

Arquitectura sostenible

Bases, soportes y casos
demostrativos



Beatriz Garzón
Compiladora

nobuko

ARQUITECTURA SOSTENIBLE

BASES, SOPORTES Y CASOS DEMOSTRATIVOS

Arq. Beatriz Garzón

Compiladora

ARQUITECTURA SOSTENIBLE

BASES, SOPORTES Y CASOS DEMOSTRATIVOS

Arq. Beatriz Garzón

Compiladora

nobuko

Garzón, Beatriz

**Arquitectura sostenible: bases, soportes, y casos demostrativos / Beatriz Garzón; compilado por Beatriz Garzón. - 1a ed. - Buenos Aires: Nobuko, 2010.
238 p.: il.; 21x15 cm.**

ISBN 978-987-584-295-3

**1. Arquitectura. 2. Diseño de Viviendas. I. Garzón, Beatriz, comp. II. Título
CDD 729**

Edición a cargo: Rosanna Cabrera

Diseño de tapa: Liliana Foguelman

Diseño general: Florencia Turek

Hecho el depósito que marca la ley 11.723

Impreso en Argentina / Printed in Argentina

La reproducción total o parcial de este libro, en cualquier forma que sea, idéntica o modificada, no autorizada por los editores, viola derechos reservados; cualquier utilización debe ser previamente solicitada.

© 2010 nobuko

ISBN: 978-987-584-295-3

Septiembre de 2010

Este libro fue impreso bajo demanda, mediante tecnología digital Xerox en **bibliográfika** de Voros S.A. Bucarelli 1160. Capital.
info@bibliografika.com / www.bibliografika.com

Venta en:

LIBRERIA TECNICA CP67

Florida 683 - Local 18 - C1005AAM Buenos Aires - Argentina

Tel: 54 11 4314-6303 - Fax: 4314-7135

E-mail: cp67@cp67.com - www.cp67.com

FADU - Ciudad Universitaria

Pabellón 3 - Planta Baja - C1428EHA Buenos Aires - Argentina

Tel: 54 11 4786-7244

A todas aquellas personas interesadas y preocupadas en alcanzar la “sostenibilidad” de los “hechos arquitectónicos”, esperando que este libro se constituya en un aporte de referencia y sustento.

A los autores de los artículos, proyectos y obras.

Al editor por su contribución y confianza en esta propuesta.

A la Universidad Nacional de Tucumán, a su Facultad de Arquitectura y Urbanismo, a la Secretaría de Ciencia y Técnica y a la Unidad de Negocios.

Al Consejo Nacional de Investigaciones, Científicas y Tecnológicas [CONICET].

A todas aquellas personas, grupos sociales e instituciones involucradas, por su apoyo a la labor desarrollada.

A mi familia, por compartir y acompañarme a alcanzar mis metas.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	9
PRÓLOGO	11
CAPÍTULO 1 El edificio “Consortio Santiago”: 14 años después Enrique Browne	13
CAPÍTULO 2 Potencial energético de un envolvente arquitectónico en función de obstrucciones solares del entorno urbano Luz Alicia Cárdenas Jirón y Hernán Bugueño Rubio	33
CAPÍTULO 3 Edificio bioclimático para la unidad de extensión y desarrollo territorial del INTA en Guatrache (La Pampa) Celina Filippín y León Marek	53
CAPÍTULO 4 Estrategias bioclimáticas aplicadas, monitoreo y simu- lación en una vivienda rural de interés social Beatriz Garzón, Alejandro Hernández, Eduardo Mele y Liliana De Benito	71
CAPÍTULO 5 Un homenaje al lugar Marcelo Huenchuñir Bustos	103

CAPÍTULO 6	El papel de la arquitectura bioclimática y sostenible en la producción de vivienda como bien de consumo	
	Leal Gabriel.....	121
CAPÍTULO 7	Bases para los criterios e indicadores de la vivienda sustentable en México	
	David Morillón Gálvez	145
CAPÍTULO 8	Edificio bioclimático	
	Gustavo San Juan, José Luis Lloberas, Adriana Toigo, Alejandro Hernández, Nahuel Salvo, Gabriel Santinelli Salvador Squillaciotti y Diego Ríos.....	179
CAPÍTULO 9	Casa Kyoto	
	Felipe Pich-Aguilera y Teresa Batlle.....	209
AUTORES		233

INTRODUCCIÓN

Los edificios deben ser diseñados y construidos de manera que sus fines (los aspectos: ambiental, funcional, sociológico y simbólico) se interrelacionen y se alcancen a través de sus medios (aspectos: tecnológico y morfológico) con el objeto de permitir su habitabilidad, funcionamiento y mantenimiento con el uso eficiente de los recursos naturales y culturales del sitio y con niveles bajos de dependencia (energética, económica, etc.) para minimizar los impactos hacia sus contextos.

De este modo, se logrará una arquitectura sostenible.

La dimensión de este desafío es grande, pero no imposible; para ello, se requiere de la concienciación al respecto, de las capacidades y habilidades pertinentes, de los lineamientos y herramientas adecuados y asequibles.

ARQ. BEATRIZ GARZÓN

PRÓLOGO

La arquitectura sostenible es aquella manera de concebir el diseño, gestión y ejecución de un “hecho arquitectónico” a través del aprovechamiento racional, apropiado y apropiable de los recursos naturales y culturales del “lugar” de su emplazamiento buscando minimizar sus impactos ambientales sobre los contextos natural y cultural en cuestión.

Para alcanzarla puede decirse que es necesario considerar varios aspectos básicos:

1. Planificación del sitio.
2. Adecuación de los espacios según sus destinatarios, pautas culturales, su función, condiciones de salubridad, de habitabilidad, etc.
3. Control del uso de materiales y procesos tecnológicos a emplear y reutilizar.
4. Innovaciones metodológicas, arquitectónicas y tecnológicas.
5. Seguridad de los procesos para su construcción, funcionamiento y mantenimiento.

6. Control de los recursos económicos para tales fines.
7. Uso eficiente y renovable de la energía involucrada.
8. Uso racional de los recursos naturales (agua, tierra, vegetación, etc.) a destinar.
9. Compromiso y capacidades de los actores involucrados a través

Ante esta situación se busca, con cada uno de los trabajos y experiencias, generar un espacio (tiempo y lugar) para plantear y buscar un aporte que permita:

- Promover e intervenir al respecto.
- Contribuir al campo disciplinar específico y al de las demás disciplinas intervinientes mediante propuestas innovadoras desde una visión globalizada y transdisciplinaria.

CAPÍTULO 1

**EL EDIFICIO “CONSORCIO SANTIAGO”:
14 AÑOS DESPUÉS**

Enrique Browne

El edificio Consorcio Santiago (Enrique Browne y Borja Huidobro Arqs., 1990-1993) está ubicado en la comuna de Las Condes de Santiago de Chile. Tiene 26.751 m² considerando sus subterráneos.¹ Alcanza 17 pisos y tiene 74 m de largo, ocupando media manzana sobre la Av. El Bosque.

