

## PAUTAS DE DISEÑO AMBIENTALMENTE CONSCIENTE PARA ESCUELA RURAL EN MICROCLIMA PLATENSE

Marcilese, Mariela Inés<sup>1</sup>; Czajkowski, Jorge<sup>2</sup>

Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable (LAyHS)

Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU)

Calle 47 N° 162 – C.P 1900 - La Plata – Argentina

Tel / Fax 54 (0221) 423-6587(int 255) [marielamarcilese@gmail.com](mailto:marielamarcilese@gmail.com) [jdczajko@gmail.com](mailto:jdczajko@gmail.com)

**RESUMEN:** Esta comunicación propone el diseño de un modelo edilicio para la educación escolar básica, aplicable a zonas periurbanas de la ciudad de La Plata que se base en principios de diseño ambientalmente consciente. Se buscaron los datos pertinentes a fin de conocer las condicionantes geográficas, las necesidades programáticas, las tecnologías adecuadas, etc, para ser incorporadas en el diseño. Se busca que el proyecto cumpla con las normas establecidas por IRAM sobre calidad térmica de la edificación, con el fin de alcanzar parámetros de confort con la integración de estrategias de diseño DAC en el proyecto. Entendemos que es técnica y económicamente razonable proponer un proyecto de escuela sustentable. Entendemos que proyectos de estas características, que implementen técnicas de adaptación al cambio climático y mitigación de emisiones GEI podrían colaborar en el control del calentamiento global.

**Palabras clave:** diseño ambientalmente consciente, educación, arquitectura escolar

### INTRODUCCION

La presente comunicación técnica está enmarcada dentro de la línea de investigación principal que se desarrolla en el Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable [LAyHS] de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNLP, orientada hacia la eficiencia energética edilicia en áreas urbanas. En el marco del PICT 2006 956 – BID1728/OC-AR denominado “Eficiencia energética edilicia en áreas metropolitanas. Evaluación mediante auditorias y propuesta de estándares.”.

La importancia del tema está relacionada con dos problemáticas actuales: la escasez de recursos y el calentamiento global. Como es sabido, estas dos problemáticas son responsables del deterioro ambiental que viene sufriendo el mundo, y en los cuales la construcción arquitectónica y urbana tiene un grado de incidencia indiscutible. (IPCC, 2001)

La industria de la construcción es una de las más importantes consumidoras de materias primas y recursos no renovables, y representa una fuente de contaminación muy importante durante las diferentes fases del ciclo de vida de un edificio. Esto implica un gran impacto ambiental no sólo durante los procesos de extracción y elaboración de las materias primas, sino también durante la construcción de edificios, su utilización y aún después, cuando el edificio es demolido y reciclado. (Edwards, Brian, 2008).

Un edificio sería “inteligentemente diseñado, construido y utilizado” si utilizara recursos renovables, materiales reciclados, no contaminantes, envolventes que ahorren al máximo la energía, etc. En el mejor de los casos, que produzca su propia energía, que utilice equipos de alto rendimiento y que a lo largo de su vida útil no produzca un gasto mayor al de su costo inicial. Para completar la función de un edificio inteligente podría incorporar sistemas automatizados para la gestión integral de la iluminación artificial, la seguridad, el control del personal, el apagado y prendido de los equipos, el ahorro de energía para calefacción, refrigeración, electricidad, etc. (Czajkowski & Gómez, 2009)

El arquitecto debe ser responsable al momento de elegir la tecnología de confort para su edificio, por lo que es necesario hacer un análisis criterioso y uso de las pautas de Diseño Sustentable para desarrollar modelos edilicios adecuados y eficientes. Por ello, si se reconoce el edificio educativo como recurso potente para favorecer el aprendizaje de diferentes temáticas ambientales, es posible trabajar conjuntamente con los alumnos la aproximación al cuidado del hábitat y así fomentar su desarrollo sustentable.

