

## **DESARROLLO DE ESTRUCTURA ANALÍTICA PARA LA CALIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN DE SUSTENTABILIDAD EN ARQUITECTURA**

S. de Schiller

Centro de Investigación Hábitat y Energía, Secretaria de Investigaciones (CIHE-SI),  
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires (FADU-UBA)  
Pabellón 3, piso 4, Ciudad Universitaria, C1428BFC Buenos Aires  
Tel. 011 4789-6274 e-mail: sdeschiller@gmail.com

**RESUMEN:** Este trabajo presenta el desarrollo y contenidos de una estructura de asesoramiento y soporte a la calificación y certificación de sustentabilidad en el diseño arquitectónico. El objetivo de dicha estructura es proporcionar conceptos básicos y pautas específicas en el desarrollo de proyectos de arquitectura sustentable, así como elaborar su inserción en la propuesta académica a implementar en los talleres de la Carrera de Arquitectura. A tal fin, el trabajo presenta una introducción en los conceptos y criterios de sustentabilidad, aspectos de innovación en la producción de hábitat construido sustentable, verificación de rubros específicos según etapas y su integración en el proceso de desarrollo de proyectos de arquitectura. Se presenta una síntesis de los rubros clave para la calificación y acreditación de sustentabilidad en arquitectura.

**Palabras clave:** edificación sustentable, certificación edilicia, sustentabilidad, impacto ambiental.

### **INTRODUCCIÓN**

El desarrollo y la certificación de sustentabilidad en edificios requieren métodos de evaluación y criterios objetivos que permitan establecer el nivel de cumplimiento de requisitos múltiples. Los sistemas de certificación desarrollados en países industrializados proporcionan ejemplos valiosos de métodos de evaluación (USGBC, 2009; BREEAM, 2008). Sin embargo, los sistemas desarrollados en otras regiones no siempre responden a los requisitos locales de sustentabilidad (de Schiller y Evans, 2006; Cabezón et al, 2007). La nueva guía de sustentabilidad propuesta por LEED para Nueva Construcción, Versión 3, también incorpora criterios regionales para responder a diferencias locales propias de distintas regiones de los Estados Unidos (USGBC, 2009).

El desarrollo de sistemas locales debe responder a un marco conceptual de sustentabilidad en edificios según las diversas áreas, escalas y etapas de proyecto, en relación a los actores y rubros que intervienen en el mismo, en la búsqueda de una calificación, en cuanto a la innovación comparativa respecto a la práctica convencional, y acreditación de la producción resultante a través de sistemas de certificación ya instrumentados en el contexto internacional. Los sistemas de certificación de sustentabilidad puestos en práctica en muchos países, entre los que se incluyen: BREEAM, *British Research Establishment Environment and Energy Assessment Method*, el primero de ellos, desarrollado e implementado en Gran Bretaña; GBC, *Green Building Challenge*, Desafío de la Edificación Verde, red internacional originada en BREEAM y desarrollado por la Dirección de Recursos Naturales de Canadá; LEED, *Leadership in Environment and Energy Design*, de Estados Unidos, promovido por el *WGBC, World Green Building Council / Consejo Mundial de Edificación Verde*; y Golden Globe, orientado a hotelería y turismo (Evans, 2009).

### **MARCO CONCEPTUAL**

La evaluación de sustentabilidad en arquitectura responde a múltiples enfoques, distintos acercamientos al tema y su incorporación en el proceso proyectual. En ese marco se plantean las áreas, escalas, etapas, actores y rubros:

**Áreas:** Abarcan múltiples aspectos: sustentabilidad ambiental o ecológica (alta calidad con bajo impacto, mitigación de la isla de calor, eficiencia energética), sustentabilidad económica (durabilidad, reducción del uso de materiales, menor consumo energético, desarrollo económico), y sustentabilidad social (salud, productividad, autodeterminación, equidad y desarrollo social). Se considera que un proyecto es exitoso cuando logra un equilibrio entre todos estos aspectos y además evita impactos visuales perjudiciales, mientras resuelve satisfactoriamente el diseño arquitectónico y promueve aspectos de innovación.

**Escalas:** El diseño sustentable abarca todas las escalas de proyecto: urbana, arquitectónica y constructiva. En ese marco, es relevante considerar que, si bien todas las escalas se encuentran fuertemente relacionadas entre sí, al igual que los impactos, difícilmente se puedan corregir errores ambientales a escala constructiva si los impactos y problemas ecológicos críticos surgen de las decisiones a escala urbana o arquitectónica.

**Etapas:** La calidad ambiental de la producción arquitectónica depende de decisiones realizadas en todas y cada una de las etapas del proyecto, desde la concepción inicial hasta la gestión del edificio en uso, teniendo claramente en cuenta que solo con mejoras a escala constructiva y/o con innovación tecnológica de las instalaciones no

necesariamente se mitigan impactos a escala urbana ni se llegan a modificar condiciones básicas de sustentabilidad inherentes del proyecto, según se muestra en Tabla 1.