El Consorcio Nacional de Seguros solicitó pocos requisitos, pero claros. El edificio debía tener unos 19.000 m² sobre el suelo. Las plantas libres deberían tener unos 1.200 m², subdivisibles al menos en dos. Los tres primeros pisos serían para la empresa (con entrada independiente) mientras el resto superior quedaría para arriendo, venta o posterior expansión de la Compañía. Se sugería utilizar una “piel” con termopaneles de cristal y paneles de ACM,² material novedoso en esa época y recién utilizado en el edificio de La Interamericana en el centro de Santiago (Alemparte y Barreda Arqs. Asoc., 1987-1990). Pero sobre todo, la imagen del edificio

debía perdurar en el tiempo, es decir, no pasar de moda. Con estas indicaciones, más nuestras propias observaciones sobre el terreno, el barrio, los reglamentos y otros factores, se realizó el proyecto. Lo primero que surgió fue su planta con forma de “bote”, la cual deriva de la alineación de su fachada principal con los ejes mayores que bordean el edificio, a saber, la Av. El Bosque por el poniente y Av. Tobalaba y Canal San Carlos, por el sur. Redondeando el abierto ángulo entre ambas vías (148°), se eliminó el costado sur del edificio, convirtiéndolo en un alto vértice. Esta “proa” vertical marcaría simbólicamente el inicio de la zona donde comienza legalmente el área de oficinas en la avenida. La esquina norponiente también se curvó levemente para acoger visualmente el mayor flujo de peatones que vendría desde la Av. Apoquindo, donde pasa el metro subterráneo. Las curvaturas de los extremos produjeron plazuelas exteriores en ambas esquinas de la cuadra (Fig. N° 1).

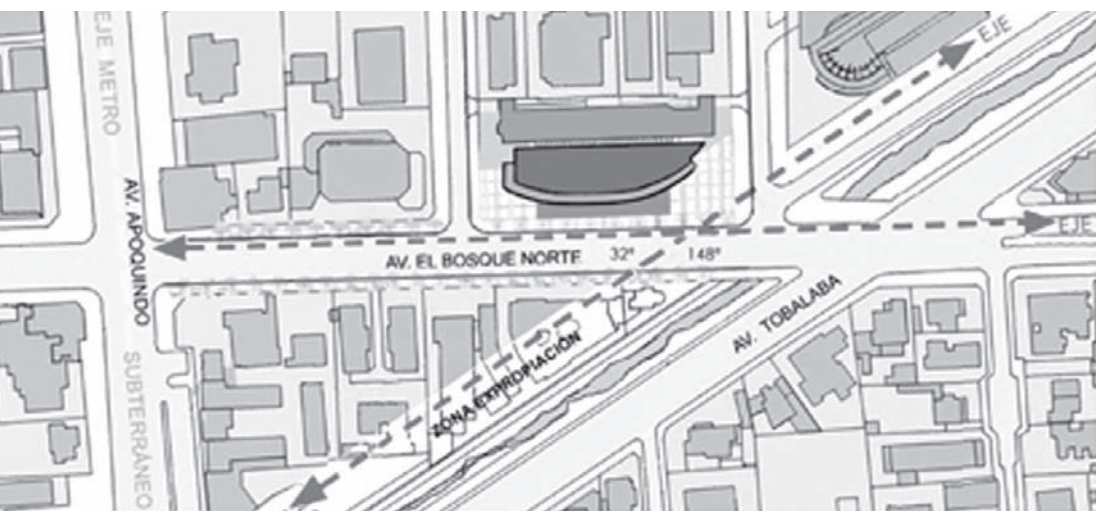


Fig. N° 1: plano de ubicación y ejes (edificio Consorcio Santiago).



Cabe considerar también que, hacia 1990, los vecinos al oriente eran casas a la venta. Su impredecible volumetría futura hacía conveniente ocultar ese lado. Por lo mismo planteamos un largo volumen semiadosado según los Reglamentos, de tres niveles. Esto produjo un alto corredor entre éste y el “bote”, lo cual hizo posible dos accesos independientes en los extremos: uno para el Consorcio y otro para los pisos superiores. Estas entradas quedaban precedidas por las plazuelas mencionadas. Para separar funcionalmente ambas entradas sin perder la longitud, se dejó aquella del Consorcio a nivel suelo y la otra a nivel +1.

Ahora bien, en climas normales, el mayor problema térmico de los edificios de oficinas es su calentamiento, dado que unas cuatro personas –más su equipamiento como lámparas, computadores y otros– generan calor equivalente a una estufa. Por lo mismo, el sistema de aire acondicionado incide decisivamente en el consumo y costos de energía. En Santiago el sobrecalentamiento aumenta excesivamente al lado poniente entre octubre y marzo. A éste se le agrega la reverberación del calor en el pavimento de las calles y veredas. Adicionalmente están las molestias del encandilamiento. Pues bien, la más larga fachada del edificio tenía estos problemas, también presente por el costado norte, pero algo atenuado.

Enfrentamos los problemas de calor y encandilamiento utilizando lo más posible medios naturales, como vegetación y agua. En el antejardín se instaló un espejo de agua de 48 m de largo y 420 m², con surtidores. Éste evita la reverberación y produce evaporación, bajando la temperatura. También se plantearon árboles para refrescar las veredas y sombrear al menos hasta el tercer nivel.

Los dos pisos superiores fueron protegidos por una gran visera de 4,5 m, la cual sirve de remate al edificio. A su vez protege del asoleamiento norponiente a dichos pisos. La visera fue confeccionada con celosías que eliminan la radiación solar directa sobre los termopaneles (de 5,5 m de alto) durante la mayor parte del día. La insolación sobre los cristales solo empieza después de las 17 horas. Esto permitía reducir la carga térmica

de enfriamiento y reducir la capacidad instalada de climatización, con el ahorro energético consecuente durante la vida útil del edificio.

Pero, la clave estaba en el “cuerpo” del edificio (pisos 4 al 15). Se optó por protegerlos con vegetación. Se vieron tres alternativas: “*parrones horizontales*” con enredaderas de hoja caduca, para permitir más sol y luz en invierno, “*doble piel vegetal*” vertical, con trepadoras caducas y “*árboles*” caducos (*Acer japonicos* u otros), (Fig. N° 2). Sobre el tipo de plantas, su velocidad de crecimiento, riego y funcionamiento térmico y estético teníamos experiencias empíricas previas por más de 15 años. “Horizontales”, como en *Casas en Ch. Hamilton* (1974) con uva de mesa como superficie vegetal, “verticales” como en *Casa en P. Harris* (1982), en *Casa en San Damián* (1987), o en el frustrante *Edificio El Ágora* (1987), etc. Pero con árboles en altura no teníamos dichas