### OBJETIVO

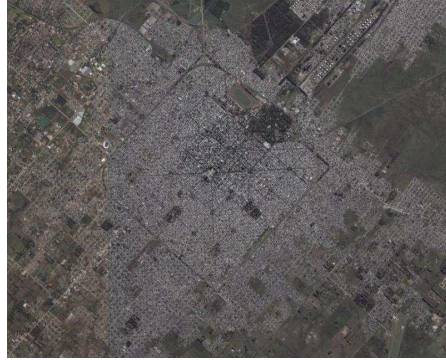
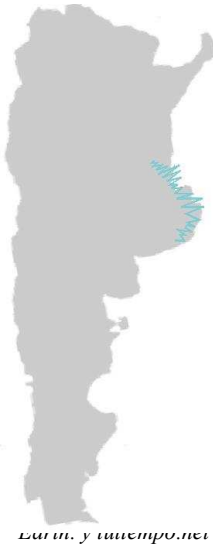
El objetivo de la comunicación es proponer pautas de diseño ambientalmente consciente a un modelo general de escuela rural con la aplicación de conocimientos adquiridos en un curso de posgrado y que sirvan de base para una beca de investigación.

### SITUACION GEOGRAFICA

El modelo de diseño se localiza en la ciudad de La Plata, provincia de Buenos Aires. Esta región está clasificada como 3-Templada cálida, subzona 3-b cálida-húmeda. (Norma IRAM 11.603). Se caracteriza por el alto nivel de humedad (entre 70 y 85%) que genera, durante el invierno un 70% de días nublados. Además, presenta amplitudes térmicas menores a 14°C.

<sup>1</sup> Profesional de apoyo LAyHS-FAU-UNLP

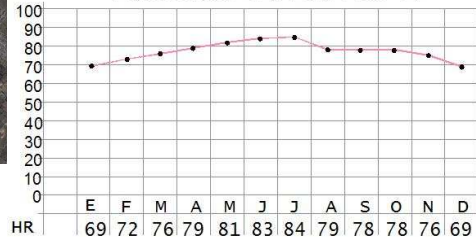
<sup>2</sup> Director LAyHS-FAU-UNLP, Investigador CONICET



## temperaturas °C

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
tmed	25.4	25.2	21.7	18.2	14.5	10.6	12.9	12.2	13.3	17.8	24	24.3
tmax	30.6	30.2	25.4	23.4	19.5	15.1	17.4	16.7	16.8	22.7	29.2	29.6
tmin	17.8	18.3	15.4	10.5	7.3	3.7	7.2	4.4	6.9	9.6	16.7	16.1

## humedad relativa %



del AMBA e imagen satelital La Plata. Temperaturas y humedad relativa (2008). Fuentes: Google

Earth, y tiempo.net

## CRITERIOS Y ESTRATEGIAS GENERALES DE SUSTENTABILIDAD

El proyecto ecológico debe ser sensible a su entorno, ser específico del lugar, que responda a las condicionantes climáticas y de emplazamiento. Pensar en la planificación del sitio de una manera sustentable; el consumo racional del agua; el uso eficiente de la energía e incorporación de energías renovables; la conservación de materiales y recursos; y el cuidado de la calidad del ambiente interior. (argentinagbc.org.ar)

Además, debería lograr el equilibrio de tres aspectos relacionados:

- Confort de los habitantes: confort térmico, confort visual, calidad del aire interior, calidad acústica, adecuación a las necesidades funcionales, etc.
- Economía: ahorro energético, cuidado de recursos, durabilidad de los materiales, reciclado y reutilización de los mismos, etc. Tener en cuenta el costo inicial y el costo del ciclo de vida del edificio.
- Impacto ambiental del edificio: energía, materiales, agua, residuos, ruido, etc.

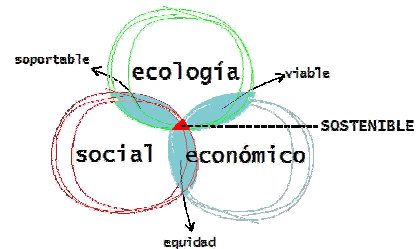


Figura 2: esquema de desarrollo sostenible

Tener en cuenta estas particularidades conlleva a la eficiencia general del edificio con sus consecuentes beneficios. (THERMIE, 2007)

## CRITERIOS Y ESTRATEGIAS PARTICULARES

Para esta zona, existen ciertas recomendaciones de diseño a tener en cuenta (Czajkowski y Gómez, 2009)

- Utilizar colores claros. En techos, el doble de aislamiento térmico de los muros
- Terrazas jardín / techo invertido
- Fachadas ventiladas
- Orientación óptima NNO-NNE
- Verificar que en invierno se cumplan dos horas mínimas de sol en los locales principales.
- Carpinterías con protección solar móvil
- Aprovechar los vientos predominantes; etc.
- Materiales recomendados con una masa térmica media de 200 a 300kg/m<sup>2</sup> para amortiguar y evitar los picos de temperatura estival, buscando amortiguar la amplitud térmica exterior. Aislamiento térmico exterior y ventilación cruzada, y extracción de aire caliente acumulado en cielorrasos.