**Actores:** La sustentabilidad, como concepto general aplicado a la práctica proyectual, depende del soporte y apoyo de todos los actores involucrados, productores y usuarios de hábitat, a través de acciones mancomunadas de proyectistas, urbanistas, planificadores y contratistas, en forma solidaria con los comitentes y usuarios. En ese marco, el proyectista tiene un rol clave en la coordinación de los distintos actores, así como en la promoción de criterios de sustentabilidad y gran responsabilidad en la aplicación en arquitectura.

**Rubros:** Si bien la evaluación de sustentabilidad de edificios involucra múltiples elementos y decisiones, los rubros básicos son: selección del sitio, eficiencia energética, uso racional de agua, materiales saludables y de bajo impacto, calidad ambiental de los espacios (interiores y exteriores, privados y públicos), gestión, y control y monitoreo de los resultados.

### **Criterios de sustentabilidad**

Se establecen los criterios actuales de sustentabilidad, se fundamentan los componentes que la integran y demuestran su importancia a través de la cuantificación de su impacto ambiental, haciendo especial énfasis en la situación de Argentina. Al establecer la relación entre los impactos ambientales y la demanda de confort o habitabilidad de la producción arquitectónica, se enfatiza la relevancia de la temática y el valor de su integración en las decisiones de diseño. Un intento destacado para poner en práctica esta relación en base a una serie de criterios de sustentabilidad fue el planteado en el Concurso Internacional de la Fundación Holcim, Suiza, el Premio Holcim en Construcción Sustentable, '*Sustainable Building*' (Holcim, 2006) los cuales fueron utilizados para evaluar las propuestas de los concursantes.

### **Innovación en proyecto**

La **primera innovación** de la propuesta para evaluar sustentabilidad en la presentación de proyectos de arquitectura es la importancia de considerar un avance sustantivo respecto a las prácticas convencionales denominadas '*business as usual*' y calificar su posibilidad de transferencia. Este nuevo criterio responde a la urgencia de dar respuestas al desafío ambiental y socio-económico, paralelamente a la necesidad de difundir y aplicar las nuevas soluciones en una escala suficientemente amplia que permita lograr una reducción significativa de los impactos ambientales del hábitat construido a corto plazo. Ello no implica ignorar planteos que promuevan pequeños beneficios ambientales, sociales o económicos con un efecto limitado o parcial, aunque valiosos en escala individual. Sin embargo, se ha considerado que sólo la difusión de nuevas soluciones y aplicación en forma masiva pueden contribuir a un hábitat más sustentable. Este criterio es relevante para el sector edilicio, donde los impactos perjudiciales son resultado de muchas decisiones individuales que provocan impactos ambientales importantes en forma acumulativa a través del tiempo.

La **segunda innovación** es el requerimiento de transmitir visual y estéticamente la 'calidad de sustentabilidad' de proyectos de arquitectura. De la misma forma que las grandes empresas complementan su sustentabilidad económica, así como sus acciones de responsabilidad ambiental y social, con el desarrollo de la imagen corporativa y sistemas de logos, colores, tipografía, etc., para conformar una imagen visual integral que permita identificar y proyectar las actividades de la empresa y sus productos, los 'edificios sustentables' deben ser capaces de comunicar sus calidades de sustentabilidad a través del diseño, de una manera nueva y apropiada a su contexto. Este criterio, que plantea la necesidad de demostrar y comunicar las calidades de sustentabilidad en arquitectura, implica sin embargo correr ciertos riesgos e incertidumbres. A fin de iluminar este dilema, se realizó un análisis de 'proyectos sustentables' (Herzog 1998; Behling y Behling, 2000; Roaf, 2001 y 2003) con el que se confirma la inexistencia de un estilo 'sustentable' definido o una única expresión 'ecológica' o 'sustentable' en arquitectura. Además, la aplicación de medidas arquitectónicas visibles y de simbolismo ecológico, tales como la aparición de módulos fotovoltaicos en fachadas, cubiertas vegetales, etc., no asegura el logro de un edificio sustentable en forma integral. Sin embargo, la exteriorización de estrategias bioclimáticas y las medidas de eficiencia energética y sustentabilidad, manifestadas a través de la expresión arquitectónica del proyecto, puede agregar un significado distintivo al proyecto (Holcim, 2006).

Importa notar que, en todos los casos, se destaca el rol del diseño en el proceso por lograr edificios sustentables. La gran mayoría de los aspectos a calificar responden a aspectos específicos de las sucesivas etapas del proceso, aunque siempre en relación con las decisiones de proyecto en sus distintas características y escalas.

**Integración:** El proceso de gestión, diseño, construcción, operación y uso de edificios sustentables requiere la complementación de acciones en tres áreas de modo integral con los actores: 1. Diseño arquitectónico y urbano, 2. Construcción e instalaciones, 3. Operación y uso. Las decisiones tomadas sobre la ubicación del edificio en la ciudad, su inserción en el tejido urbano y las características del diseño edilicio, son fundamentales para lograr edificios sustentables de bajo impacto ambiental.

