla 15 de la norma AHRI 885-2008; Para transmisión de sonido STCc, tabla 1, AHRI 885-2008; tiempos de reverberación de la tabla 9.1 de <i>Performance Measurement Protocols for Commercial Buildings</i>; ASHRAE, 2007d. Para el enmascaramiento del sonido: Índice de Transmisión del Habla (STI), ANSI S12 60-2010; FGI 2010, <i>Guidelines for Design and Construction of Health Care Facilities</i>; y el documento <i>Sound and Vibration Design Guidelines for Health Care facilities</i>. Para la privacidad del habla y aislamiento del sonido: ANSI T1 .523-2001, <i>Telecom Glossary</i> 2007. Capítulo 40 de <i>Sound and Vibration Control</i> de ASHRAE 2011 <i>Handbook</i>. Acabados acústicos: tabla 1.2-1 de 2010 <i>FGI Guidelines, Design Room Sound Absorption Coefficients</i> y 2010 <i>SV Guidelines</i>; Ruido exterior del sitio: tabla 1.2-1 de 2010 <i>FGI Guidelines</i> y las 2010 <i>SV Guidelines</i> tabla 1.3-1.</p>	<p>No hay una equivalencia como tal, pero hay un apéndice informativo 13, Recomendaciones acústicas, en la norma mexicana NMX-AA-164-SCFI-2013 sobre Edificación sustentable- Criterios y requerimientos ambientales mínimos.</p>	<p>ISO 1996; ISO/TC 43 Acoustics; ISO 26101:2012 <i>Acoustics -- Test methods for the qualification of free-field environments</i>; ISO 17624:2004 <i>Acoustics — Guidelines for noise control in offices and workrooms by means of acoustical screens</i>.</p>
-------------------------------	---	---	--	---	---

En la tabla 1 se puede observar que la equivalencia de normas mexicanas respecto a las estadounidenses y a las de ISO es prácticamente nula, esto debido a que en México la situación en la generación de normas al respecto es aún precaria, a pesar de los esfuerzos de las instancias responsables como las secretarías de Estado y organismos certificadores el nivel de desarrollo de normas y leyes mexicanas no se equipara a países como Estados Unidos o como Alemania.

Para el requerimiento 1 correspondiente a Desempeño mínimo de la calidad del aire al interior (pre-requisito obligatorio), no se encontró equivalencia en México, pero hay dos normas mexicanas que podrían usarse como complemento para cubrir el cumplimiento con la norma estadounidense, que para el caso de certificaciones en México, se tendría que cumplir.

Para el requerimiento 2 correspondiente a Control del humo ambiental del tabaco (pre-requisito obligatorio), No hay equivalencia, pero hay en México un Reglamento de la Ley General para el Control del Tabaco, donde se hace referencia a evitar fumar al interior de los edificios, y como en el caso del requerimiento anterior, podría usarse como complemento para cubrir el cumplimiento con la norma estadounidense, que para el caso de certificaciones en México, se tendría que cumplir.

Para el requerimiento 3 correspondiente a Desempeño Acústico mínimo (pre-requisito obligatorio), tampoco hay una equivalencia como tal, pero hay un apéndice informativo 13, -Recomendaciones acústicas-, en la norma mexicana NMX-AA-164-SCFI-2013 sobre Edificación sustentable- Criterios y requerimientos ambientales mínimos,

Para el requerimiento 4 correspondiente a Estrategias avanzadas de calidad de aire, no hay ninguna equivalencia. Por tanto, se debe cumplir directamente con la norma estadounidense.

Para los requerimientos 5, 6 y 7 correspondiente a Materiales de baja emisión, Plan de gestión de la calidad del aire interior del edificio y Evaluación de la Calidad del Aire al Interior no hay ninguna equivalencia estricta en México que pueda cumplir con el requisito estadounidense.

Para el requerimiento 8 correspondiente a Confort térmico, tampoco hay equivalencia como tal, pero se pueden complementar los trabajos con las normas técnicas mexicanas, tales como: la NOM-008-ENER-2001 (Eficiencia

energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales) y la NOM-018-ENER-2011 (Aislantes térmicos para edificaciones), Eficiencia energética en edificaciones. Envolvente de edificios para uso habitacional).