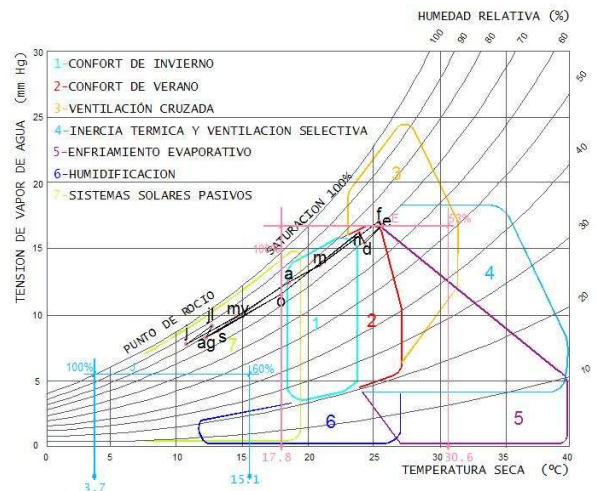


Figura 3: Condiciones higrotérmicas de La Plata sobre climograma de Givoni.

## CARACTERÍSTICAS Y PROGRAMA

Según el Ministerio de Cultura y Educación de la Nación (CNBAE, 1998), se recomienda que la superficie mínima sea 1,50 m<sup>2</sup>/alumno. Las escuelas rurales suelen contar con 2 a 4 aulas dependiendo de la población concurrente, un salón de usos múltiples con un área de servicio de apoyo, un cuerpo de sanitarios para varones y mujeres, un módulo único para discapacitados y por último, una oficina para la dirección. Las escuelas periurbanas y rurales se implantan generalmente en espacios abiertos con baja densidad de población, donde una gran proporción del área no se encuentra habitada y esa tierra es utilizada para producción primaria como puede ser, horticultura, floricultura, ganadería, agricultura, etc. Esto requiere la incorporación en el programa de una zona destinada a ese tipo de uso. (Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación, 2007)

El programa concreto para este trabajo comprende:

- dos aulas
- salón de usos múltiples
- cocina de apoyo al SUM
- oficina para dirección
- sanitarios para varones y mujeres + módulo único para discapacitados
- área de huerta al aire libre

## FUNCIONAMIENTO

Es importante tener en cuenta el factor de ocupación y tipos de actividades del edificio, ya que en este caso, se trata de una ocupación de carácter intermitente y funcionamiento discontinuo. Los locales se encuentran en uso durante una parte del día. Estos datos son relevantes a la hora de pensar en los sistemas de acondicionamiento térmico del establecimiento y a su vez respecto de los sistemas de iluminación, ya que el ciclo diario de actividad escolar coincide con las horas de luz natural. Esto hace factible pensar que las necesidades de acondicionamiento térmico mecánico e iluminación artificial son considerablemente bajas, y hasta podrían eliminarse en algunos casos. Por otro lado, se trata de espacios muy densamente ocupados. Esto es proporcional al calor generado en el interior y hace necesario pensar que mantener la calidad del aire requiere ser renovado un mayor número de veces. (San Juan y Hoses, 2001)

## MODELO EDIFICIO

La escuela se organiza en una planta de forma lineal a partir de una grilla regular de 5 m de lado y submódulos.

El eje mayor se ubica en relación E-O para recibir la mejor orientación en la fachada longitudinal, hacia donde se ubica la zona de mayor uso. Hacia el sur, la zona de servicios. Los espacios exteriores se trataron a nivel paisajístico-espacial así como ambiental, caracterizándolos según sus diferentes orientaciones y relación con espacios interiores.