En la primera etapa, los actores principales son el cliente-inversor y su arquitecto, y el proyecto se realiza en el marco normativo de los códigos urbanísticos y desarrollo urbano municipales. Tanto las especificaciones de materiales e instalaciones, como las secuencias y procesos de construcción que se establezcan, sumado al comportamiento de los contratistas, configuran otra serie de factores que afectan el impacto ambiental del edificio. Los actores principales en

esta etapa son: el arquitecto o equipo responsable de la documentación, especificaciones y dirección de obra, con el coordinador y supervisor de tareas de contratistas y subcontratistas.

La gestión del edificio y el comportamiento de los ocupantes componen otra serie de factores que aportan a la sustentabilidad. En esta etapa, los responsables son los usuarios y ocupantes del edificio, sean ellos permanentes o temporarios, y los responsables designados para tareas de gestión y operación del edificio, influyendo ello en la dependencia de mantenimiento y reparación, lo cual incide en la durabilidad del proyecto en uso.

En la serie de recomendaciones para lograr edificios sustentables, los principales actores responsables de implementar y verificar su cumplimiento, según etapas, son:

- En la etapa de diseño edilicio y urbano: interviene el desarrollador, inversor o comitente y el arquitecto o proyectista, por el compromiso de ambas partes ante la innovación, considerando el valor agregado del emprendimiento, y la municipalidad y los Códigos de Ordenamiento Urbano por el marco legal.
- En la etapa de construcción: juega un rol importante la documentación y las especificaciones, y el compromiso de la dirección de obra, con los contratistas y subcontratistas.
- En la etapa de uso: intervienen los usuarios y la gestión del edificio, especialmente en relación al mantenimiento y reparaciones en cuanto al edificio, y buenas prácticas de comportamiento social en cuanto al manejo de residuos, ruidos, etc..

**Tabla 1.** Cuadro de verificación: aspectos de sustentabilidad según etapas en el desarrollo de proyectos

Aspectos	Planificación	Diseño	Detalles y pliego	Construcción	Uso	Demolición o reciclaje
Sitio	X					
Transporte	X	X				
Energía		X	X	X	X	
Agua		X	X	X	X	
Materiales		X	X	X		X
Demolición		X	X	X		X
Emplazamiento	X	X				
Accesibilidad		X	X			
Acondicionamiento natural		X	X		X	
Calidad ambiental		X			X	
Construcción		X	X	X		
Habilitación				X	X	
Gestión del edificio		X			X	X
Uso del edificios		X			X	

## RUBROS PARA LA CALIFICACIÓN Y ACREDITACIÓN DE SUSTENTABILIDAD

En la calificación y acreditación de sustentabilidad de proyectos de arquitectura se consideraron los siguientes rubros: sitio, energía, equipamiento, dependencia energética, agua, materiales, control de reciclado, de-construcción y demolición, emplazamiento, accesibilidad y desplazamiento universal, acondicionamiento natural, calidad ambiental, control de emisiones, construcción, post-construcción y gestión ambiental.

### 1. SITIO

La elección del sitio, decisión frecuentemente tomada por el comitente antes de seleccionar al arquitecto, tiene un impacto importante en la sustentabilidad global del proyecto. Los sistemas de certificación deben contemplar los siguientes factores:

**1.1. Acceso a transporte público y servicios:** Elección de sitios con buen acceso a medios de transporte público; por ejemplo, a menos de 500 m de una parada de buses o de 1 km de una estación de ferrocarril. También, sitios cercanos a servicios urbanos, favorecen la sustentabilidad: negocios locales, bancos y mercados a 1 km máximo de del sitio.

**1.2. Zona no sujeta a inundaciones:** Evitar sitios sujetos a inundaciones ocasionales, tanto de lluvias como crecidas de ríos, con buen drenaje natural. También, evitar sitios con napas freáticas cercanas a la superficie.

**1.3. Recuperación de zonas degradadas:** Se considera favorable la selección de sitios que fueron antes industriales o que hayan sufrido contaminación cuando se realizan las tareas necesarias de recuperación y saneamiento.

**1.4. Evitar tierras sin desarrollo ('green-fields' – sitios 'virgenes'):** Se considera poco sostenible el cambio de uso de tierras productivas para el agro o cultivos.

**1.5. Densificación de zonas urbanas:** La densificación de zonas urbanas existentes disminuye la demanda de ampliación de redes de infraestructura y el uso de nuevas tierras sin desarrollo, aunque debe respetar la capacidad de la infraestructura urbana local, y la necesidad de brisa.

**1.6. No perturbar zonas ecológicamente sensibles:** Evitar las reservas naturales y zonas declaradas de interés científico o ecológico, y desarrollos cercanos a zonas ecológicamente sensibles, humedales, cursos de agua, etc.