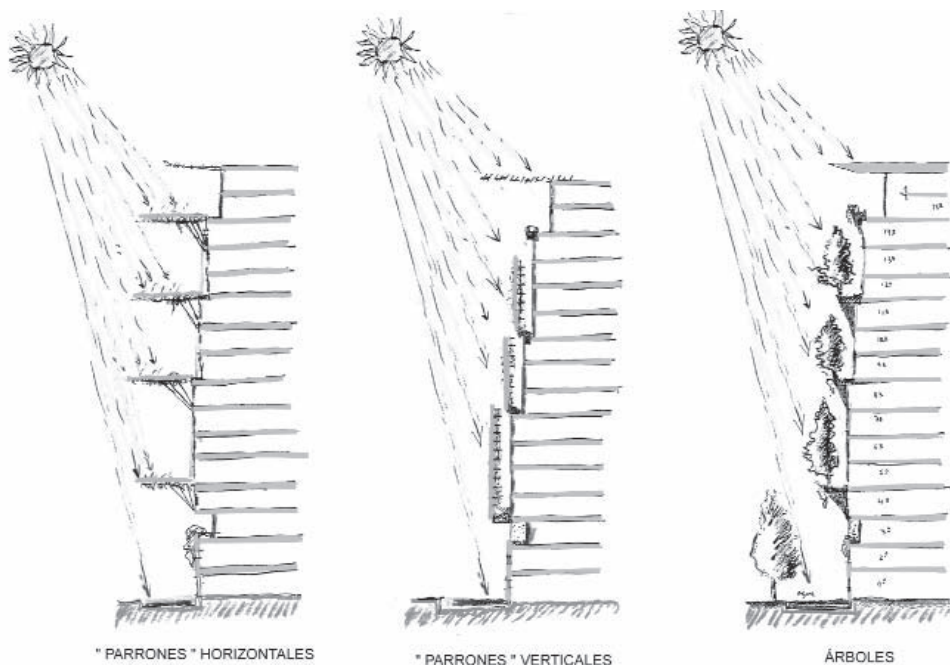


Fig. N° 2: alternativas de protección solar vegetal.

pruebas. Por lo mismo se eligió la solución de “*doble piel vegetal*” (parrón vertical). Ésta se distanció 1,40 m de la superficie exterior del edificio. Esta separación asegura amplias chimeneas para corrientes de aire ascendentes y para dar cabida a generosas jardineras inferiores, con riego programado gota a gota. Además, esta separación permite un fácil paso de los carros limpiafachadas que llevan también un jardinero para la poda, desinfección y abono de la vegetación (Figs. N° 2 y 3).

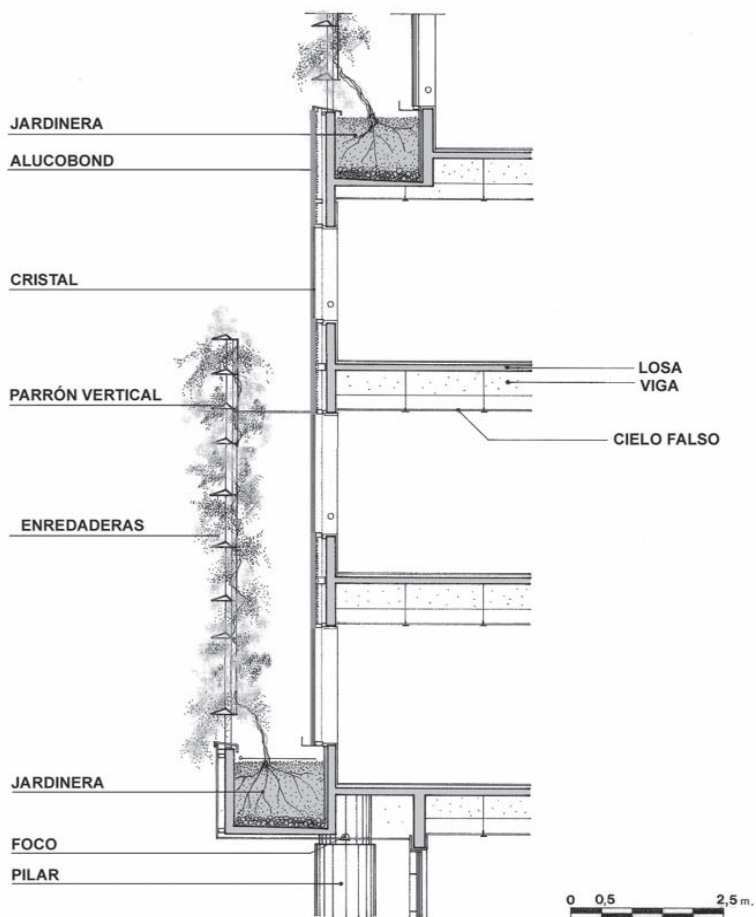


Fig. N° 3: detalle “doble piel vegetal”.

Las experiencias previas aseguraban un crecimiento de las trepadoras de al menos 12 m de alto en unos 6 años, como en la *Casa en P. Harris*. Optamos entonces por dividir la gran fachada en 3 franjas horizontales verdes, con 4-3 y 2 pisos recesivos, remarcando la separación de las franjas con un piso sin verde. Quedó así definida la elevación principal (Fig. N° 4).

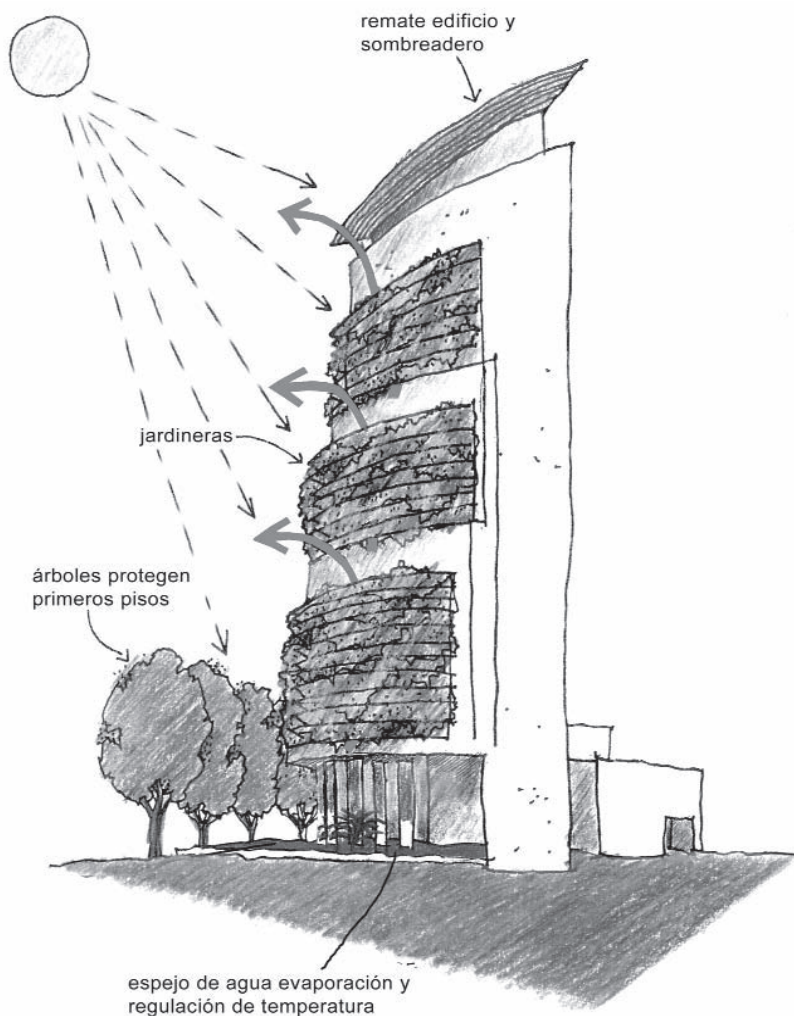


Fig. N° 4: funcionamiento térmico.

