

Sustentabilidad en Arquitectura: desde la Teoría a la Práctica

Silvia de Schiller

sdeschiller@gmail.com

John Martin Evans

evansjmartin@gmail.com

Directores de la Maestría Sustentabilidad en Arquitectura y Urbanismo
Secretaría de Posgrado, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
Universidad de Buenos Aires

Resumen: El presente trabajo plantea, en el marco de la sustentabilidad del hábitat edificado, el rol de los arquitectos ante la necesidad de minimizar el impacto ambiental de las actividades humanas que contribuya a controlar o mitigar el cambio climático y el calentamiento global, especialmente a través de los impactos generados por el hábitat humano en sus diversas escalas, urbana, edilicia y constructiva. En ese contexto, se enfatiza la responsabilidad convocante de la profesión y las instituciones en esta modificación considerando la huella ecológica de los proyectos de diseño urbano y arquitectura. Para ello, se evalúa la contribución del hábitat construido en las etapas de construcción, uso y operación, y eventual reúso, reciclaje, deconstrucción o demolición, y se destaca la necesidad de incorporar medidas de diseño que permitan implementar estrategias de acondicionamiento pasivo que permitan reducir la dependencia en el acondicionamiento artificial. A tal fin, se utilizan las sucesivas etapas de proyecto de un edificio o complejo edificado para modificar o mantener condiciones ambientales favorables, tanto en sus espacios interiores como intermedios y exteriores. Para ello, se analizan las medidas necesarias para lograr esta modificación importante del impacto de la edificación, enfatizando la capacidad que presenta el desarrollo de la creatividad en investigación y diseño. Para ilustrar la aplicación de los criterios a considerar y las medidas a implementar, se presentan dos ejemplos de proyectos demostrativos que incorporan recursos de diseño bioambiental de bajo impacto, medidas de eficiencia energética en envolventes e integración de energía renovable, especialmente solar. Estos proyectos, que responden a distintas escalas y diferentes contextos climáticos y regionales, demuestran las posibilidades de elaborar e implementar técnicas de evaluación que permitan verificar el desempeño del proyecto en base a procesos de investigación. Ello, a su vez, también aporta al desarrollo de nuevas técnicas y métodos de validación, cuyos resultados sostienen

la retroalimentación de la enseñanza en arquitectura y urbanismo y su efectiva transferencia a la profesión, en la comunicación al medio social y su implementación a través de las instituciones y políticas de desarrollo sustentable.

Palabras clave: Sustentabilidad en arquitectura, impacto ambiental, cambio climático, hábitat construido, proyecto demostrativo.

Introducción

Dado que las actividades humanas generan crecientes impactos ambientales a escala mundial, se requieren políticas, aplicación de técnicas y respuestas para minimizar el impacto ambiental del hábitat edificado a fin de controlar o mitigar los fenómenos de cambio climático y calentamiento global. En este marco, se enfatiza el rol importante de los arquitectos en este cambio considerando la desfavorable huella ecológica de los proyectos de diseño urbano y arquitectura en general.

El hábitat construido genera impactos en las etapas de construcción, uso y eventual reúso, reciclaje o demolición. Se destaca, por tanto, la necesidad de incorporar medidas de acondicionamiento natural, utilizando el edificio para modificar o mantener condiciones ambientales favorables, tanto en sus espacios interiores como intermedios y exteriores. Se analizan las medidas necesarias para implementar esta modificación relevante del impacto de la edificación, con énfasis en la etapa de diseño.

Para ilustrar la aplicación de medidas de sustentabilidad, se presentan ejemplos de proyectos demostrativos que incorporan recursos de diseño de bajo impacto en forma integral en el proceso de diseño. Estos proyectos, elaborados en el Centro de Investigación Hábitat y Energía, SI-FADU-UBA, responden a distintas escalas y diferentes contextos climáticos y regiones: la Terminal de Pasajeros del Aeropuerto Ecológico Seymour, Islas Galápagos, Ecuador, y una casa solar en Bariloche, Patagonia Argentina. Estos dos ejemplos, muy diferentes entre sí, demuestran las posibilidades de introducir técnicas para seleccionar recursos adecuados de diseño con posterior evaluación, verificación y calificación para lograr certificación. A su vez, las investigaciones permitieron desarrollar nuevas técnicas y procesos de evaluación, y los resultados sostienen y potencian la retroalimentación en la enseñanza de arquitectura y urbanismo.