Respecto al requerimiento 9 correspondiente a Iluminación artificial, tampoco existe una equivalencia al 100 % con la norma estadounidense pero se pueden complementar los trabajos para cumplimiento de este requerimiento con las normas mexicanas NOM-025-STPS-2008 (Condiciones de iluminación en los centros de trabajo); NOM-007-ENER-2004 (Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales), NOM-013-ENER-2004 (Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y áreas exteriores públicas), NOM-028-ENER-2010 (Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos de prueba), NOM-017- ENER/ SCFI-2008 (Eficiencia energética y requisitos de seguridad de lámparas fluorescentes compactas auto-balaustradas. Límites y métodos de prueba), NOM-064-SCFI-2000 (Productos eléctricos-Luminarios para uso en interiores y exteriores-Especificaciones de seguridad y métodos de prueba).

Respecto al requerimiento 10 correspondiente a Iluminación natural tampoco existe una equivalencia mexicana con la norma estadounidense, pero podemos complementar los trabajos con la norma mexicana NOM-025-STPS-2008 (Condiciones de iluminación en los centros de trabajo).

Respecto al requerimiento 11 correspondiente a Desahogo visual o vistas de calidad no hay ninguna equivalencia.

Finalmente, para el requerimiento 12 correspondiente a Desempeño acústico, no hay equivalencia como tal pero hay un apéndice informativo número 13, sobre Recomendaciones acústicas, en la norma mexicana NMX-AA-164-SCFI-2013 -Edificación sustentable- Criterios y requerimientos ambientales mínimos que podría ser de utilidad dentro del cumplimiento con la norma estadounidense.

4. CONCLUSIONES

La equivalencia de las normas que solicita cumplir el modelo LEED® respecto a las normas mexicanas es prácticamente nula; de igual manera las normas mexicanas son tan incipientes que no se encontraron equivalencias con las normas ISO, por tal razón siempre que se realice un proyecto de certificación

de edificios ambientales ya sea con LEED® o cualquier otro modelo similar, se tiende a cumplir con las normas internacionales existentes.

En primer lugar, nos damos cuenta inmediatamente de que el atraso en la elaboración de normas técnicas respecto a muchos temas de edificación ambiental en México es muy grande. Y por supuesto, es preocupante para todos los sectores involucrados, y que, por consecuencia, debería haber una mayor participación y coordinación de los actores responsables para que estas normas mexicanas que nos están haciendo falta se puedan elaborar. Actores del sector público: gobierno, legisladores, académicos, especialistas y profesionales, así como del sector privado: empresarios e igualmente especialistas y profesionales que participen en la elaboración conjunta de estas normas que hacen falta, y que llenen estos vacíos al certificar y evaluar edificaciones ambientales con modelos ya probados como LEED® o cualquier otro similar.

La categoría o rubro ambiental del modelo LEED® v4 Calidad Ambiental al Interior de las Edificaciones, es una de las que mayor revisión y aplicación de normas técnicas requiere hacerse para cumplir el trámite de certificación ambiental de edificios.

El requerimiento significativamente más importante en el análisis de la Calidad al Interior de las Edificaciones es el análisis de la calidad del aire, seguida del confort térmico, lumínico y posteriormente la cuestión acústica y vibraciones, materiales bajos en emisividad tóxica y finalmente el requerimiento de desahogo visual.

Se concluye que en México cuando se desea realizar una certificación de cualquier proyecto o edificio es necesario, primeramente, conocer profundamente el modelo de LEED® en su versión más actualizada, antes de comenzar a planear y a diseñar el proyecto para poder cumplir posteriormente con todos los requisitos que pide el organismo certificador USGBC (*United States Green Building Council*). Lo anterior debido a que este modelo es el más usado tanto en todo el mundo como en México para estos fines de certificación.

Para proyectos fuera de Estados Unidos de América, como sería el caso de México, las normas que se solicitan son muy estrictas; por lo que pudimos observar en el análisis, las pocas normas mexicanas que se lograron percibir no cumplen en su totalidad con la equivalencia estadounidense ni con la de ISO. Por tanto, y

mientras las normas mexicanas no sean completas y suficientes, se seguirá alineándose con las normas estadounidenses o de ISO para poder cumplir cabalmente con los requisitos de los certificadores de LEED®, y adaptar las normas estadounidenses lo más que se pueda al contexto mexicano.