Para convencer a los clientes de la solución, los invitamos a conocer experiencias anteriores, como la *Casa en P. Harris*. Una vez que la alternativa vegetal fue aprobada, el apoyo de la empresa a la ejecución y mantención de ésta ha sido constante. El diseño específico de los jardines verticales se lo encargamos al paisajista Juan Grimm, quien utilizó enredaderas caducas que enfatizan el paso de las estaciones del año y su cambiante colorido (como *bouganvilleas*, *ampe-lopsis* y *plumbagos*).

En la práctica, la solución de “*doble piel vegetal*” significa levantar verticalmente las superficies verdes de las casas originalmente en el terreno, aumentando éstas ligeramente de 2.674 m² a 2.735 m². Es decir, por sobre el 70% del tamaño total del terreno en ambos casos (Fig. N° 5).

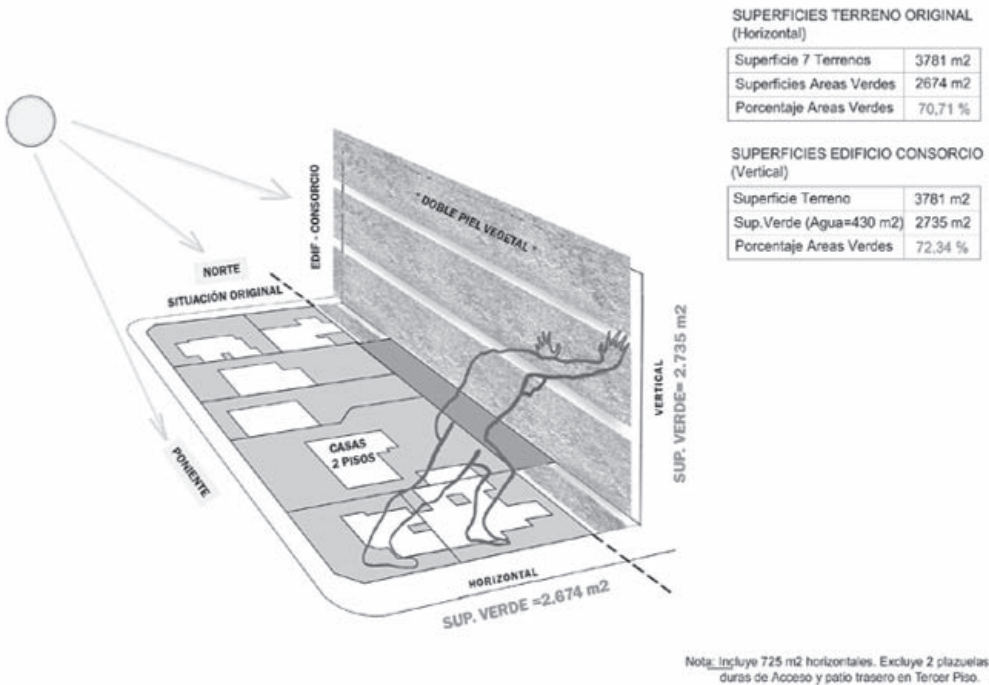


Fig. N° 5: desplazamiento vertical de áreas verdes. Incluye 725 m² horizontales. Excluye dos plazuelas duras de acceso y patio trasero en el piso 3.

Así el edificio devuelve a la ciudad la vegetación que le quita, haciéndola además más visible. Esto alegra el barrio, lo oxigena y mitiga la contaminación atmosférica, especialmente de CO₂. Ofrece a su vez un aspecto cambiante, pero de permanente validez. De hecho, la arqui-



Fig. N° 6a: evolución de la construcción en el tiempo (1993).

itectura y la vegetación se comportan distinto en el tiempo. Cuando mejor se ven los edificios normales es recién terminado. De ahí el apuro por fotografiarlos. Con los años su aspecto decae. Se ensucian y deterioran los materiales, junto con otros problemas (Fig. N° 6a y b).



Fig. N° 6b: evolución de la construcción en el tiempo (2007).

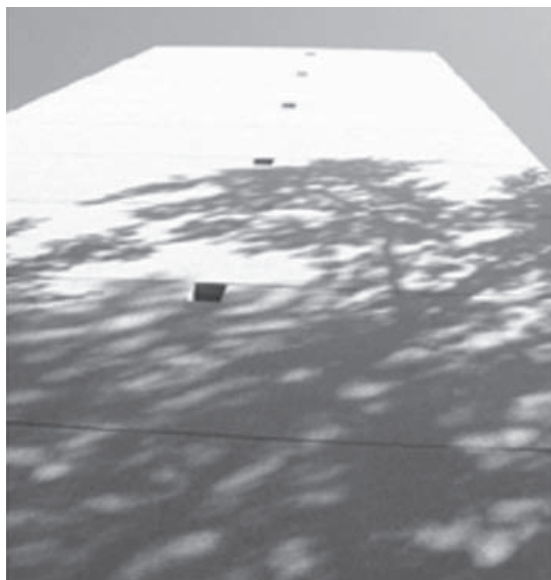


Fig. N° 6c: costado edificio recién terminado.



Fig. N° 6d: costado edificio 15 años después.

Con la naturaleza sucede al revés. Un parque recién terminado es apenas una esperanza. Pero a los 15 años ha ganado mucho. Los árboles han crecido, dando sombra y conformando espacios. Predomina el verde y otros valores (Fig. N° 7a y b).



Fig. N° 7: evolución de la naturaleza en el tiempo. a. Parque 1 año. b. Parque 15 años.

Por lo mismo, fundir arquitectura y vegetación, haciendo de esta última *un material de construcción*, mantiene vigente el edificio por tiempo indefinido. Con esto se cumplía con el principal requerimiento planteado por los clientes. Por otra parte, los interiores se vuelven más atractivos y domésticos (Fig. N° 8a y b). Esto es particularmente importante si se considera que los seres humanos pasan alrededor del 70% de su tiempo en espacios interiores.³ La vegetación puede ser regulada a discreción de los usuarios. Además, su superficie blanda reduce el ruido de la ciudad.



Fig. N° 8a y b: interior de las oficinas del Consorcio Santiago (pisos 6 y 14).

Con todo, el Edificio Consorcio Santiago se ha convertido en un hito del barrio, querido por sus propietarios, vecinos y santiaguinos. Esto es demostrable. La tasa de ocupación del edificio ha sido permanente de un 100%. La compañía cambió su viejo logotipo, mantenido por decenas de años, por otro representando su edificio en Santiago (Fig. N° 9).

Las encuestas de opinión realizadas por diarios o revistas, confirman lo dicho, ya que el edificio ha ocupado sostenidamente un lugar sorprendentemente alto. Fue elegido como el “Mejor Edificio de la década 90 en Chile” (el año 2002),⁴ luego como el “Mejor Edificio de los últimos 30 años y como uno de los tres Mejores Edificios de Santiago” (2003)⁵ y seleccionado como uno de los “Seis Mejores Edificios de Santiago de todos los tiempos” (2006).⁶

Además de sus beneficios “ambientales”, el Edificio Consorcio Santiago se ha comportado “energéticamente” mejor de lo pensado. Al menos por los estudios empíricos que he realizado con el ingeniero Joaquín Reyes. Durante el diseño, habíamos estimado que la “piel vegetal” reduciría un 60% la radiación solar, con un 10% de ahorro en gastos energéticos. Para un Congreso Internacional realizado el



Fig. N° 9: logotipo nuevo de la Empresa Consorcio.

