

## **INNOVACION Y RESPUESTA A LA DEMANDA DE SUSTENTABILIDAD EN EL HÁBITAT EDIFICADO**

J. M. Evans y S. de Schiller

Centro de Investigación Hábitat y Energía, Secretaría de Investigaciones,  
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires  
Tels. (00 54 11) 4791-9310, e-mails: evansjmartin@gmail.com / sdeschiller@gmail.com

*Recibido 12/08/16, aceptado 10/10/16*

**RESUMEN:** Este trabajo presenta el desarrollo de la enseñanza de diseño bioclimático, tecnología solar integrada en arquitectura y eficiencia energética en edificios, complementariamente a actividades de investigación y extensión en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, en forma continuada desde 1984. Inicialmente, se dictó una materia electiva de los últimos años de la carrera de arquitectura aunque, muy rápidamente, se estableció un centro de investigación, tres materias electivas y cursos de posgrado, con actividades asociadas de extensión y consultoría a terceros. Ello responde a las crecientes demandas de edificación sustentable y eficiencia energética en el hábitat construido, considerando la importancia de incorporar medidas de sustentabilidad en arquitectura y desarrollo urbano, e incorporar avances tecnológicos y buenas prácticas en la construcción. Se identifican las actuales exigencias y las respuestas necesarias que permitan orientar las futuras actividades del Centro de Investigación Hábitat y Energía para promover hábitats sustentables.

**Palabras clave:**

Diseño bioambiental, arquitectura solar, eficiencia energética, investigación y docencia, innovación y desarrollo.

### **INTRODUCCIÓN**

El trabajo analiza los antecedentes de investigación y la enseñanza de diseño bioambiental, la integración de la energía solar en arquitectura y los avances en eficiencia energética en Argentina, la región y Europa, donde se desarrollaron cursos de posgrado en el marco del desarrollo en países emergentes. Los antecedentes y el desarrollo de la arquitectura bioclimática en las etapas precolombinas, coloniales y la etapa de la independencia fueron analizados por Evans (2006 y 2008), que propone 6 etapas. En la etapa de la arquitectura moderna, se detecta un fuerte impacto de conceptos bioclimáticos, especialmente en Brasil y, en menor medida, Argentina en las décadas de 1940-50. También se empieza a introducir instalaciones de aire acondicionado dependiente de combustibles fósiles para lograr confort térmico en edificios con inadecuada adaptación al clima local. Al mismo tiempo, el sector de vivienda de bajo costo carecía de un fundamento científico para lograr condiciones de habitabilidad y, en las ciudades con rápido crecimiento en proceso de urbanización, se tendió a perder los conocimientos tradicionales de la arquitectura vernácula.

Durante las décadas del 50 y 60 se iniciaron investigaciones y se desarrollaron técnicas y herramientas de diseño en Estados Unidos (Olgyay, 1963) y Europa (Koenisberger et al, 1970 y 1977). Conjuntamente, hubo un fuerte impulso en cursos de posgrado en Europa a fin de complementar la formación profesional de arquitectos ejerciendo en zonas tropicales, en muchos casos, en países recientemente independientes después de la época colonial, pero también para los países emergentes de América Latina. En ese movimiento, sobresalieron centros de estudio entre los que se incluía el Departamento de Estudios Tropicales en la AA Londres, el Bouwcentrun Rotterdam, la Universidad de Lund, Suecia, y Paris, Francia.

Otro impulso importante y decisivo fue el embargo petrolero de 1973 que puso en descubierto la enorme dependencia de los países industrializados en combustibles fósiles importados. También produjo un fuerte aumento del precio de petróleo de U\$S 3 a 12, con otro aumento en 1978 a casi U\$S 40 después de la revolución en Irán. Estos eventos fueron instrumentales en el establecimiento de la IEA, Agencia Internacional de Energía, y la promoción de estudios del uso de la energía solar, primero en colectores térmicos, después en sistemas solares pasivos y, finalmente, en eficiencia energética en calefacción y refrigeración. Ejemplos de esta actividad son las publicaciones del IEA, el AIA, Instituto de Arquitectos Americanos de Estados Unidos, y del BRE, Building Research Establishment, Gran Bretaña.