Según funciones, la planta del proyecto se puede analizar en cuatro sectores:

- *Circulación*: es de doble crujía, con posibilidad de abrirse en sus extremos para lograr corrientes de ventilación que refresquen todo el edificio. Está iluminado a partir de lucernarios ubicados en el techo que permiten la entrada de luz natural.
- *Zona de servicios (sanitarios, cocina, depósitos y administración)*: al tener la orientación más desfavorable, se redujo la superficie de ventanas a las mínimas necesarias y se generó una protección de tierra natural que funciona como masa térmica y mejora el comportamiento térmico del muro. Sobre la cubierta de esta zona, se ubican los paneles de ACS, fotovoltaicos y tanque de agua.
- *Aulas y SUM*: poseen ganancia solar directa a partir de amplias puertas ventanas hacia el N y sistemas solares pasivos para calentamiento del aire interior (Mazria, 1983). Las carpinterías tienen incorporado un medio de ventilación independiente en la zona superior que permite regular las condiciones del aire interior. El control de la temperatura así como de la iluminación se consigue a través de parasoles móviles que funcionan como galería semicubierta cuando están abiertos y como sistema de seguridad al cerrarse.
- *Espacios exteriores y patio interno*: como ya se dijo, los espacios exteriores tienen en cuenta el confort visual general del edificio y a su vez, favorecen el confort térmico interior. Hacia el E y S se plantean arbustos y otra vegetación de baja altura que no interfiere en el paso de los rayos de sol de la mañana, y al S no den sombra. Al O y N se proponen árboles de mayor altura, frondosos y caducos, que protejan del sol de la tarde y refresquen el área en épocas de calor, y actúen contrariamente en épocas frías. Además de permitir el paso de corrientes de aire en la zona de tronco. El patio interno se ubica en el centro de la planta y sirve para airear el corazón del edificio además de integrar los espacios adyacentes física y visualmente.

Según las pautas de diseño DAC y los datos obtenidos del climograma de Givoni, encontramos que orientarse al diseño solar pasivo y teniendo especial cuidado en las ventilaciones cruzadas, es posible llegar a la situación de confort prácticamente a lo largo de todo el año. El diseño solar pasivo puede mejorar el rendimiento energético del edificio en tres aspectos fundamentales:

- *Calefacción*: el calor se almacena en materiales con masa térmica y es transmitido al interior de los locales;
- *Refrescamiento*: proteger el edificio a partir de generar sombra en sus ventanas mediante lamas, persianas, cortinas, ductos enterrados (Filippin, 2002), etc,
- *Iluminación*: si hay buen uso de iluminación natural, se reduce o hasta elimina la iluminación artificial durante el día, con el consecuente ahorro de energía y menor daño al ambiente. (THERMIE, 2007)