2002,⁷ el ingeniero J. Reyes efectuó un estudio comparativo del consumo energético de 10 edificios corporativos construidos recientemente en Santiago. Pero, no pudo incluir al Consorcio Santiago por la dificultad en conseguir datos mensuales y anuales de los distintos arrendatarios, que tenían diferentes contratos con las compañías proveedoras de energía. Sin embargo, este año fue posible juntar dichos antecedentes, porque la propia empresa ocupaba la mayor parte del edificio. Se reajustaron al año 2007 todos los costos de los edificios considerados originalmente y se compararon con pisos típicos del Consorcio Santiago. Los resultados, si bien deben considerarse provisorios, son mucho mejores de lo esperado. El Edificio Consorcio Santiago tendría un 48% menos de consumo energético que el promedio de los 10 originales. Este

PROMEDIO 10 EDIFICIOS EN ALTURA RECIENTES VERSUS EDIFICIO CONSORCIO-SANTIAGO (SUPERFICIES CLIMATIZADAS Y CON "DOBLE PIEL VEGETAL")

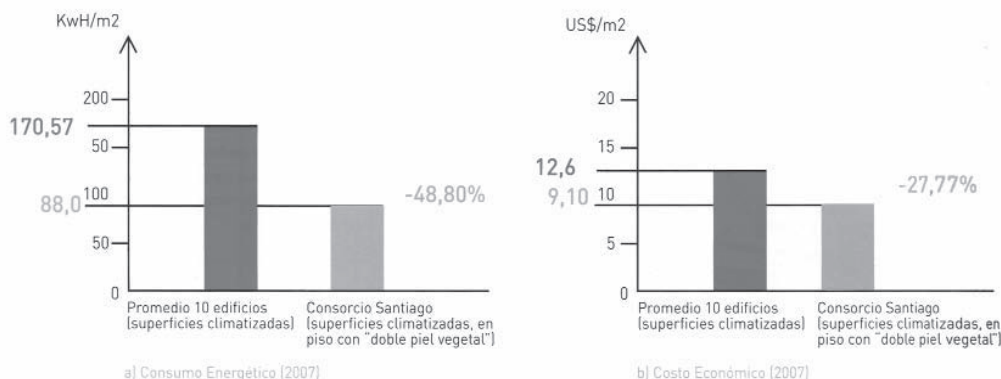


Gráfico N° 1: consumo energético del 2007.

menor consumo significaba un ahorro monetario del 28% respecto al promedio de los otros (Gráfico N° 1). Estos porcentajes podrían estar algo exagerados por factores circunstanciales (como ubicación, altura, relación con edificios vecinos, densidad de ocupación interior, distribución y otros). Por lo mismo, comparamos un piso del Consorcio Santiago con “doble piel vegetal” *versus* otro piso del mismo edificio sin dicha protección. Los resultados se confirmaron, pero atenuados. El piso protegido vegetalmente consume un 35% menos de energía, con un costo 25% menor (Gráfico N° 2).

Promedio: 10 edificios en altura recientes

versus

Edificio Consorcio Santiago (superficies climatizadas y con “doble piel vegetal”)⁸

EDIFICIO CONSORCIO-SANTIAGO (PISO CON Y SIN “DOBLE PIEL VEGETAL”)

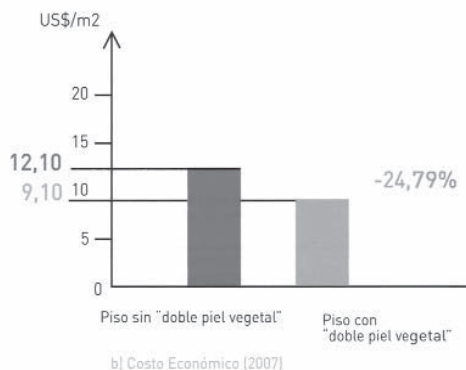
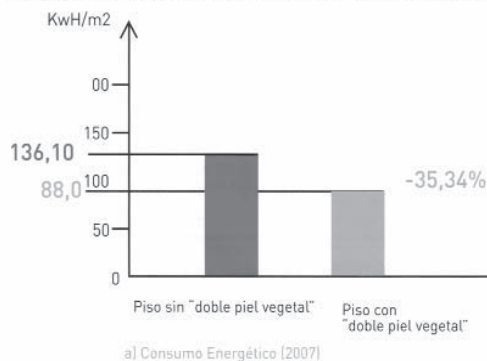


Gráfico N° 2: consumo energético del 2007.

Por lo mismo, suponer que la “doble piel vegetal” redundará en un 20% de ahorro anual en gastos de energía –es decir, el doble de lo presupuestado originalmente– parece una estimación razonable y satisfactoria. De hecho “la mejor manera de demostrar el potencial y las posibles soluciones para la construcción sustentable es con ejemplos concretos”.⁹ Además, porque los resultados se derivan de una investigación empírica en arquitectura que lleva 33 años de empecinado trabajo de “prueba y error”.

POSDATA

Por razones de claridad la evaluación del Edificio Consorcio Santiago se centró en su calidad medioambiental y comportamiento energético. Pero algunos otros aspectos podrían ser señalados. En pro de la concisión, solo uno más. Con varios años de funcionamiento, se



Fig. N° 10a y b: doble piel vegetal. Invierno/Verano.

constató que el gran *hall* longitudinal del edificio no cumplía cabalmente su rol representativo. Los principales ejecutivos de las empresas accedían en automóvil a los estacionamientos subterráneos, tomando directamente desde ahí los ascensores hacia sus respectivos pisos. Igual sucedía con los invitados importantes, para los cuales existían estacionamientos reservados. Con todo, casi ninguno pasaba ni veía el *hall*. Constatado ello, en 2001 se decidió realizar nuevos *halls* en los dos subterráneos de estacionamientos, otorgando accesos más dignos desde esos niveles.



Gráfico N° 3: *hall* primer subterráneo (2001).

Se aprovechó esta operación para solucionar el problema de las personas que bajaban al 2° subterráneo a fumar, lo cual se prohibía en las oficinas. Por lo mismo lo hacían entre los automóviles, con peligro y suciedad ambiental. En el nuevo *hall* de este nivel se instalaron extractores de aire, máquinas de bebidas y comestibles, cajero automático y otras comodidades. Con posterioridad a esto, el lugar se convirtió en un asiduo lugar de reunión para muchos oficinistas. Lamentablemente estos servicios tuvieron que cancelarse, porque una compañía con estacionamientos adyacentes, objetó pasar por ahí para tomar ascensores. El asunto ofrece lecciones para futuros *halls* en edificios de oficinas.



Gráfico N° 4: *hall* segundo subterráneo (2001).

NOTAS

¹ Tiene 2,5 subterráneos para estacionamientos y equipos.

² ACM = Aluminium Composite Material.