En 1970 se estableció el Fondo Nacional de Vivienda en Argentina, FONAVI, para financiar vivienda de interés social con una retención de 2,5 % de los salarios, posteriormente aumentado a 5 % y después re-emplazado por fondos de co-participación federal. En 1972, se estableció que 2 % del Fondo debía invertirse en investigación en vivienda, coincidente con la crisis energética mundial de 1973. En 1978, aproximadamente 50 % de los fondos de investigación fueron otorgados a grupos de investigación en energía solar de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de La Plata y del Instituto Argentino de Investigaciones en Zonas Áridas, IADIZA, Centro Regional de CONICET en Mendoza. Se construyeron así casas solares experimentales y se realizaron investigaciones junto con grupos de Rosario y Salta, mientras la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda promovió la aprobación de las Normas IRAM de Acondicionamiento Térmico de Edificios, con la participación del Departamento de Construcciones del INTI (IRAM, 1978).

A pesar del gran interés evidenciado en el aprovechamiento de la energía solar en arquitectura, en la década del 60 se produjo un fuerte cambio en la situación energética en Argentina, con los descubrimientos de yacimientos de gas y su aprovechamiento e integración con la red nacional e internacional de gasoductos, especialmente con el yacimiento de Loma de la Lata. Así se inauguraron tres décadas de energía aparentemente abundante y de bajo costo y el gobierno de facto de 'Reorganización Nacional' perdió interés en las energías renovables. Si bien, al inicio del período democrático el Gobierno de Presidente Alfonsín renovó iniciativas en este campo, en 1990, el Gobierno del Presidente Menem, con el proceso de privatización de las empresas estatales, redujo la presencia del Estado en el campo energético priorizando las energías convencionales en manos extranjeras. Este panorama, indicativo de la situación nacional al momento de iniciar las actividades de docencia en diseño bioambiental y arquitectura solar en 1984 en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, fue un fuerte desafío para introducir criterios de innovación en el ámbito académico que siguen vigentes a la fecha.

## **INNOVACION EN DOCENCIA A NIVEL GRADO**

En 1984, con la restauración de la democracia en Argentina, las autoridades a cargo de la normalización de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo invitaron a los autores a organizar un nuevo curso electivo sobre diseño bioambiental y arquitectura solar, con 120 horas de carga horaria para estudiantes de los últimos años de la Carrera de Arquitectura, sumando el desarrollo de proyecto, individual o en equipo. Desde el inicio, el curso propuso las siguientes innovaciones:

- **Introducir un curso a nivel de grado**, incorporando experiencias de la docencia de cursos de posgrado en diseño bioclimático y eficiencia energética dictados en Londres, DTS, (Koenigsberger et al, 1970) y los Cursos Internacionales del Bouwcentrum, Rotterdam.
- **Integrar el análisis de clima y confort térmico** a fin de identificar las pautas iniciales de diseño con la aplicación de técnicas de diseño bioambiental para incorporar resultados durante en proceso y desarrollo de proyectos de arquitectura (Koenigsberger, Mahoney and Evans, 1977).
- **Responder al desafío de enseñar a grandes números de alumnos**, alrededor de 300 alumnos en una de las Facultades de Arquitectura más numerosas del mundo El desarrollo del Laboratorio de Estudios Bioambientales fue resultado directo de este desafío.
- **Enseñar a equipos docentes** para introducir procesos de capacitación y transferencia en este nuevo contexto, integrando profesionales y académicos de distintos orígenes, del campo del diseño arquitectónico y de materias técnicas, de estudios privados y oficinas públicas.

- **Enfatizar la gran variación de climas**, latitudes, alturas y topografía de Argentina como estrategia didáctica para demostrar las variaciones regionales y locales necesarias para responder a los requisitos ambientales específicos de cada localidad. Con ese propósito, los alumnos desarrollan proyectos con el mismo programa en distintos climas. Esta estrategia, desarrollada por Olgyay (1973) en distintas regiones climáticas de Estados Unidos, ha resultado un enfoque de gran relevancia para identificar requerimientos regionales de diseño.