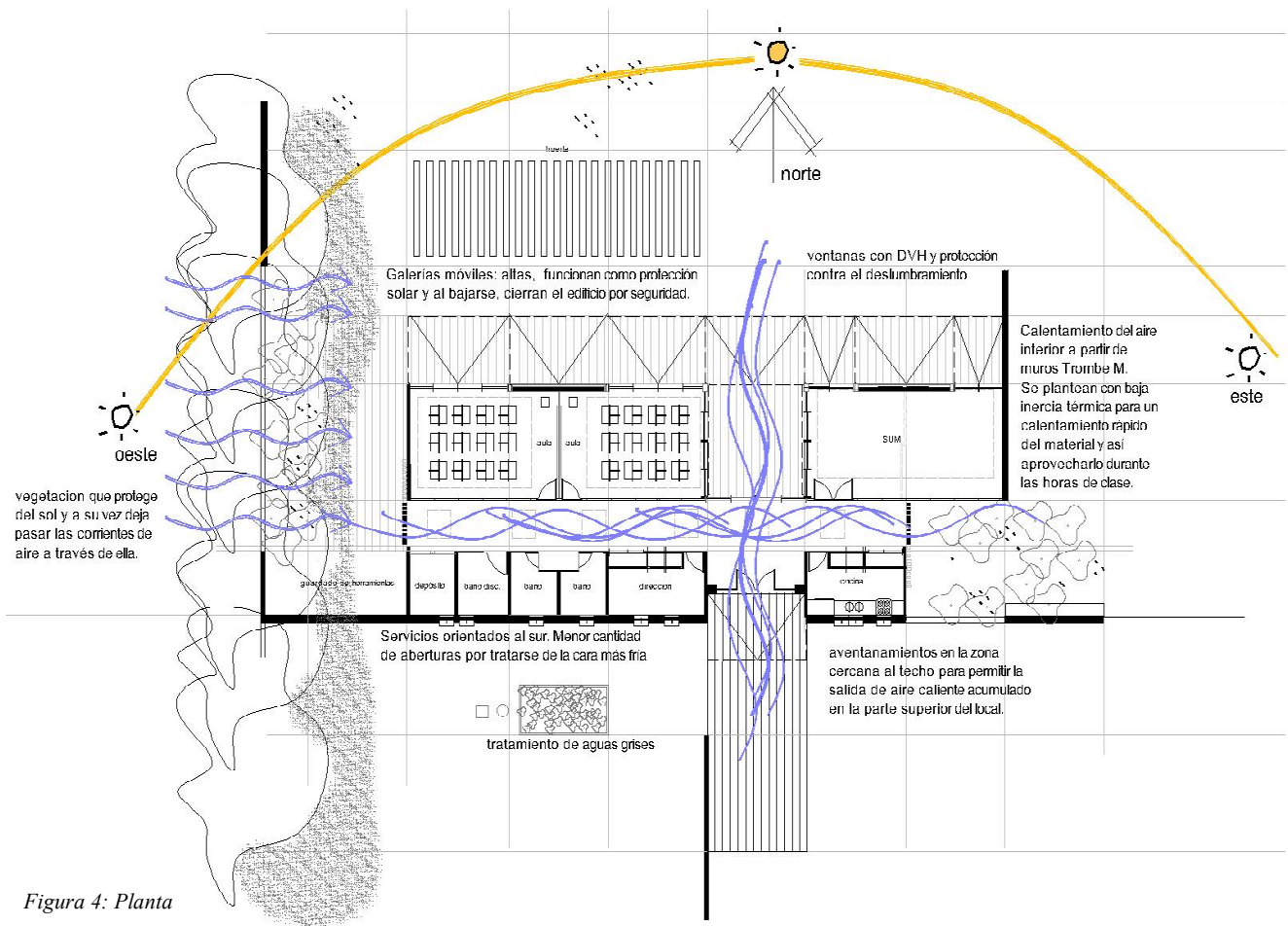


Figura 4: Planta

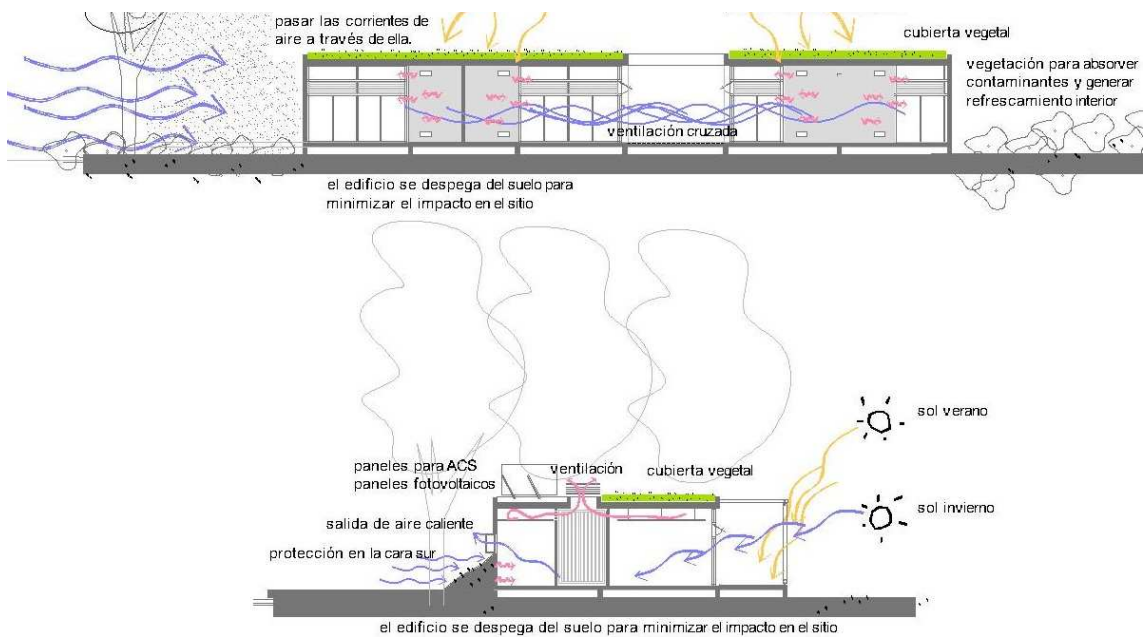


Figura 5: Cortes



En cuanto a la elección de los materiales y sistemas constructivos, un edificio sustentable busca aquellos con menor contenido energético y mayor rendimiento térmico (THERMIE, 2007). Estas propiedades se encuentran a partir del análisis de su proceso de fabricación y en base a esto y a consideraciones económicas, se hizo la elección para cada parte del edificio:

- Estructura: H° a (bajo contenido energético, parte del H puede ser reciclado)
- Cerramientos opacos: mampostería de ladrillo común + aislación térmica (EPS) + ladrillo cerámico hueco + revoque
- Cerramientos vidriados: DVH (R=0.35m<sup>2</sup>.K/W), que posee un mejor comportamiento térmico y acústico.
- Cubierta zona de servicios: losa combinada con viguetas de H° a y ladrillos de EPS
- Cubierta zona de aulas y SUM: losa combinada con viguetas de H° a y ladrillos de EPS + cubierta vegetal (manta de vegetación, filtros y membranas que requiere mínimo mantenimiento y proporciona un gran aislamiento térmico además de absorber parte del agua de lluvia)

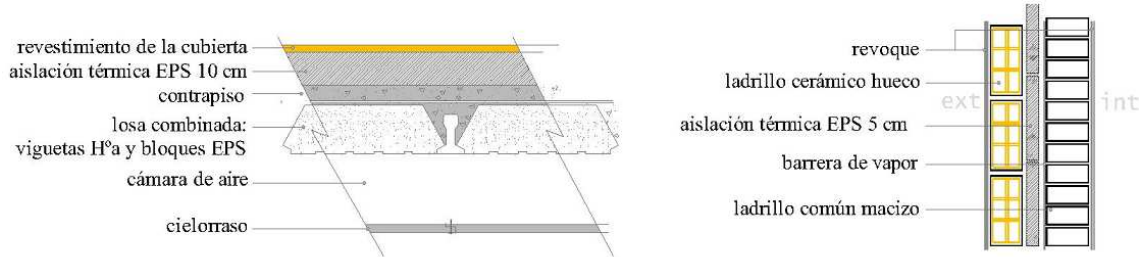


Figura 6: Detalles de cubierta y muro

Para establecer parámetros de confort térmico, la Norma IRAM 11.605 toma como referencia la temperatura de diseño. Se consideran 3 condiciones diferentes: C a 18° C, B a 20° C y A a 22° C (valores para el invierno). Para la situación de verano, se mantienen los tres niveles de confort A (recomendado), B (medio) y C (mínimo) según las temperaturas de cada zona ambiental. Para el caso de este trabajo, los datos pueden verse en la tabla 1. Estos niveles de confort implican un mayor gasto en aislamiento. Esto supone una inversión económica mayor, pero recuperable a corto plazo ya que se estiman 2/4/6 años según nivel C B A respectivamente. (Czajkowski y Gómez, 2009)

K máx. adm. Para invierno W/m <sup>2</sup> . K - La Plata-						
Temp. Exterior de diseño (°C)	nivel A		nivel B		nivel C	
	muros	techos	muros	techos	muros	techos
0	0,38	0,32	1	0,83	1,85	1
K máx. adm. Para verano W/m <sup>2</sup> . K - La Plata-						
Zona bioambiental de IRAM 11603	nivel A		nivel B		nivel C	
	muros	techos	muros	techos	muros	techos
III y IV	0,5	0,19	1,25	0,48	2	0,76
Norma IRAM 11603 y 11605 - A recomendado; B medio; C mínimo						

Tabla 1: Niveles para muros y techos según valores recomendados, medios y mínimos en invierno y en verano

## EVALUACIÓN POST-OCUPACIÓN

Una vez entregado el edificio puede ser aconsejable analizar su comportamiento energético mediante una auditoría energética ambiental (Filippin et al, 2002,2004), etc. Esta evaluación permitiría verificar las medidas de diseño implementadas en cuanto a: consumo de energía, aportes de los sistemas solares pasivos, condiciones interiores de iluminación, acústica y adaptación de la comunidad educativa.

Se prevee realizar simulaciones numéricas (Filippin, 2005) mediante *SIMEDIF* y *ENERGYPLUS* a fin de conocer el comportamiento higrotérmico interior, la evolución mensual de demanda de energía, el aporte de los sistemas solares pasivos, la optimización del nivel de aislamiento térmico, la iluminación natural en aulas, entre otras.