Contexto

Los estudios del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, IPCC, en su reciente informe (IPCC, 2022) alertan sobre el peligro de calentamiento global y cambio climático debido a las acciones del hombre, especialmente las emisiones GEI, de gases efecto invernadero. La Reunión de París, COP, Conferencia de las Partes, 2019, logró un acuerdo internacional con el fin de reducir las emisiones y limitar el aumento de la temperatura media de la Tierra a 1,5 grados. En los años siguientes, las medidas implementadas no aseguran que se haya alcanzado esa meta, de modo que será necesario adoptar medias más exigentes para evitar aumentos peligrosos del calentamiento global.

En ese contexto, cabe notar que la edificación es un sector que produce importantes emisiones GEI, de gases efecto invernadero, debido a la fabricación, transporte y colocación de materiales de construcción en obra, el uso de energía para acondicionamiento térmico, iluminación, calentamiento de agua y otros usos de energía en edificios. A nivel mundial, se estima que un 38 % de las emisiones GEI corresponde al uso de energía en edificios (UNEP, 2022).

Para alcanzar las metas de reducción de emisiones y cumplir con compromisos nacionales e internacionales, es importante lograr una fuerte disminución de estas emisiones. A tal fin, la demanda de energía en nuevos edificios es crítica, debido a la limitada posibilidad de reducir emisiones en edificios existentes, y su larga vida útil.

En la próxima sección se presentan dos ejemplos de edificación que logran este objetivo, principalmente a través de su diseño y construcción. En estos casos, el diseño de baja demanda energética permite reducir o eliminar la demanda de acondicionamiento térmico artificial, optimizar el aprovechamiento de la captación de energía solar en arquitectura y facilitar la implementación de otras medidas de eficiencia. Ellos muestran las posibilidades y capacidades con que cuenta el proyectista al implementar proyectos de muy baja demanda de energía en distintas tipologías edilicias y diferentes climas.

En ambos proyectos, se identificaron los recursos de diseño apropiados a las condiciones locales con el estudio de las condiciones ambientales existentes en el lugar, el recurso solar, las variaciones de temperatura y el régimen de viento. Así, se configura la forma, orientación y volumetría edilicia, y se definen las características de la envolvente, que responden efectivamente a los impactos climáticos y recursos de energía natural.

Terminal de Pasajeros, Aeropuerto Ecológico Seymour, Islas Galápagos, Ecuador.

El proyecto de la Terminal de Pasajeros del Aeropuerto Ecológico Seymour se ubica en la Isla de Baltra, parte del Parque Nacional Islas Galápagos, declarado Patrimonio Natural de la Humanidad por UNESCO, sobre la Línea del Ecuador. En este sitio, ecológicamente muy sensible y fácilmente vulnerable, el nuevo proyecto fue planteado como un edificio de muy baja demanda de energía y mínimo impacto ambiental. Desde el inicio del proyecto, la meta fue diseñar un edificio sin acondicionamiento artificial y con iluminación natural en todos los espacios públicos durante las horas diarias de uso. Para responder al desafío, se identificaron los recursos disponibles y las limitaciones propias de un sitio de patrimonio mundial

natural, y las estrategias de diseño bioambiental que permitan lograr confort térmico sin depender de instalaciones mecánicas (Figuras 1, 2 y 3), tales como:

- **Protección solar total**, sin ingreso de sol directo en los espacios interiores, a través del diseño cuidadoso de aleros y favorable orientación de fachadas y aberturas.
- **Ventilación cruzada natural** en todos los espacios públicos para lograr refrescamiento natural sin depender de acondicionamiento artificial.
- **Techo reflejante y aislante** para minimizar la transmisión de calor que se produce por la fuerte radiación solar incidente.
- **Altura de los espacios interiores** que permite promover la estratificación de aire con el ascenso de aire caliente y conservación de aire más fresco a nivel de los pasajeros.
- **Disipación de las ganancias internas** de personas y del equipamiento, con la evacuación de aire caliente por convección en las claraboyas del techo.