En 1988 se modificó la estructura de la materia a fin de independizar los cursados de ‘Diseño Bioambiental’ y ‘Arquitectura Solar’, en dos materias del Departamento de Diseño, de 60 horas presenciales cada una en dos cuatrimestres, y fortalecer los contenidos de cada materia. El primer caso, enfatiza la resolución de un proyecto a escala del agrupamiento y la unidad, atendiendo temas de contenido social, fundamentalmente vivienda, arquitectura para la educación y la salud, y desarrollos en zonas ambientalmente sensibles como áreas de reserva. En la segunda materia se enfatiza la integración de sistemas solares pasivos, colectores solares para calentamiento de agua y fotovoltaicos según la demanda de energía y el recurso solar en cada localidad.

En 1991, se inicia el dictado de la materia Energía en Edificios, incorporada en el Departamento Técnico, enfatizando la relevancia y consecuencias de decisiones de diseño en la demanda de energía en arquitectura, con la aplicación de Normas IRAM de acondicionamiento térmico de edificios y aislantes térmicos.

## **CENTRO DE INVESTIGACION HÁBITAT Y ENERGÍA**

El grupo docente inició investigación informal en 1985, a fin de responder a las inquietudes de los alumnos, con trabajos presentados en ASADES. Entre los temas de investigación en los primeros años, se analizó el rendimiento y efectividad de sistemas solares pasivos en distintas condiciones climáticas y latitudes Argentina dada la disponibilidad de radiación solar; la disponibilidad de técnicas para verificar el acceso al sol un situaciones urbanas con edificios existentes y otros obstáculos como vegetación y topografía; la reducción del recurso solar en situaciones urbanas, etc.

Como resultado de estos trabajos y la aprobación del programa de investigación UBACyT en 1986, subsidiado por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad de Buenos Aires, SECYT-UBA, se estableció inicialmente el Programa de Investigación Hábitat y Energía, PIHE, en el ámbito de la Secretaría de Investigación y Posgrado de la FAU-UBA, el que, en 1990, fuera designado Centro de Investigación Hábitat y Energía, tal como se lo conoce hasta la fecha.

Simultáneamente al establecimiento del PIHE, se inició la construcción del Laboratorio de Estudios Bioambientales, LEB, propuesto en la presentación, con el túnel de viento de baja velocidad, seguido por el heliodón de múltiples soles, simulador del movimiento aparente del sol, ajustable en latitud, época del año (invierno, equinoccio y verano) y horas del día. Posteriormente, se construyó el cielo artificial, el primero en Sudamérica, con el auspicio y aporte de materiales de construcción de la Cámara Argentina del Vidrio Plano y del sector industrial.

Este apoyo fue fundamental para realizar estudios de iluminación natural optimizando el recurso lumínico en cantidad y distribución en el marco de la eficiencia energética en edificios de oficinas, hospitales, museos, bibliotecas, etc.

## **LABORATORIO DE ESTUDIOS BIOAMBIENTALES, LEB-CIHE, FADU-UBA**

El laboratorio fue proyectado como una herramienta clave de enseñanza de diseño bioclimático a nivel grado y posgrado. El equipo fue empleado posteriormente en proyectos de investigación, en consultoría para el sector de público y privado y en trabajos de extensión. El diseño de los equipos fue basado en antecedentes de Europa, modificados para responder a la gran variación de condiciones en Argentina y la región.

La construcción del equipamiento, realizado con fondos limitados pero con la activa y entusiasta participación de alumnos de grado y posgrado, introdujo la práctica sistemática de la experimentación en arquitectura, a fin de realizar ensayos con maquetas reales y analizar el desempeño ambiental de proyectos y su respuesta para optimizar los recursos naturales de sol, viento y luz.

La evaluación del comportamiento ambiental de proyectos a escala urbana, arquitectónica y constructiva, permite la simulación, medición y visualización de la captación, protección y distribución de sol y sombra en espacios exteriores, sobre fachadas, ventanas y colectores solares, así como la incidencia de radiación solar, movimiento de aire y protección de viento en espacios exteriores e iluminación natural de espacios interiores.