**1.7. Mantener sistemas de drenaje natural:** Evitar el cambio de cursos de agua y entubamiento de arroyos, alteraciones de pendientes y rellenos que modifiquen el escurrimiento natural o existente del agua.

**1.8. Control de impactos sobre terrenos adyacentes:** Las formas edilicias y la ubicación de los edificios para reducir posibles impactos visuales sobre edificios vecinos, con volumetría compatible con el tejido urbano existente.

**1.9. Recuperación o conservación del hábitat:** Establecer pautas para aumentar o recuperar la superficie de terreno natural con vegetación autóctono o adaptado a la región.

## 2. ENERGÍA

El uso racional de energía en edificios, la reducción de emisiones GEI, Gases Efecto Invernadero, y la disminución de la demanda de combustibles fósiles contribuyen efectivamente a la sustentabilidad, dado su aspecto multiplicador en la cadena de impactos, tanto en la producción de impactos como en la mitigación. En ese marco, se plantea una serie de medidas básicas que pueden requerir ajustes según la zona climática en que se desarrolle el proyecto:

**2.1. Aprovechamiento de las energías renovables:** Captación de energía solar a través de aberturas convencionales en zonas muy frías de altura, estudiando alternativas de diseño que permitan optimizar las orientaciones favorables, y evitar orientaciones perjudiciales.

**2.2. Colectores solares para calentar agua:** Integrar los colectores en la forma arquitectónica con inclinaciones y orientaciones apropiadas, así como espacios para tanques de acumulación e instalaciones complementarias.

**2.3. Módulos fotovoltaicos:** Analizar la integración de módulos en las envolventes o prever su futura instalación.

**2.4. Diseño para reducir pérdidas de energía en invierno:** En zonas muy altas con temperaturas exteriores bajas, edificios de forma relativamente compacta para evitar superficies excesivas expuestas al exterior.

**2.5. Aplicación de óptimos niveles de aislantes térmicos:** Incorporación de espesores de aislantes térmicos que ofrecen muy buen desempeño térmico; especialmente en techos para evitar ganancias excesivas.

**2.6. Colores claros en techos y muros:** Especialmente en zonas cálidas y templadas, a fin de reducir la absorción de radiación solar, para conservar capas de impermeabilización y reducir sobre-calentamiento.

**2.7. Evitar sobrecalentamiento estival:** Incorporación de elementos para lograr control solar en fachadas y cubiertas, especialmente en aberturas y superficies vidriadas de la envolvente, orientadas al Este y Oeste.

**2.8. Moderar la variación de temperatura interior:** La incorporación de materiales de alta densidad, con gran inercia térmica, en espacios interiores también contribuye a controlar los picos de temperatura.

**2.9. Iluminación artificial eficiente:** Elección de lámparas eficientes y luminarias con buena distribución de luz, reduciendo la potencia eléctrica a valores menores a 4 Watts por cada 100 Lux por m2.

## 3. EQUIPAMIENTO

**3.1. Espacio para bicicletas:** Proporcionar espacios cómodos y seguros para bicicletas a fin de favorecer este modo de transporte de muy bajo impacto ambiental, menor demanda de transporte automotriz, tanto público como privado, y menos espacio de estacionamiento, mientras se aporta a la salud evitando el sedentarismo.

**3.2. Espacio exterior para secado de ropa:** Proporcionar espacios discretos y seguros para secar ropa naturalmente, sin uso de energía convencional y reducir el uso de secadores eléctricos.

**3.3. Electro-domésticos y equipos eficientes:** Promover el uso de artefactos para cocinas y a/c certificados de Categoría A o B, con el sistema de etiquetado vigente.

## 4. DEPENDENCIA ENERGÉTICA

**4.1. Acondicionamiento natural de edificios:** Proyectar edificios que minimicen su dependencia energética, especialmente la requerida para su refrescamiento, y que proporcionen condiciones confortables en verano sin refrigeración artificial, optimizando las orientaciones apropiadas, logrando protección solar y ventilación natural ajustable. Proyectar distancias entre fachadas y espacios ocupados para permitir ventilación e iluminación natural.

**4.2. Altura edilicia:** Edificios de menor altura requieren menos energía para el bombeo de agua y accionar de ascensores, implica menor dependencia y menor esfuerzo y tiempo del usuario, y mayor comodidad en caso de cortes de luz.

**4.3. Iluminación exterior:** Eliminar luminarias exteriores de alta potencia y aquellas que dirigen la luz artificial al cielo, evitando además la 'polución lumínica', y controlar la potencia de iluminación decorativa de fachadas.