Figura 1. Perspectiva inicial de circulación central, con ventilación e iluminación natural.



Figura 2. Fachada norte con acceso principal, patios y aleros para protección solar.

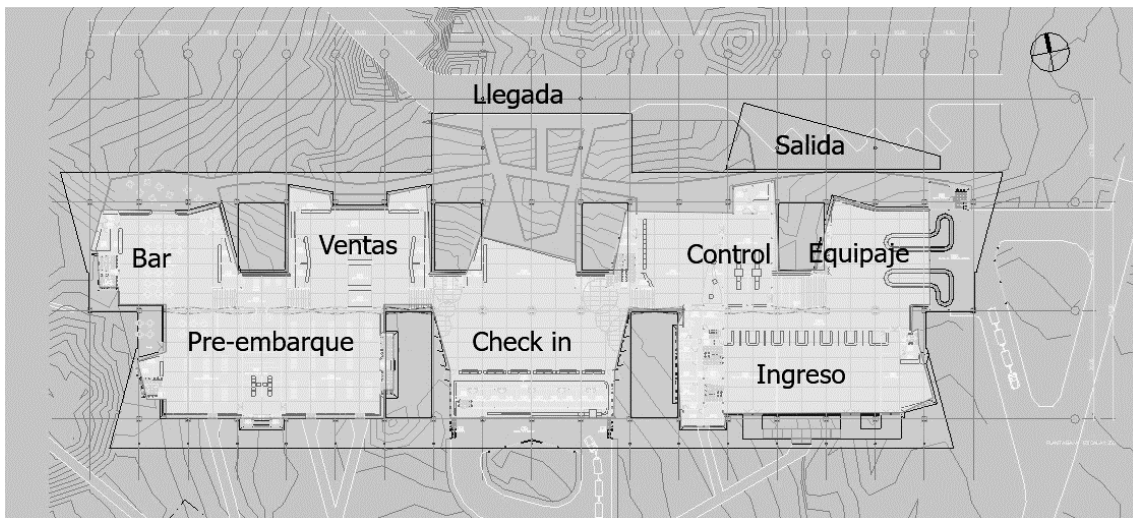


Figura 3. Planta de la Terminal de Pasajeros, con patios, limitadas fachadas orientadas al este y oeste, potenciando las fachadas abiertas a los vientos predominantes del sudeste.

El diseño fue desarrollado con el aporte de estudios de simulación numérica con maquetas virtuales en programas de computación, complementariamente a ensayos con maquetas físicas en el Laboratorio de Estudios Bioambientales, con sede en el Centro de Investigación Hábitat y Energía, SI-FADU-UBA, que cuenta con un heliodón de múltiples soles, simulador del movimiento aparente del sol, túnel de viento de baja velocidad para verificar y ajustar la ventilación cruzada, y un cielo artificial para optimizar la luz natural.

Potenciando dichos estudios y ensayos, se adoptaron las siguientes estrategias para lograr iluminación natural en los espacios interiores durante las horas diurnas

de uso, de 06:30 a 13:00 horas, como explicitan las siguientes medidas de diseño adoptadas:

- **Colores claros** en todas las superficies interiores: techos, muros y pisos.
- **Claraboya con protección solar** en el techo que distribuye y potencia la iluminación natural en los espacios interiores.
- **Forma edilicia con la incorporación de patios** para lograr distancias reducidas entre las fachadas y los espacios interiores.

El diseño de la iluminación natural fue desarrollado con programas de simulación numérica y ensayos con maquetas físicas en el cielo artificial, considerando las condiciones más críticas con cielo nublado.

Como resultado de los estudios realizados, fue posible mostrar que los espacios públicos ofrecen condiciones térmicas y lumínicas adecuadas, cumpliendo con las condiciones establecidas en normas internacionales. Así, el diseño contribuye efectivamente a certificar el edificio con el sistema de certificación LEED del USGBC, Versión 4 (USGBC, 2014), logrando el Nivel Gold, resultando la primera terminal de pasajeros de aeropuertos que alcanza esta categoría de *sustainable building*, edificación sustentable.

Casa Solar en Bariloche, Patagonia Argentina.