El conocimiento de todas estas normas, ya sean estadounidenses, las mexicanas y las ISO ayudan de manera muy significativa al mejoramiento de los proyectos de edificios que deseen cumplir cabalmente con la categoría de LEED® v4 referente a Calidad Ambiental al Interior de las Edificaciones, y por tanto obtener altos puntajes en este rubro con vías a la certificación ambiental

Se concluye finalmente que, trabajos similares a este se deben realizar en México, replicando la misma metodología en la medida de lo posible, respecto al resto de las categorías del modelo LEED® v4 (Ubicación y transporte; Sitios sustentables; Uso eficiente del agua; Energía y atmósfera; Materiales y recursos; Innovación y Prioridad regional) para conocer de manera integral toda la normatividad mexicana equivalente con las normas estadounidenses que se deben cumplir para certificar mediante el modelo LEED® v4. 

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu Luri, Freitas Saraiva, Zhang Xingxing (2018). “Green building rating systems in Swedish market - A comparative analysis between LEED, BREEAM SE, GreenBuilding and Miljöbyggnad”, *Energy Procedia*, Volume 153 (2018), 402-407. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.10.066>
- AHRI (2008). *AHRI Standard 885-2008, Procedure for Estimating Occupied Space Sound Levels in the Application of Air Terminals and Air Outlets*, USA: Air- Conditioning, Heating and Refrigeration Institute (AHRI).
- Alwisy Aladdin, BuHamdan Samer y Gül Mustafa (2018) “Criteria-based ranking of green building design factors according to leading rating systems”, *Energy and Buildings*, 178, 2018, 347-359. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.08.043>
- ANSI (2010). ANSI/ASA S12.60-2010/Part 1 (R2015), *Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools, Part I: Permanent Schools*, USA: American National Standards Institute.

- ASHRAE (2007). *ASHRAE Standard 52.2-2007 - Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency by Particle Size*, USA: ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- ASHRAE (2008). *ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170-2008, Ventilation of Health Care Facilities*, USA: ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- ASHRAE (2010). *ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2010, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*, USA: ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- ASHRAE (2016). *ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2016, Energy Efficiency Standard for Buildings, Except Low-Rise Residential Buildings*, USA: ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- ASHRAE (2017). *Standard 55 – thermal environmental conditions for human occupancy*, USA: ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- ASTM (2010). *ASTM E966 – 18, Standard Guide for Field Measurements of Airborne Sound Attenuation of Building Facades and Facade Elements*, USA: American Society of Testing Materials.
- ASTM (2015). *ASTM D2369 - 10(2015), Standard Test Method for Volatile Content of Coatings*, USA: American Society of Testing Materials.
- ASTM (2016). *ASTM D5197 – 16, Standard Test Method for Determination of Formaldehyde and Other Carbonyl Compounds in Air (Active Sampler Methodology)*, USA: American Society of Testing Materials.
- Awadh Omair (2017). “Sustainability and green building rating systems: LEED, BREEAM, GSAS and Estidama critical analysis”, *Journal of Building Engineering*, Volume 11 (2017), 25-29. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2017.03.010>
- BIFMA (2011). *ANSI/BIFMA e3-2011e, Furniture Sustainability Standard*, USA: BIFMA International.
- British Standards Institution (2007). *BS EN 15251:2007, Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics*, UK: British Standards Institution (BSI).
- British Standards Institution (2008). *BS 5228-1:2009+A1:2014, Code of practice for noise and vibration control on construction and open sites. Noise*, UK: British Standards Institution (BSI).
- CIBSE (2005). *Natural ventilation in non-domestic buildings*, Reino Unido: The Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE).
- Department of Health and Human Services (2003). *Asphalt fume exposures during the application of hot asphalt to roofs; Current Practices for Reducing Exposures*; USA: National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).
- Environmental Protection Agency (2015). *EPA Method TO11 Determination of Formaldehyde in Ambient Air using Adsorbant Cartridge followed by High Performance Liquid Chromatography (HPLC)*, USA: Environmental Protection Agency (EPA).
- Facility Guidelines Institute (2010). *2010 FGI Guidelines for Design and Construction of Health Care Facilities*, USA: Facility Guidelines Institute (FGI).
- ISO (1995). *ISO 7708:1995, Air quality -- Particle size fraction definitions for health-related sampling*, Suiza: International Standards Organization.
- ISO (1998). *ISO 13964:1998, Air quality -- Determination of ozone in ambient air -- Ultraviolet photometric method*, Suiza: International Standards Organization.
- ISO (2005). *ISO 7730:2005, Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*, Suiza: International Standards Organization.
- ISO (2006). *ISO 11890-2, Paints and varnishes — Determination of volatile organic compound (VOC) content — Part 2: Gas-chromatographic method*, Suiza: International Organization for Standardization.
- ISO (2008). *ISO 16814:2008, Building environment design -- Indoor air quality*