## 5. AGUA

El uso racional de agua involucra la reducción de la demanda de agua potable, especialmente para usos que no requieren agua tratada, el reciclaje parcial de aguas grises, conjuntamente con la reducción del impacto de descargas pluviales y su potencial impacto perjudicial a escala urbana. Las siguientes pautas indican distintas maneras de lograr la conservación, el reciclaje y la protección de impactos desfavorables de uso excesivo de agua:

**5.1. Artefactos de bajo consumo:** Incentivar el uso de depósitos de inodoros con menor capacidad o depósitos con doble botón que permitan elegir el volumen de descarga, lluvias de duchas de bajo consumo, economizadores en canillas y canillas a presión con cierre automático.

**5.2. Reducción de descargas pluviales:** Controlar las descargas de agua de lluvia con superficies exteriores absorbentes y cubiertas verdes. Los tanques de acumulación de agua de lluvia pueden reducir la intensidad de descargas durante tormentas y proporcionar agua para riego.

**5.3. Conservación de suelo absorbente:** Uso de superficies permeables para circulación exterior, estacionamiento y patios, a fin de favorecer la infiltración de agua de lluvia. La conservación del suelo natural con vegetación también disminuye la descarga de agua pluvial a las redes urbanas de desagües pluviales.

**5.4. Paisaje con baja demanda de agua y riego:** Diseños con vegetación y superficies parquizadas de baja demanda de agua, sin depender del riego artificial. Utilización de agua de lluvia sin tratamiento para el riego de plantas. El uso de pasto convencional en espacios urbanos puede requerir importantes volúmenes para su mantenimiento.

**5.5. Utilización de aguas grises para depósitos de inodoros:** Las aguas grises de bañeras y lavamanos pueden recircularse, filtradas grasas y jabones, requiriendo bombas de recirculación, tratamiento del agua y mantenimiento.

**5.6. Reducción de sedimentos:** El uso de suelos absorbentes, cobertura vegetal y tanques de retención de aguas pluviales también disminuyen el contenido de polvo y sedimentos en las descargas pluviales.

## 6. MATERIALES

**Evitar o reducir materiales que exijan alta demanda de energía para su fabricación:** Entre los materiales con alta demanda de energía, se incluye el aluminio y el acero.

**Reducción del uso de materiales con altas emisiones de GEI (Gases Efecto Invernadero):** Estos materiales incluyen: cemento, cal y acero, por emitir importantes cantidades de anhídrido carbónico en su fabricación.

**Incentivar el uso de pinturas que no emitan COV (Compuestos Orgánicos Volátiles):** Para reducir la emisión de compuestos orgánicos volátiles, se usan pinturas y aguarrás de 'bajo olor' o 'ecológico'.

**Minimizar el uso de PVC:** Este plástico emite toxinas, tanto en caso de incendios como durante la fabricación, aunque las ventanas de PVC tienen buena estanqueidad, factor favorable de conservación de energía en edificios.

**Evitar maderas duras sin procedencia certificada:** Estas maderas suelen provenir de la tala incontrolada de bosques ecuatoriales o tropicales.

**Evitar o controlar el uso de maderas tratadas:** Las maderas blandas para uso exterior suelen sufrir tratamientos con materiales tóxicos o venenosos para resistir el ataque de hongos e insectos. En caso de utilizar estas maderas, se debe asegurar la eliminación de recortes y aserrín en forma segura.

**Utilización de madera certificada de bosques manejados con criterio ambiental:** Organismos locales controlan e implementan el sistema de certificación de bosques con manejo sustentable a largo plazo, debiéndose asegurar la certificación de la 'cadena de custodia' de la madera, desde su extracción del bosque hasta la entrega en obra.

**Diseños sin desperdicios de materiales de la construcción:** Contemplar el tamaño de paneles, perfiles y placas y la modulación en el diseño para reducir recortes y desperdicios.

**Reutilización total o parcial de edificios existentes:** Esta medida permite reducir el impacto de la construcción y la extracción de materia prima, además de minimizar los impactos de fabricación y de la producción de desperdicios, logrando importantes beneficios ambientales y económicos.

**Utilización de materiales reciclados:** La reutilización de materiales de demolición contribuye a reducir impactos de fabricación y desperdicios.

**Producción y uso de materiales con contenido reciclado:** Muchos materiales pueden tener un contenido significativo de material reciclado, como el vidrio (10 %), aluminio, acero. Por ej., uso de hormigones como agregado, libre de yeso e impurezas, y ladrillos triturados en contrapisos, y paneles de fenólico y aglomerado, que incorporan aserrín y recortes de madera.

**Evitar materiales con formaldehído:** En condiciones húmedas, las resinas utilizadas en la fabricación de madera aglomerada y MDF pueden emitir formaldehído, un material irritante para los usuarios en espacios interiores.

**Solicitud de la planilla de seguridad:** Los fabricantes deben suministrar una planilla de seguridad que indique posibles impactos ambientales, tales como el contenido de pinturas, barnices, aditivos y tratamientos de madera, y permita identificar los componentes potencialmente peligrosos.