El laboratorio cuenta con el siguiente equipamiento:

- **Helidon:** Simulador del movimiento aparente del sol permite la visualización del impacto solar sobre fachadas y en espacios urbanos, Figura 1, adicionalmente a espacios interiores, según los tres variables; latitud, estación del año y hora del día. El diseño del heliodon de soles múltiples, desarrollado inicialmente en el CIHE, fue posteriormente utilizado en universidades de México, Brasil, Chile, Israel y otras universidades nacionales de Argentina.
- **Túnel de viento:** Se realiza la simulación espacial del movimiento de aire alrededor de edificios y en espacios interiores en el túnel de baja velocidad con gradiente de viento, Figura 2. A diferencia de un túnel aeronáutico, el modelo permite ensayos con flujo turbulento y una variación de velocidad con altura del nivel suelo que simula la rugosidad del suelo. El diseño del túnel está basado en un túnel construido en la AA, Architectural Association, Londres, en 1965.
- **Cielo Artificial:** El cielo artificial con espejos simula los niveles interiores de iluminación natural y su distribución en el interior de edificios con cielo nublados. El diseño está basado en modelos desarrollados en la Estación de Investigación de la Construcción (BRS, Building Research Station), ahora el BRE (Building Research Establishment), Garston, Inglaterra.

Adicionalmente, se desarrollaron herramientas complementarias al uso del laboratorio:

**IMAP:** Instrumento de Medición del Asoleamiento Potencial, herramienta para la práctica de evaluaciones in-situ, analizando el número de horas de sol que se logra recibir en sitios urbanos, sobre superficies de colectores solares y en interiores.

**EMRS:** Se estableció una estación fija de medición de radiación solar en la terraza del Pabellón 3, sede de la FADU-UBA, a fin de registrar la intensidad de la radiación solar, medir sus componentes (directa, difusa y reflejada) y el recurso disponible de iluminación natural.

**Programas de simulación numérica:** Se desarrollaron varias herramientas de simulación y programas de computación que permitieron evaluar el cumplimiento de normas de desempeño térmico y estimar temperaturas internas en edificios, que complementan los ensayos con maquetas reales.



**Figura 1.** Ensayo con maqueta en el túnel de viento de baja velocidad, con gradiente de viento según altura sobre nivel del suelo.



**Figura 2.** Demostración de la aplicación del heliodón de múltiples soles a un grupo de alumnos y tesistas de posgrado de universidades extranjeras visitando el LEB.

## **DOCENCIA A NIVEL POSGRADO**

En 1996, se inició el Programa de Actualización en Diseño Bioambiental, de 240 horas de carga horaria presencial, con el objetivo de consolidar la formación de docentes e investigadores y capacitación profesional. Como resultado de esta experiencia docente y de los resultados de proyectos de investigación UBACYT desarrollados en el CIHE, se extendió la participación e intercambio con otras Universidades de la región, Méjico, Brasil, Uruguay, Colombia, Panamá y Ecuador, también en posgrado de España, Reino Unido y Japón. Mientras tanto, en el marco del Programa Interdisciplinario de la Universidad de Buenos Aires en Energía Sustentable, PIUBAES, se desarrolló el programa de la Maestría Interdisciplinaria en Energía, MIE-UBA, con la participación de 4 Facultades: Derecho, Ciencias Económicas, Ingeniería y Arquitectura, iniciado en 2011, ya en su 5ta edición con un creciente número de alumnos.

Adicionalmente, y a modo de extensión y acercamiento a la actividad profesional, el equipo docente y miembros del Centro de Investigación dicta cursos de actualización profesional en la Sociedad Central de Arquitectos y en varios Colegios de Arquitectos de distintas provincias del país. En esta línea, se dictaron cursos de arquitectura sustentable en climas fríos en 5 ciudades patagónicas, ampliando las áreas académicas de las Universidades Nacionales en dicha región.