La Casa Fuentes-López tuvo por objetivo aprovechar la energía solar en clima frío patagónico con sistemas solares pasivos: invernadero o jardín de invierno, muro acumulador y ganancia directa a través de ventanas, colectores solares para calentamiento de agua y módulos fotovoltaicos para generación de energía eléctrica.

El proyecto demuestra que se puede reducir la demanda de energía solar a través de un diseño eficiente que minimice el uso de energía para calefacción (Figuras 4, 5, 6 y 7), al incorporar los siguientes recursos de diseño:

- **Forma compacta** para reducir las pérdidas de calor.
- **Mayor desarrollo de la fachada norte** orientada al ecuador para captación solar.
- **Mínimas superficies de ventanas al sur**, este y oeste.
- **Gruesas capas de materiales aislantes** en las superficies de fachadas opacas.
- **Ventanas** con marcos de baja conductividad y doble vidrio hermético.

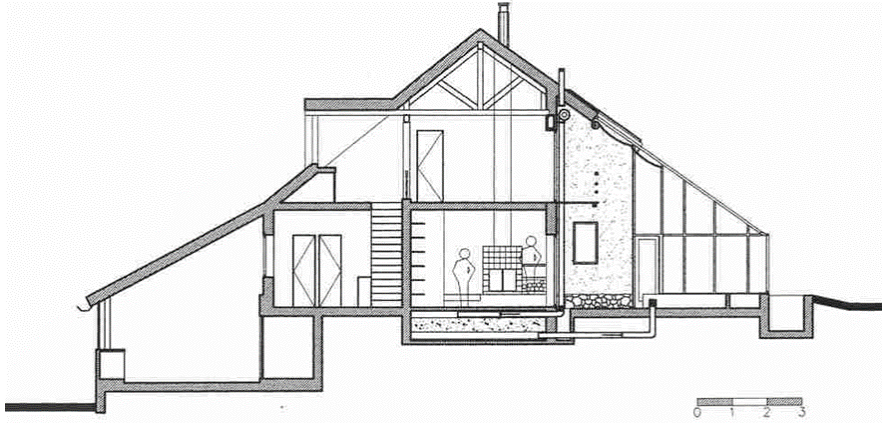


Figura 4. Corte Norte-Sur con invernadero, lecho de piedra para almacenamiento de calor bajo el piso, estar en planta baja y sala de juegos con dormitorios en planta alta.



Figura 5. Croquis inicial con el invernadero, muro acumulador, ganancia directa con orientación norte, y colectores solares y fotovoltaicos integrados en el techo inclinado.



Figura 6. Ventana para lograr ganancia directa y muro acumulador. Colectores solares para calentamiento de agua integrados en el techo.

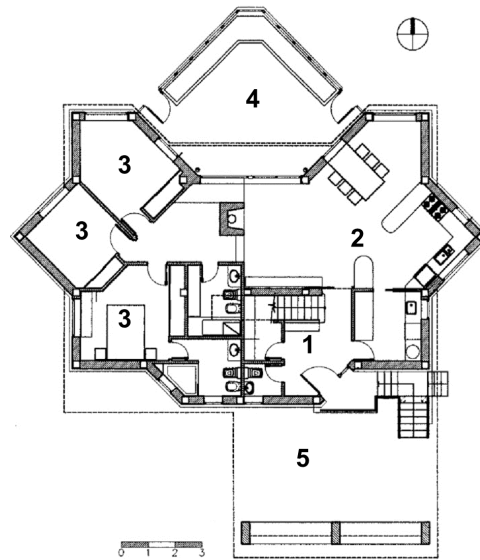


Figura 7. Planta de la Casa Solar:
1. Entrada. 2. Estar, comedor, cocina.
3. Dormitorios. 4. Invernadero.
5. Estacionamiento cubierto abierto.