## 7. CONTROL DE RECICLADO, DECONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

**Verificar la total ausencia de asbestos antes de iniciar demoliciones:** El polvo de asbestos durante la demolición de edificios, peligroso para la salud de obreros y vecinos, requiere procesos seguros y especializados de remoción.

**Verificar la ausencia de PCBs (bifenilos policlorados):** Este líquido refrigerante, empleado en transformadores, es cancerígeno y altamente peligroso para personas en contacto directo con el líquido.

**Verificar la deposición de desperdicios:** Asegurar la deposición de materiales y tierra de excavaciones se realice en rellenos autorizados.

**Plan de demolición segura:** Identificar los procesos y etapas que puedan presentar peligros para los obreros. Asegurar la provisión de equipamiento y vestimenta apropiada (casco, guantes, barbijos, botas con puntas reforzadas, etc.). Nombrar profesionales idóneos responsables para realizar la supervisión.

**Plan de control de molestias de polvo:** Reducción de polvo a través de la humidificación y un adecuado método de demolición, evitando las épocas y horarios con mayor intensidad de fuertes vientos.

**Plan de control de ruidos:** Reducción de ruidos molestos con el control de horarios y métodos de demolición, y análisis de rutas de transporte y programación de aspectos críticos de la obra consensuada con los vecinos.

## 8. EMPLAZAMIENTO

**Respeto por la topografía y minimización de movimientos de suelos:** El proyecto debe contemplar la reducción de excavaciones y reutilización del suelo en el propio terreno, evitando subsuelos o reduciéndolos al mínimo.

**Niveles para accesibilidad:** En el marco de la sustentabilidad (social, económica y ambiental) es importante incorporar hábitos de diseño que permitan proyectar edificios y espacios exteriores accesibles para todos (principio de equidad social), con accesos cómodos para personas en sillas de ruedas, con bastones o con movilidad limitada, sin diferencias de nivel entre vereda y piso de planta baja, o con rampas generosas y cómodas.

**Pensar los edificios en relación al sol y al viento:** Optimización del emplazamiento de edificios y la orientación de fachadas y aventanamientos para aprovechar la captación del sol favorable de invierno en el interior y en espacios exteriores de uso. Evitar ubicaciones y volumetrías que produzcan entubamientos de aire o aceleraciones de viento.

## 9. ACCESIBILIDAD Y DESPLAZAMIENTO UNIVERSAL

**Equipamiento y servicios universales:** Proveer de servicios sanitarios de uso universal o disponerlos desagregados a distancias accesibles entre sí.

**Superficies exteriores aptas para sillas de ruedas:** Evitar superficies con piedras sueltas, ladrillo triturado o materiales que dificulten la circulación en sillas de ruedas, personas con bastones o muletas, cochecitos de bebé, etc.

**Superficies antideslizantes:** Cuidando tipo y calidad de superficies que puedan provocar caídas o deslizamientos, particularmente en zonas potencialmente peligrosas como escaleras y rampas, así como materiales que favorezcan deslizamientos al mojarse.

**Facilidad de desplazamiento:** Los desniveles o escalones aislados no solo presentan peligro potencial, sino también limitan la circulación de niños y ancianos, y ocupantes con movilidad limitada, favoreciendo la discriminación social.

**Iluminación natural en zonas críticas:** Asegurar óptima visibilidad en zonas de circulación, escaleras, cocinas, baños, y otras áreas potencialmente peligrosas.

## 10. ACONDICIONAMIENTO NATURAL

**Optimizar la luz cenital con protección solar adecuada:** El uso de luz cenital implica el ingreso de radiación solar con valores máximos en verano, hasta 850 Watts/m<sup>2</sup> (equivalente a una estufa eléctrica por m<sup>2</sup>). El diseño requiere protección solar especial de modo tal que permita la entrada de luz proveniente de sectores del cielo sin sol directo.

**Especial cuidado en ventanales al Oeste:** Las aberturas con esta orientación captan altas intensidades de radiación solar en verano, hasta 600 W/m<sup>2</sup> (equivalente a 6 lámparas incandescentes de máxima potencia), dada la latitud.

**Control de ventilación amigable con el usuario:** En el diseño de pieles y/o especificación de ventanas, incorporar paños practicables, operados por los ocupantes: ventilación natural, control de sobre-calentamiento y calidad de aire.

**Construcción con adecuada capacidad térmica:** Los elementos constructivos interiores con gran capacidad térmica y superficies densas ayudan a moderar las variaciones de temperatura interior.

## 11. CALIDAD AMBIENTAL

**Proyectando para lograr iluminación natural en todos los espacios:** En edificios convencionales, con alturas piso-cielorraso hasta 3 m, la iluminación natural llega hasta 6 m de las fachadas con ventanas.

**Incorporación de controles de sol directo para lograr confort visual:** La incorporación de persianas, parasoles, cortinas de enrollar y otros recursos de protección permite lograr condiciones interiores de alta calidad lumínica y confort visual para los ocupantes, aspecto importante en salud y productividad, además de ahorro de energía.