Los cursos a nivel grado, después de 32 años ininterrumpidos de dictado, continúan contando con gran número de alumnos quienes eligen estas materias opcionales con programas intensivos y exigentes que integran aspectos innovadores y experimentación en diseño, con ejercicios técnicos de evaluación del desempeño ambiental y energético aplicados en el proceso de proyecto. Así, más de 15.000 alumnos han completado exitosamente dichas materias, muchos de ellos se desempeñan actualmente en actividades docentes compartiendo el interés en la creciente preocupación por el diseño ambientalmente conciente y transfiriendo conocimientos sobre la implementación en proyectos, con la integración de energías renovables, arquitectura pasiva de bajo impacto ambiental.

## **INNOVACION EN I+D, INVESTIGACION Y DESARROLLO**

Los resultados de esos estudios combinados con el ejercicio de la docencia se fueron incorporando en varias publicaciones (Evans y de Schiller, 1988, 1991; Evans et al, 2001). Paralelamente, el Laboratorio de Estudios Bioambientales constituyó un apoyo valioso en el desarrollo de los proyectos de investigación aplicada que realiza el Centro de Investigación en forma complementaria con la docencia en distintos niveles.

Los temas de investigación, inicialmente orientados al desarrollo e implementación de técnicas de diseño bioclimático (Koenigberger, 1970 y 1977; Evans, 2000 y 2004) y uso de energía solar en arquitectura, evolucionaron hacia el campo de la eficiencia energética en edificios y estudios de sustentabilidad urbana (de Schiller, 2002). Así, los proyectos de investigación en eficiencia energética han contribuido efectiva y eficazmente al desarrollo y actualización de normativas nacionales de IRAM (1996 y 2012).

Las actuales investigaciones se focalizan en evaluar las emisiones de gases efecto invernadero producidas por edificios, el impacto de materiales en la salud, incluyendo la construcción con tierra (Evans y de Schiller, 2015), eficiencia energética en el hábitat construido (de Schiller, 2015), el potencial de la reducción de energía en vivienda (de Schiller y Evans, 2016), y aspectos de sustentabilidad en arquitectura (de Schiller, 2010; Evans, 2010; Kozak, 2012; Schwarz, 2015).

## **SIMULACION FISICA VS SIMULACION NUMERICA**

Se promueve el uso complementario de simulaciones físicas (analógicas) y numéricas (virtuales) a fin de detectar fortalezas y debilidades del desempeño de proyectos, muy útil en el proceso de diseño, calibrar simulaciones y comparar resultados. Las simulaciones numéricas avanzaron rápido en los últimos años, a tal punto que se ha cuestionado el uso del laboratorio. Sin embargo, en base a tres décadas de experiencia en ensayos y demostraciones en el laboratorio, se ha comprobado que el uso

complementario de ambos tiene ventajas significativas, especialmente en demostraciones con alumnos y comitentes. Si bien el uso de simulación analógica, de larga historia de aplicación en el diseño de edificios, hoy predomina la simulación numérica, con el supuesto que es más preciso, económico y fácil de utilizar. A continuación se analizan las ventajas y desventajas de ambas formas de simulación y el potencial que ofrece su utilización en forma complementaria.

#### **Simulaciones físicas analógicas:**

**Ventajas:** Los ensayos experimentan los mismos fenómenos que se presentan en los edificios construidos; las maquetas físicas pueden ajustarse y reorientar rápidamente durante los ensayos; las maquetas 3D permiten mayor comprensión del fenómeno tri-dimensional, como el movimiento de aire, y las demostraciones con maquetas físicas permiten rápida visualización a grupos de estudiantes y a interesados en tareas de consultorías.

**Desventajas:** El laboratorio requiere espacio y, en el caso del túnel de viento, condiciones controladas; el equipamiento requiere alto esfuerzo personal para su diseño y construcción, en especial si se cuenta con presupuestos limitados, y sin flexibilidad por su aplicación específica; cada ensayo puede requerir tiempo inicial de preparación; y para medir movimiento de aire o intensidad de luz se requiere contar con equipos importados, luxómetros, anemómetros, con costos significativos.