- *Methods of expressing the quality of indoor air for human occupancy*, Suiza: International Organization for Standardization.
- ISO (2011a). *ISO 16000-3:2011, Indoor air -- Part 3: Determination of formaldehyde and other carbonyl compounds in indoor air and test chamber air -- Active sampling method*, Suiza: International Standards Organization.
- ISO (2011b). *ISO 16000-6:2011, Indoor air -- Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS-FID*, Suiza: International Standards Organization.
- ISO (2012). *ISO/IEC 17065:2012, Conformity assessment — Requirements for bodies certifying products, processes and services*, Suiza: International Organization for Standardization.
- ISO (2016a). *ISO 16890 Filtros de aire para la ventilación general*, Suiza: International Organization for Standardization.
- ISO (2016b). *ISO 16890-4:2016 Air filters for general ventilation -- Part 4: Conditioning method to determine the minimum fractional test efficiency*, Suiza: International Organization for Standardization.
- ISO (2017a). *ISO 12354-1 Building acoustics, Building acoustics — Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements — Part 1: Airborne sound insulation between rooms*, Suiza: International Organization for Standardization.
- ISO (2017b). *ISO 12354-2 Building acoustics -- Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements -- Part 2: Impact sound insulation between rooms*, Suiza: International Organization for Standardization.
- Jalaei Farzad y Jade Ahmad (2015). "Integrating building information modeling (BIM) and LEED system at the conceptual design stage of sustainable buildings", *Sustainable Cities and Society*, Volume 18 (2015), 95-107. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.06.007>
- Secretaría de Economía (2013). *Norma mexicana NMX-AA-164-SCFI-2013, edificación sustentable - criterios y requerimientos ambientales mínimos*, México: Secretaría de Economía, Gobierno de México.
- Secretaría de Energía (2001). *NOM-008-ENER-2001, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales*, México: Diario Oficial de la Federación (DOF).
- Secretaría de Energía (2010). Norma oficial mexicana nom-023-ener-2010, eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido, descarga libre y sin conductos de aire. Límites, método de prueba y etiquetado, México, Diario Oficial de la Federación (DOF): 20/12/2010.
- Secretaría de Energía (2014). *NOM-007-ENER-2014, Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales*, México: Diario Oficial de la Federación (DOF).
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social (2011), *Norma Oficial Mexicana NOM-031-STPS-2011, Construcción-Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo*, México: Diario Oficial de la Federación (DOF), Miércoles, 4 de mayo de 2011.
- Shan Ming, Hwang Bon-gang (2018). "Green building rating systems: Global reviews of practices and research efforts", *Sustainable Cities and Society*, 39 (2018), 172-180. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.02.034>
- SMACNA (2008). *SMACNA 008-2008, IAQ Guidelines for Occupied Buildings Under Construction*, 2nd Edition, USA: Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association (SMACNA).
- Sunderland Tim, Butterworth Tom (2016). "Meeting local economic decision-maker's demand for environmental evidence: The Local Environment and Economic Development (LEED) toolkit", *Ecosystem Services*, 17 (2016), 197-207. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.12.007>
- USGBC (2014). *LEED v4 Building Design and Construction*, USA: United States Green Building Council.