**Asegurar ventilación natural:** Las ventanas practicables en fachadas opuestas del edificio permiten una buena renovación de aire y distribución de ventilación natural en los espacios interiores. En épocas de alta temperatura y humedad, permiten captar leves brisas que proporcionan refrescamiento, bienestar y confort por medio natural.

## 12. CONTROL DE EMISIONES GEI

**Diseño orientado a la reducción de emisiones GEI:** Evitar el uso de equipos de refrigeración o reducir su capacidad a través de estrategias bioambientales de diseño edilicio, considerando básicamente: protección solar y orientaciones que contribuyan a evitar captación de sol estival y prevenir el sobrecalentamiento en interiores.

**Especificar refrigerantes de bajo impacto:** Elegir refrigerantes con menor impacto sobre la capa de ozono o de menor efecto de sobrecalentamiento global y cambio climático.

**Especificar equipos de a/c con menor cantidad de refrigerante:** Los equipos de mayor eficiencia y menor capacidad de refrigerante en relación con su potencia permiten reducir posibles impactos.

**Especificar equipos de refrigeración con buena garantía de larga vida útil:** Los equipos con menor requerimiento de mantenimiento tienen menores pérdidas de gases refrigerantes en el momento de realizar reparaciones.

**Sistemas de supresión de incendios de bajo impacto:** Evitar el uso de gases con alto impacto sobre el efecto invernadero de la atmósfera en sistemas contra incendios.

**Incorporar alarmas para detectar fugas de gases refrigerantes:** La detección temprana de fugas o la reducción de presión en los equipos de refrigeración es otra medida para evitar o reducir impactos de gases efecto invernadero producido por edificios.

### 13. CONSTRUCCION

**Preparar un Plan de Prevención de Polución de la Construcción PPPC:** Identificar potenciales impactos e medidas de mitigación, desarrollar procedimientos de verificación y nombrar responsables de su implementación.

**Control del uso de energía:** Medir el uso de energía durante la construcción, verificar los elementos de equipamiento y herramientas de mayor consumo y planificar la obra para reducir el uso excesivo de energía.

**Control del uso de agua:** Medir el uso de agua durante la construcción e identificar aquellos procesos con menor demanda de agua. Elaborar y aplicar un plan para lograr eficiencia en el uso de agua durante la construcción.

**Reducción de emisiones de polvo:** medidas para reducir la emisión y dispersión de polvo durante la construcción, evitar cortes de ladrillos y bloques, humidificar materiales, , evitar el tránsito de vehículos y lavando camiones, etc.

**Control de arrastre de sedimentos:** Planificación de movimientos de suelo y operaciones de construcción para evitar arrastre de sedimentos y desperdicios de la construcción debido a lluvias o escurrimiento de agua.

**Planificar entregas para reducir molestias:** Planificar los horarios de entregas de materiales y las rutas de acceso, evitando ruidos molestos o la acumulación de vehículos en obra, etc.

**Control del nivel de ruido:** Lograr reducción de ruidos molestos a través del manejo de horarios de trabajo y métodos de construcción, así como los métodos y rutas de transporte, de programación consensuada con vecinos, etc.

**Inspección de obra y efectividad de aislamiento térmico:** Verificar los espesores de capas aislantes, la ubicación y continuidad de barreras de vapor y capas de material impermeable y respirable, a fin de asegurar el adecuado comportamiento térmico según especificación.

**Generación de empleo local:** La elección de métodos constructivos capaz de absorber mano de obra local/regional puede favorecer o generar mayor empleo local, contribuyendo a la sustentabilidad social, adicionalmente a la reducción de viajes, y al desarrollo de técnicas regionales o practicas de patrimonio cultural.

### 14. POST-CONSTRUCCION / POST-OCUPACION

**Verificación del buen funcionamiento y eficiencia de las instalaciones:** Implementar el proceso de *'comissioning'* o la verificación del funcionamiento de las instalaciones según las especificaciones.

**Medición y control de las condiciones ambientales:** La medición de condiciones ambientales, tales como los niveles de luz y temperatura interior, permite verificar el funcionamiento de las instalaciones, la verificación de los niveles de diseño y la eficiencia del edificio en uso.

**Satisfacción del usuario:** Plantear condiciones *'amigables'* de habitabilidad y desarrollar la practica de encuestas a fin de verificar la percepción, sensibilidad y reacción del usuario respecto al ambiente proporcionado, a fin de establecer niveles de satisfacción y estimar el bienestar ofrecido y el soporte ambiental en salud y productividad.

### 15. GESTION AMBIENTAL

**Proporcionar manuales de uso para promover eficiencia energética:** Los usuarios de edificios deben contar con información adecuada para el manejo eficiente de las instalaciones de calefacción, refrigeración e iluminación, con recomendaciones para lograr altos niveles de confort con mínimo consumo.