³ “Interview with Prof. Angela Schuh”, en *Daylight architecture. Magazine by Velux*. Autumm: 2007, N° 6.

⁴ Selección de la revista *Vivienda y Decoración*. Santiago de Chile: 21 de diciembre de 2002.

⁵ Encuesta del diario *El Mercurio*. Santiago de Chile: 29 de diciembre de 2003.

⁶ Encuesta de la revista *Vivienda y Decoración*, N° 525. Santiago de Chile: 29 de julio de 2006.

⁷ REYES, JOAQUÍN. *Impacto de la Automatización en la Eficiencia Energética en Edificios*. CINTEC. 9.8. A. Presentada en las Jornadas AADECA - Asociación Argentina de Control Automático. Buenos Aires: 2002.

⁸ Si se confirma este consumo en el futuro sería un logro muy alto. El Edificio Forum Chriesbach en Zurich, del Instituto Federal Suizo de Ciencias Acuáticas y Tecnológicas realizado expresamente con el fin de consumir un mínimo de energía, alcanza 64,9 kwh/m², cifra muchísimo más baja que la establecida por la Ley de Conservación Energética Suiza.

⁹ Holcim Foundation for Sustainable Construction.

CAPÍTULO 2

**POTENCIAL ENERGÉTICO DE UN ENVOLVENTE
ARQUITECTÓNICO EN FUNCIÓN DE
OBSTRUCCIONES SOLARES DEL ENTORNO URBANO***

Análisis de un edificio patrimonial universitario

Luz Alicia Cárdenas Jirón | Hernán Bugueño Rubio

INTRODUCCIÓN

El presente capítulo da cuenta de resultados preliminares de un proyecto de investigación de 2 años de duración que tuvo por finalidad estudiar el acceso solar a un edificio patrimonial y su potencial energético: la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile. El proyecto forma parte de un conjunto de iniciativas de investigación aplicada y de transferencia tecnológica suscriptas bajo el marco general del Programa Domeyko-Energía, financiado por la Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo.

El entorno urbano de los edificios en la ciudad puede limitar o facilitar el acceso solar a un edificio; y su consecuente aprovechamiento para utilización de energía renovable no contaminante en pro de

una ciudad sostenible. Por ello, se estima de crucial importancia el análisis termoespacial del entorno urbano.

Ya en la Antigüedad, el Código Justiniano en el siglo XI consideraba el acceso solar como un derecho para todos los ciudadanos, cuestión que se ha ido perdiendo por una falta de visión en la planificación de nuestras ciudades: “si algún objeto se coloca de modo que quite el sol en su camino (*heliocaminus*) a otro, se considera una violación de un derecho al sol”.

Se ha escogido el edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo por dos motivos principales: el primero por tratarse de un edificio patrimonial que permite estudiar las mejoras en cuanto a acciones de rehabilitación, en función del aprovechamiento solar. Por otro lado, realzar su situación urbana, una edificación de menor altura localizada en el centro de la ciudad frente a edificaciones próximas de gran altura. Esta situación es producto de ordenanzas urbanas que van cambiando la morfología urbana de la ciudad.

La localización central en un tejido consolidado del siglo XIX de la ciudad de Santiago de Chile, rodeada por un entorno urbano modernista del siglo XX, le otorga al edificio una cualidad espacial característica: acceso solar discontinuo producto de las obstrucciones solares de edificios vecinos (Figs. N° 1a, b y c).

La metodología para estudiar el acceso solar al edificio patrimonial consistió en un trabajo de campo experimental y una modelación espacial mediante herramientas informáticas. El objetivo secundario es comparar ambos resultados; la modelación con la experimentación de terreno. El rango de tiempo evaluado corresponde al período de una quincena cercano al equinoccio: septiembre, en la latitud 33°S 70°O de la metrópolis de Santiago.

El experimento consideró la colocación de piranómetros marca SolCoDat de confección alemana, en el envolvente arquitectónico del edificio. El criterio de ubicación de los instrumentos fue seleccionar aquellas fachadas con orientación solar: fachada Este, fachada



Figs. N° 1a, b y c: vistas del edificio, 2008.

Norte, fachada Oeste. Además, se consideró que no estuvieran, en la medida de lo posible, expuestas a máscaras de sombra producto de la vegetación, por lo cual se ubicaron en la pared exterior del piso 2º del edificio (Figs. N° 2 y 3a y b).



Fig. N° 2: vista lateral del edificio.



Fig. Nº 3a y b: vista lateral y frontal del edificio, 2008.

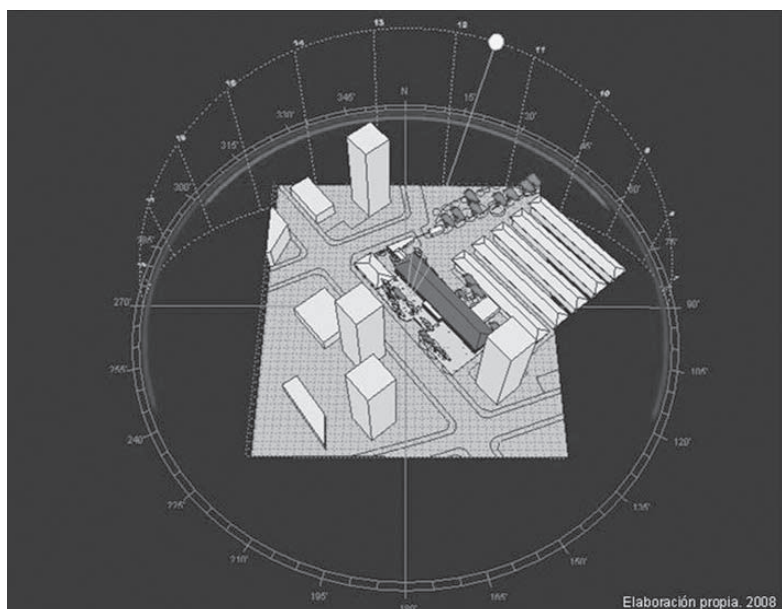


Fig. N° 4a: incidencia de la luz solar por la mañana.

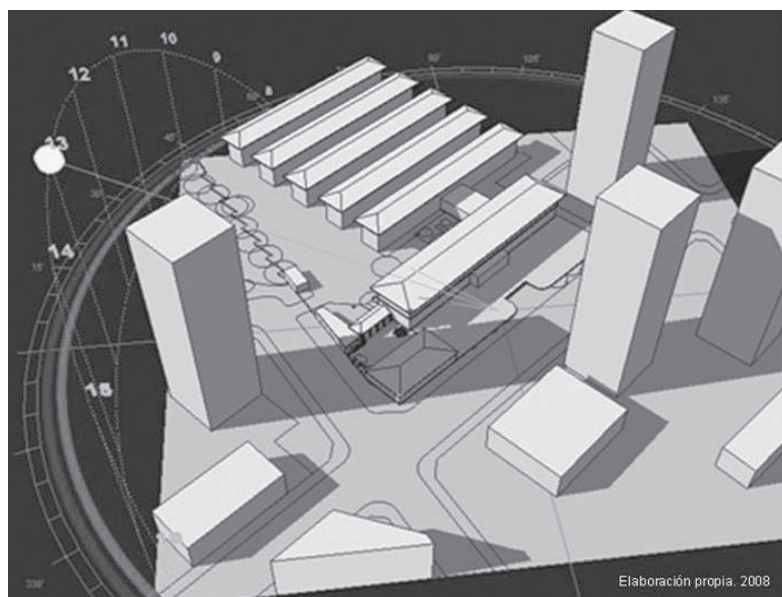


Fig. N° 4b: incidencia de la luz solar por la tarde.