#### **Simulación numérica con computadoras:**

**Ventajas:** Se utilizan computadoras de gran flexibilidad en posibles aplicaciones, no solo para simulaciones; se pueden utilizar ampliamente y sin lugares o espacios especiales; permite realizar evaluaciones de distintos modelos simultáneamente, y no requiere materiales físicos para los modelos o taller para su armado.

**Desventajas:** El software especializado, aunque costoso y amigable, puede ser más preciso; en ciertos casos, el software opera como una 'caja negra' donde las condiciones se setean 'by default', sin métodos explícitos o explicaciones de las limitaciones conceptuales; los programas usan algoritmos numéricos para simular situaciones reales; el nivel de detalle sobre las condiciones de entrada afecta la precisión de los datos de salida y la pantalla plana limita los resultados a 2 dimensiones; los modelos virtuales pueden resultar de difícil desarrollo y de gran demanda de tiempo para construir y modificar; el manejo de software generalmente requiere entrenamiento y comprensión de fenómenos físicos y unidades, y trabajar con programas de simulación numérica tiende a realizarse en forma individual, desalentando la participación de grupos de estudio y las interacciones necesarias en el desarrollo de proyectos en las distintas etapas del proceso.

Recientes trabajos de los autores proporcionan guías de diseño, construcción, calibración de los componentes de laboratorio y recomendaciones para realizar ensayos, basado en la extensa experiencia en laboratorios ambientales en arquitectura y desarrollo urbano. También elaboran recomendaciones sobre el manejo de este tipo de laboratorios, a fin de promover el uso interactivo y abierto de los equipos disponibles, identificando nuevo potencial de aplicaciones e iniciativas a desarrollar en el ámbito académico, la práctica profesional y consultorías.

La simulación numérica complementa excelentemente la simulación física y la comparación entre ambas técnicas muestra las limitaciones y ventajas de cada enfoque. La extensa experiencia docente ha mostrado la importancia de ensayos físicos y espaciales con maquetas en laboratorio para demostrar conceptos y aplicaciones de las estrategias bioclimáticas de diseño a estudiantes, investigadores y profesionales. A medida que crecen sus capacidades en el manejo de estas herramientas, la aplicación de los principios de diseño bioclimático durante el desarrollo de proyectos, resulta más efectiva en el uso de simulaciones numéricas y espaciales de manera combinada, permitiendo mayor flexibilidad e iniciativas en las pruebas.

## **CONCLUSIONES**

Las crecientes demandas ambientales, sociales y económicas, tendientes a lograr y aplicar procesos de certificación en edificación sustentable y eficiencia energética en el hábitat construido, reconocen la importancia de incorporar medidas de sustentabilidad en arquitectura y en procesos de desarrollo urbano e incorporan avances tecnológicos y nuevas iniciativas de buenas prácticas en la construcción y sus procesos industriales. Sin embargo, las condiciones que se evidencian en el contexto energético nacional

requieren realizar sustanciales ajustes en las líneas de investigación y docencia a fin de contribuir a la efectiva transferencia al medio, social, político, institucional y profesional:

- Incluir el impacto del uso de energía en la evaluación de proyectos, especialmente emisiones de gases efecto invernadero.
- Identificar medidas de eficiencia energética a aplicar en el parque de edificaciones existentes adicionalmente a proyectos nuevos,
- Desarrollar herramientas que faciliten la evaluación y optimización energética y ambiental por parte de los proyectistas.

En ese marco, se asimilan las actuales exigencias y se identifican respuestas necesarias que permitan orientar las futuras actividades del Centro de Investigación Hábitat y Energía y potenciar las actividades de investigación, docencia y transferencia al medio profesional, institucional y productivo para promover sustentabilidad en el hábitat edificado.

## RECONOCIMIENTO

El trabajo se encuadra en el Proyecto de Investigación UBACyT 'Reducción de emisiones GEI, gases efecto invernadero en el sector vivienda', SECyT-UBA, Grupos Consolidados, Programación Científica 2014-2017, Código No. 20020130100827BA.