**Reducir la dependencia en el mantenimiento:** El mantenimiento apropiado del edificio, especialmente pintura y revestimientos, artefactos de luz, terminaciones, alfombras, etc., asegura el control de fuentes de alergias, mantiene la eficiencia de la iluminación, conserva condiciones de confort y habitabilidad, y prolonga la vida útil de materiales.

**Incorporar medidores en lugares visibles para control de consumo:** Esta medida permite visualizar y controlar el comportamiento energético del edificio y el uso de agua, aspectos normalmente no visibles.

**Designar responsables para la gestión ambiental del edificio:** En el caso de edificios comerciales, de oficinas o industriales, se debe nombrar un responsable que realice las tareas de gestión energética: registrar y analizar los consumos mensuales, detectar acciones o inversiones para reducir la demanda, producir informes cuatrimestrales para el directorio de la empresa, etc.

**Espacios para reciclaje:** Incorporar en el diseño del edificio espacios adecuados para la separación, almacenamiento y retiro de residuos, por tipo de material, según los programas de reciclaje que se organicen a tal fin, con recipientes separados para papel, cartón, vidrios, plásticos, metales, maderas, hormigón y mampuestos, y materiales orgánicos.

## CONCLUSIONES

La estructura analítica para calificar y certificar edificios sustentables, que se presenta en este trabajo, fue desarrollada inicialmente en el marco de dos proyectos de investigación. Su puesta a prueba se realizó a través de la formulación de guías de diseño para la práctica arquitectónica a través de cuerpos profesionales como el Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo, CPAU (Evans, 2009), las que luego se aplicaron en un taller de iniciativas sustentables (Halac y de Schiller, 2005) en un campus universitario, en la Universidad de San Buenaventura, Cali, Colombia, y en la orientación de proyectos a desarrollar por alumnos de arquitectura en la materia Proyecto Arquitectónico del último año de la Carrera de Arquitectura en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires. Durante esas acciones, la estructura fue evaluada y ajustada como resultado de dos cursos de perfeccionamiento profesional dictados en la Sociedad Central de Arquitectos, SCA, y el Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo, CPAU, ambos en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

## RECONOCIMIENTOS

El trabajo se inscribe en el marco del Proyecto PAE Nro. 22559 'Eficiencia energética del hábitat construido', Programa de Áreas Estratégicas, ANPCyT, 2007-2010, y del Proyecto UBACyT A013 'Calificación y acreditación de sustentabilidad en arquitectura y urbanismo', Programación Científica 2008-2010.

Un reconocimiento especial merece el aporte realizado por Julian Evans en el marco del trabajo 'Sustentabilidad en Arquitectura', con una beca del CPAU, Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo, coordinado por Javier Pisano, a iniciativa de su Comisión de Arquitectura.

## REFERENCIAS

- BREEAM, 2008, BRE Environmental & Sustainability Standard: BREEAM Offices 2008 Assessor Manual, BRE Global, Watford.
- Cabezón, M., de Schiller, S. y Evans, J. M., 2007, Sistemas de certificación de sustentabilidad de edificios: Adaptabilidad y aplicabilidad en Argentina y propuesta de categorías, AVERMA, Avances en Energías Renovables y Ambiente, Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente, Vol. 11,
- de Schiller, Silvia; Evans, John Martin, 2006, 'Desarrollo y aplicación de criterios de sustentabilidad en un proyecto urbano en Buenos Aires', Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, vol. 10.
- Evans, J., 2009, Sustentabilidad en Arquitectura, Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo, CPAU, Buenos Aires (en prensa).
- Herzog, T., 1996, Solar Energy in Architecture and Urban Planning, Prestel-Verlag, Munich.
- Behling S. y Behling, S., 2000, Solar Power, the evolution of sustainable architecture, Prestel, Munich.
- Holcim, 2006, Sustainable Construction: Holcim Awards 2005/2006, Staubli Verlag AG, Zurich.
- Roaf, S., 2001, Ecohouse, Architectural Press, Londres.
- Roaf, S., 2003, Ecohouse 2, Architectural Press, Londres.
- USGBC, 2009, LEED Reference Guide V3, United States Green Building Council, Washington D. C. (también: <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1970#2>).
- Halac, R. y de Schiller, S., 2005, Sustainable Universities: new knowledge and innovative actions, Proceedings, Sustainable Building, Action for Sustainability, SB05, Tokio.

**ABSTRACT:** This paper presents the development and contents of an assessment and support structure to promote the qualification and certification of sustainability in architectural design. The object of this structure is to provide basic concepts and specific guidelines for the development of sustainable architecture projects, as well as prepare the insertion in the academic proposal to be implemented in the design studios of architectural courses. With this aim, the paper presents an introduction to sustainable concepts and criteria, project innovation in the production of sustainable built environment and specific verification requirements, according to project stages and integration. The paper includes a synthesis the key aspects of qualification and accreditation of sustainability in architecture.

**Key words:** sustainable building, building certification, sustainability, environmental impact.