El clima de Bariloche, a 41° de latitud Sur y 840 m de altura sobre nivel del mar, presenta condiciones muy frías con frecuentes nevadas en invierno. Por eso, la transmitancia térmica de los muros y techos es significativamente menor a los niveles de aislación térmica establecidos en las normas vigentes (IRAM, 1998). Dicha Norma establece una pérdida máxima de 0,26 W por m² por cada grado de diferencia en temperatura interior-exterior, alcanzando el Nivel A. El techo, con 20 cm de poliestireno expandido, tiene una transmitancia de solamente 0,16 W/m².K, 34 % menor, mientras una vivienda convencional tiene una transmitancia de 1 W/m².K. Así, el techo tiene pérdidas térmicas de solo 16 %, comparado con la construcción convencional que solo logra Nivel C. Además, la construcción incorpora 15 cm de poliestireno expandido en muros, logrando una transmitancia térmica de solamente 0,23 W/m².K mientras la Norma establece un valor máximo de 0,3 W/m².K, Nivel A y la construcción convencional con Nivel C alcanza 1,39 W/m².K, con pérdidas de calor seis veces mayor.

Otro recurso importante de la construcción es la capacidad térmica que resulta del aporte de una capa interior de ladrillo macizo en los muros y las losas de hormigón. Estos elementos permiten almacenar el calor solar durante el día para minimizar la reducción de calor por la noche, mantener temperaturas confortables y evitar sobrecalentamiento en verano. Como resultado de estas medidas, se acorta el

periodo de calefacción y se reduce su demanda a solamente un 24 % de la demanda típica de una vivienda convencional.

Esta casa fue la primera en Argentina y la región en incorporar módulos fotovoltaicos en el proyecto inicial, integrados en la construcción del techo y con orientación e inclinación que contribuyen a optimizar el rendimiento térmico y nivel de confort y bienestar. Los colectores solares para calentamiento de agua también están integrados en el techo, reduciendo la superficie de chapa (Figura 7).

Conclusiones

El desarrollo de proyectos demostrativos en el ámbito académico presenta múltiples ventajas por estas sustentados por proyectos de investigación que permiten identificar y desarrollar técnicas para promover criterios y estrategias de diseño en el marco de la sustentabilidad en arquitectura. También permiten probar y aplicar estas técnicas de evaluación y verificación de medidas de sustentabilidad en diseños durante el proceso de desarrollo. Estas técnicas comprenden herramientas entre las que se incluyen planillas electrónicas y programas de simulación numérica del comportamiento térmico y condiciones ambientales interiores, y la simulación de sol, viento e iluminación con maquetas en el laboratorio. La realización de los proyectos y su puesta en obra facilita la verificación de la eficacia de implementar las medidas en la práctica. Finalmente, los proyectos realizados resultaron excelentes estudios de caso para la transferencia de conocimientos en la enseñanza de diseño, cerrando así el círculo virtuoso de investigación, aplicación y transferencia, uniendo la teoría a la práctica de sustentabilidad en arquitectura.

Referencias

- IPCC (2022) *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Intergovernmental Panel on Climate Change, (ver: Chapter 6. Cities, settlements and key infrastructure).
- IRAM (1996) Norma IRAM 11.605, Acondicionamiento térmico de edificios: condiciones de habitabilidad en viviendas, valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos, Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.
- Roaf, S., Fuentes, M, and Thomas, S. (2001), *Eco-house: a design guide*, Architectural Press, Oxford.

Silvia de Schiller, John Martin Evans (2015) Proyecto Demostrativo de Edificación Sustentable, Nueva Terminal de Pasajeros, Aeropuerto Ecológico Seymour, Baltra, Islas Galápagos, Ecuador, pp 94-99, Summa+ 145, Sept 2015. Número Especial: Sustentabilidad y Reuso.

Evans, J.M. y de Schiller, S. (2016) From Theory to Practice, Building Physics in Urban Design, pp 72-95, en: UNDP Ecuador (2016) FICUP 2016, First International Conference on Urban Physics, Proceedings, United Nations Development Program, Quito.
<https://www.latinamerica.undp.org/content/rblac/es/home/library/poverty/ficup-2016-first-international-conference-on-urban-physics.html>

UNEP (2022) 2021 Global Status Report for Building and Construction: Towards a zero-emissions, efficient and resilient buildings and construction sector, United Nations Environmental Programme & International Energy Agency, Nairobi.
https://globalabc.org/sites/default/files/2021-10/GABC_Buildings-GSR-2021_BOOK.pdf

USGBC (2014) LEED v4 para el Diseño y a Construcción de Edificios, United States Green Building Council, Washington D.C.