La modelación espacial consideró la construcción de una maqueta digital del edificio y su entorno inmediato, con el *software* ECOTECT, de confección inglesa, para simular la radiación solar incidente en el equinoccio de primavera (Figs. N° 4a y b).

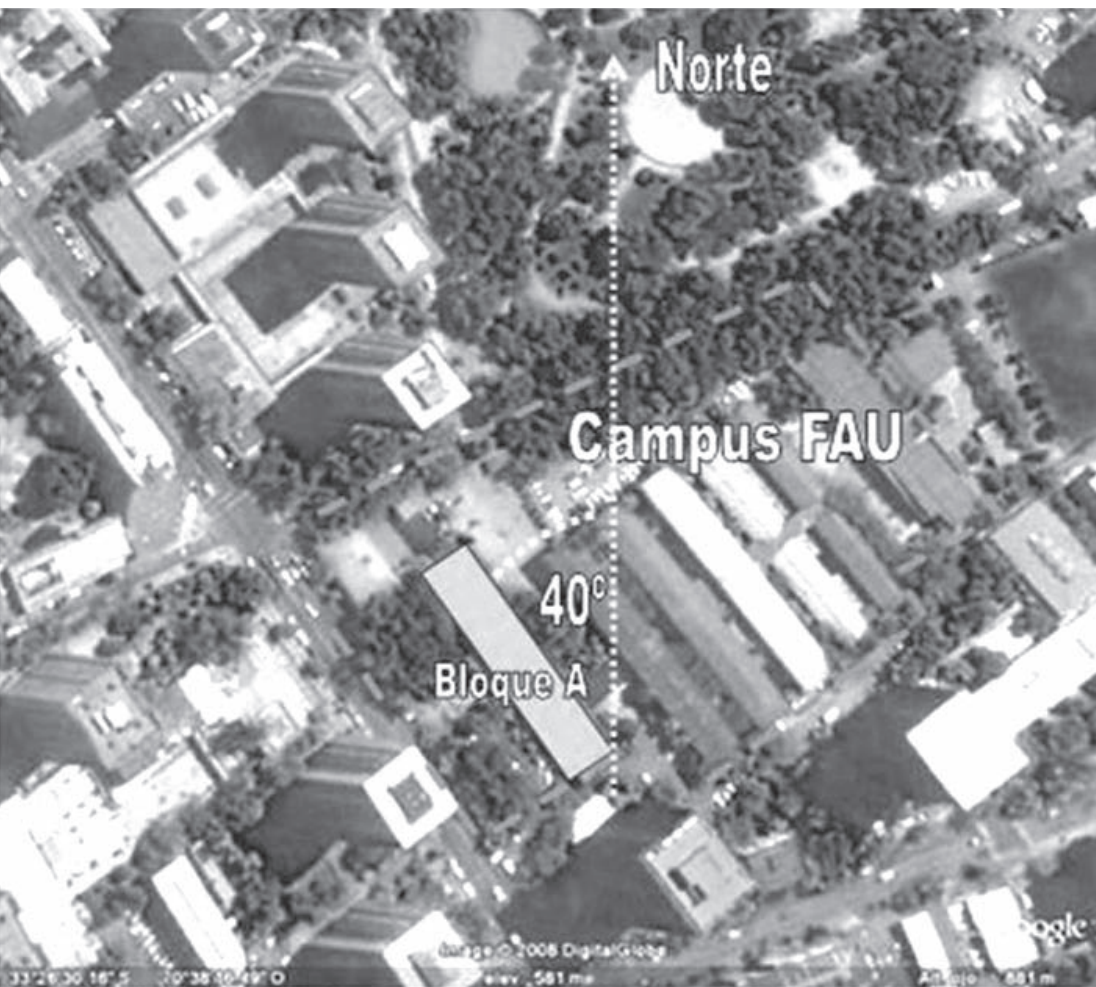
CASO DE ESTUDIO: CAMPUS UNIVERSITARIO EN SANTIAGO DE CHILE, EMPLAZAMIENTO 33°26'30S 70°38'16O

El caso de estudio corresponde a un edificio patrimonial del siglo XIX, que ha tenido múltiples usos: caballeriza de un regimiento militar, mercado de frutas y verduras, establecimiento educacional secundario y, actualmente, campus universitario. Si bien, el edificio ha tenido una adaptación funcional, estructural y programática, ésta no ha ido a la par con un acondicionamiento climático. Uno de los síntomas ha sido la deteriorada condición de confort térmico para los usuarios; excesivo calor en verano y frío en invierno, lo cual va en desmedro de su habitabilidad.

El campus está compuesto por siete edificios de baja altura y predominio de la horizontalidad: seis de ellos son de factura decimonónica (1893) y uno de ellos de factura contemporánea (1996). Del conjunto de edificios antiguos, cinco corresponden a aulas y solo uno de ellos tiene como destino las funciones directivas y oficinas de los académicos, el llamado “Bloque A”. Sobre él se realiza las investigaciones.

El campus se encuentra situado en la latitud 33° 26'30 16”S y longitud 70° 38'16 49”O y desfasado en un ángulo azimutal de 40°W respecto al eje Norte-Sur. En la Fig. N° 5 se muestra el entorno urbano del campus: un tejido urbano de manzanas abiertas con torres de gran altura, un gran parque dotado de vegetación de mediana densidad, una avenida colectora de alto flujo vehicular. En la Fig. N° 6a, b, c y d se indica la ubicación de los instrumentos que captan la radiación solar, los piranómetros.

Lo anterior configura un entorno urbano que incide sobre las condiciones urbanísticas ha tener en cuenta para el acondicionamiento climático del edificio, en particular las obstrucciones y el acceso solar.



Fuente: google earth. Elaboración propia. Equinoccio: 22 Sep. al mediodía.

Fig. N° 5: entorno urbano del campus.