## CONCLUSIONES

Este *Modelo edilicio* de escuela rural puede servir como antecedente conceptual y daría pautas para un “modo de construir” adaptable al cambio climático. Pero es necesario hacer un análisis criterioso que contemple tanto las pautas culturales en la construcción y uso de edificios, y promover el Diseño Ambientalmente Consciente como metodología para lograr un desarrollo sustentable. Tener en cuenta los aspectos climáticos, del entorno, y otros recursos que privilegian el uso eficiente de la energía, harían posible edificios con grandes mejoras en cuanto a confort, ahorro y eficiencia energética, respecto de otros que no los contemplan; además de colaborar con el cuidado del ambiente.

Consideramos importante la toma de conciencia de los efectos que la construcción tiene sobre el hábitat. Esta comunicación busco analizar globalmente problema para q sirva de antecedente de un plan de investigación de posgrado en el cual se realizarían auditorias a edificios existentes contrastando los resultados con simulaciones numéricas. De esta forma se podrían validar las hipótesis y pautas de diseño bosquejadas en el trabajo.

El diseño ambientalmente conciente debe ser afrontado con responsabilidad, por medio de un abordaje integral de los diferentes procesos que componen la obra arquitectónica.

## REFERENCIAS

- Czajkowski, J., Gómez A. (2009). *Arquitectura Sustentable*. Edit Clarín, Buenos Aires ISBN 978-987-07-0603-8
- Czajkowski, J., Gómez A. (1994). *Diseño bioclimático y economía energética edilicia*. Edit. UNLP, La Plata.
- Edwards, Brian. (2005). *Guía básica de la sostenibilidad*. Ed. G.Gili. ISBN 84-252-1951-5
- Filippin, C. (2005). *Energía eficiente. Uso eficiente de la energía en edificios*. Ediciones Amerindia. ISBN 987-95213-3-1
- Filippin, C. y Marek, L. (2004). Comportamiento energético y ambiental de edificios escolares en La Pampa, *Revista Energías Renovables y Medio Ambiente* 11, pp.1-9, Argentina.
- Filippin, C. y Beascochea, A (2002). Comportamiento térmico y energético de dos edificios escolares en La Pampa. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. ISSN 0329-5184, Vol. 5, 2002, 05.01-05.06.
- Filippin, C, Larsen, S y Lesino, G. (2002). Análisis de la performance de los ductos enterrados de una escuela de EGB3 en Catriló, La Pampa. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. ISSN 0329-5184, Vol. 6, Tomo II, pp. 08.103 - 08.108
- Givoni B, A. (1976). *Man, Climate and Architecture*. Architectural Science Services. Publishers. Ltd. London.
- Goulding, J; Lewis, J. (1999). *European directory of sustainable and energy-efficient building*. James and James. Londres.
- Hoses, S. (1999). *Habitabilidad y costo operativo en edificios de educación pre-escolar y primaria. Mejoramiento de tipos representativos en la prov. de Buenos Aires. Informe Final, categoría Iniciación CONICET*. IDEHAB, FAU, UNLP.
- IRAM (1990-1999). *Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Serie de normas sobre acondicionamiento térmico de edificios*:
11601. "Método de cálculo de la resistencia térmica de muros y techos".
11625. "Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua, superficial e intersticial en muros, techos y otros elementos exteriores de edificios".
11605. "Acondicionamiento térmico de edificios: aplicación de un método de evaluación".
11603. "Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bio-ambiental de la República Argentina". Buenos Aires.
- Mazria, E. (1983). *El Libro de la Energía Solar Pasiva*. Ed. Gili. ISBN 968-6085-76-9
- Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación. (1998) *Criterios y Normativa Básica de Arquitectura Escolar*. Argentina
- San Juan G, Hoses S. (1995-2001). *Arquitectura educacional. Investigación y transferencia* ISBN 950-34-0227-1
- THERMIE (2007). *Un Vitruvio Ecológico. Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible*. Barcelona. ISBN 978-84-252-2155-2

## ABSTRACT

This communication propose design a model from a building for elementary education, applicable to suburban areas of the city of La Plata that is based on environmentally conscious design principles. We searched for relevant data to know the geographic, programmatic needs, appropriate technologies, etc, to be incorporated into the design. Is intended that the project complies with the standards established by IRAM about thermal quality of the construction, in order to achieve comfort parameters with the integration of CAD design strategies in the project. We understand that it is technically and economically reasonable to propose a sustainable school project. We understand that projects of this kind, who implement technical climate change adaptation and mitigation of GHG emissions could help control global warming.

**Keywords:** Environmentally conscious design, education, architecture school