## REFERENCIAS

de Schiller, S. (2002) *Transformación urbana y sustentabilidad*, en Urbana 31, Revista del Instituto de Urbanismo, Universidad Central de Venezuela y Universidad del Zulia, Caracas.

de Schiller, S. (2010) *Arquitectura para un futuro sustentable*, en *El conocimiento del ambiente: Aportaciones a la Arquitectura y al Urbanismo*, González Gonzáles, M. (Compiladora), Consorcio de Universidades Mexicanas y Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali.

de Schiller, S. (Ed.) (2015) *Eficiencia Energética en el Hábitat Construido*, Ediciones Hábitat y Energía, Buenos Aires.

Evans, J. M., de Schiller, S., Casabianca, G., Fernández, A. y Murillo, F. (2001) *Ambiente y Ciudad*, Serie Difusión 15, SICyT-FADU-UBA, Buenos Aires.

Evans, J. M. and de Schiller, S. (2015) *Sustainable design and natural conditioning for a sensitive site: Seymour Airport and National Park buildings in Galapagos*, Proceedings PLEA 2015, Building Green Futures, Bologna.

Evans, J. M. (2004) *Herencia y Vigencia de la Arquitectura Bioclimática en América Latina*, en Estudios de Arquitectura Bioclimática, Anuario 2004, Universidad Autónoma Metropolitana, México DF.

Evans, J. M. y de Schiller, S. (1988, 1991) *Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar*, (2da. edición), Ediciones Previas, SEUBE-FADU-UBA, EUDEBA, Buenos Aires.

Evans, J. M., (2000) *Técnicas Bioclimáticas de diseño: las Tablas de Mahoney y los Triángulos de Confort*. COTEDI-2000.

Evans, J. (2010) *Sustentabilidad de Arquitectura I: Compilación de antecedentes de manuales de buenas prácticas ambientales para las obras de arquitectura, e indicadores de sustentabilidad y eficiencia energética*, Comisión de Arquitectura, Colegio Profesional de Arquitectura y Urbanismo, Ediciones CPAU, Buenos Aires.

IRAM (2012) Norma IRAM 11603, *Zonificación Bioambiental de la República Argentina*, Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires.

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 y Certificación, Buenos Aires.

Koenigsberger, O. H., Mahoney, K. and Evans, J. M. (1970) *Climate and house design*, United Nations, New York.

Koenigsberger, O. H. et al. (1977) *Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales*, Editorial Paraninfo, Madrid.

Kozak, D. y Romanello, L. (2012). *Sustentabilidad en Arquitectura II: Criterios y normativas para la promoción de sustentabilidad urbana en la CABA*, Comisión de Arquitectura, Colegio Profesional de Arquitectura y Urbanismo, Ediciones CPAU, Buenos Aires.

Olgyay, V. (1963) *Design with Climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism*, Princeton University Press, Princeton N. J.

Schwarz, Andrés (2015). *Sustentabilidad en Arquitectura III: Análisis y compilación de las 100 mejores prácticas de sustentabilidad y procedimientos de implementación en obra*, Comisión de Arquitectura, Colegio Profesional de Arquitectura y Urbanismo, Ediciones CPAU, Buenos Aires.

## **ABSTRACT**

This paper presents the development of courses in bioclimatic design, solar architecture and energy efficiency in buildings, and complementary activities of extension and research in the Faculty of Architecture, Design and Urbanism, University of Buenos Aires from 1984 to the present. The experience started with an optional final year subject in the Architecture Course, developing in time to three subjects and postgraduate master and doctoral courses, a research centre with an environmental laboratory, extension and consultancy activities. This development responds to changes in increasing demands for sustainable architecture and energy efficiency in buildings. In the conclusions, the changing requirements for energy efficiency and sustainability issues both for new regulations and consultancy work, are considered responding to growing demands. The current demands are identified and future orientations of the activities of the Research Centre Habitat and Energy are detected in order to support the creation of a more sustainable built environment.

### **Keywords:**

Bioclimatic design, solar architecture, energy efficiency, research and teaching, innovation and development.