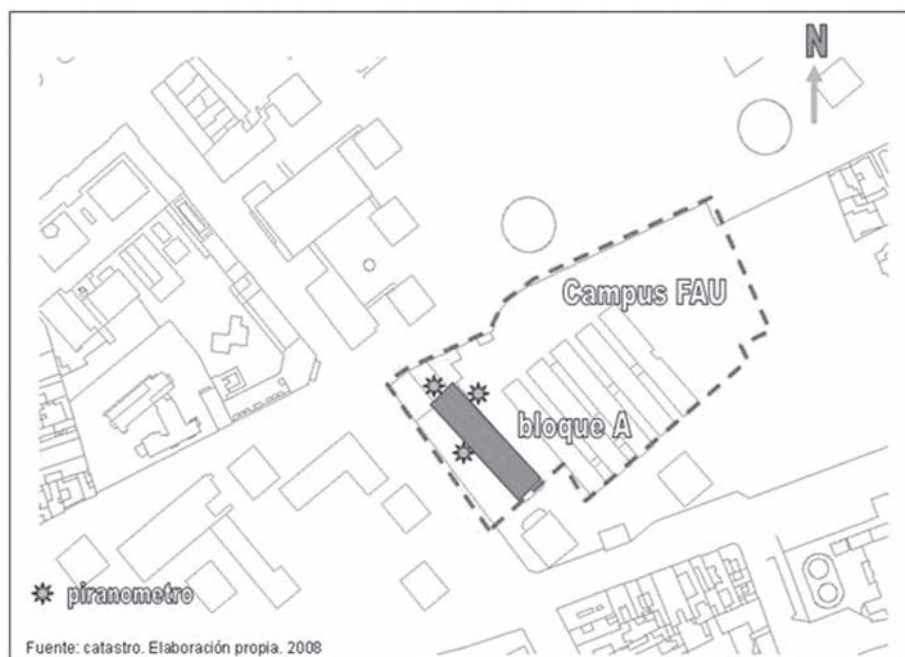


Fig. N° 6a, b, c y d: ubicación de los instrumentos de medición de radiación solar.

ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICO Y OBSTRUCCIONES SOLARES EN UN ENTORNO URBANO CONSOLIDADO

El análisis del emplazamiento de un edificio para la comprensión de su comportamiento térmico estará condicionado por el clima, la geografía y su entorno urbano. El clima aporta, entre otros, información bioclimática en relación con parámetros de: radiación solar, temperatura del aire ambiente, humedad relativa y vientos. La geografía entrega antecedentes de la topografía, geomorfología y vegetación a través de configuraciones espaciales, tales como: un valle, una planicie, un borde costero, orientación de laderas, pendientes, exposición al viento, etc. El entorno urbano indica la inserción del edificio en un tejido urbano, y su relación espacial e higrotérmica con los espacios urbanos y con los volúmenes edificados (Neila, 2004; Higuera, 2006).

El acceso solar a un edificio es condición necesaria para poder utilizar la energía solar como una fuente renovable y útil para el acondicionamiento climático de un edificio. La calidad de vida en un espacio público también dependerá, en alguna medida, del soleamiento y sombras que puedan obtener las personas según sean las variaciones estacionales. El envolvente solar es una forma de asegurar el acceso solar para ambos fines según Knowles. Concepto que ha explorado desde 1974 a través de su clásica obra *Energy and form* (Knowles, 1974), y que vuelve a retomar en los 80. El envolvente solar la define como una construcción imaginaria de un *container* en función del tiempo y del espacio, cuyos límites son una expresión formal del movimiento relativo del sol (Knowles *et al.*, 1980). Posteriormente, el desarrollo de este concepto se expande a otras latitudes y se aplica en relación con las configuraciones de edificios que permitan acceso solar a sus edificios vecinos en una ciudad con clima extremo: Jerusalem (Capeluto *et al.*, 2005).

Dimensiones cuantitativas relacionadas con la cantidad de radiación incidente en fachadas con una finalidad energética; y dimensiones cualitativas relacionadas con la percepción de un espacio público, son componentes complementarias a considerar en el diseño de la forma urbana y la arquitectura. La diferenciación de las fachadas y espacios urbanos en función de parámetros sensoriales como la luz, las sombras, el calor, el frío; pueden incentivar el uso de un espacio. Las obstrucciones solares forman parte de la ciudad y pueden definirse como la interrupción de la radiación solar directa y están constituidas principalmente por los edificios y, ocasionalmente, masas arbóreas, lomas, etc. (Neila, 2004). El análisis de las obstrucciones solares en una manzana urbana permite conocer las sombras y soleamiento del entorno urbano, en su dimensión espacial y temporal. El acondicionamiento climático de un edificio dependerá no solo de su emplazamiento sino también de la envolvente arquitectónica. La envolvente arquitectónica cumple un rol importante de interfase entre el ambiente exterior y el ambiente interior. La llamada “*piel*” o *cerramiento de la edificación* es crucial para la estrategia bioclimática o de eficiencia energética; cuya finalidad es precisamente el aprovechamiento o protección de las condiciones ambientales exteriores. La rehabilitación de un edificio reporta un ahorro energético de un 60% respecto a derribarlo y a construir uno nuevo, según estimaciones de Luxan (arquitecta española) especialista en proyectos del centro de Madrid (Luxan, 2007). Por lo cual, las edificaciones existentes y de valor patrimonial, como la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, localizada en la ciudad consolidada del centro de Santiago, debería encontrar modos de aprovechamiento del potencial energético de su entorno urbano. La construcción de una ciudad sostenible parte por la habilitación de edificios que sean eficientes energéticamente y respetuosos del medioambiente. En virtud de este planteamiento, se requiere previamente evaluar el potencial mediante la simulación computacional y la investigación empírica.

MODELACIÓN ENERGÉTICA MEDIANTE ECOTECT

Se ha realizado un modelamiento computacional con el Programa Ecotect 5.5 de la radiación solar incidente sobre las fachadas del edificio de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Chile; en el período de equinoccio de primavera, día 22 de septiembre entre las 8 a.m. a las 18 p.m. (Fig. N° 7). Previamente se dibujó a escala tanto el edificio de la escuela como la volumetría próxima a ella que podría afectar su acceso solar por sombras y obstrucciones. Se subdividió la superficie de sus fachadas en una trama de 1 m^2 para visualizar y medir los distintos valores de radiación media horaria de una misma fachada producto de las sombras arrojadas sobre ella.

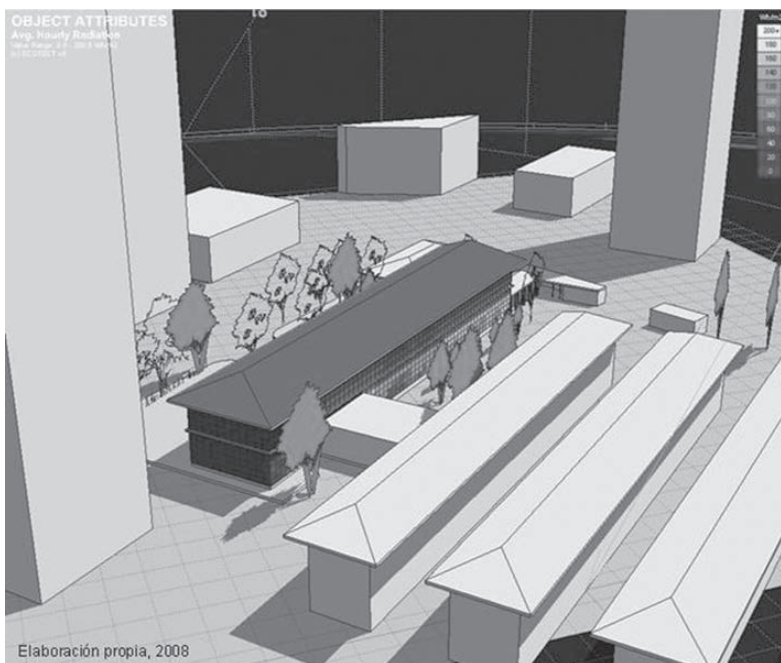
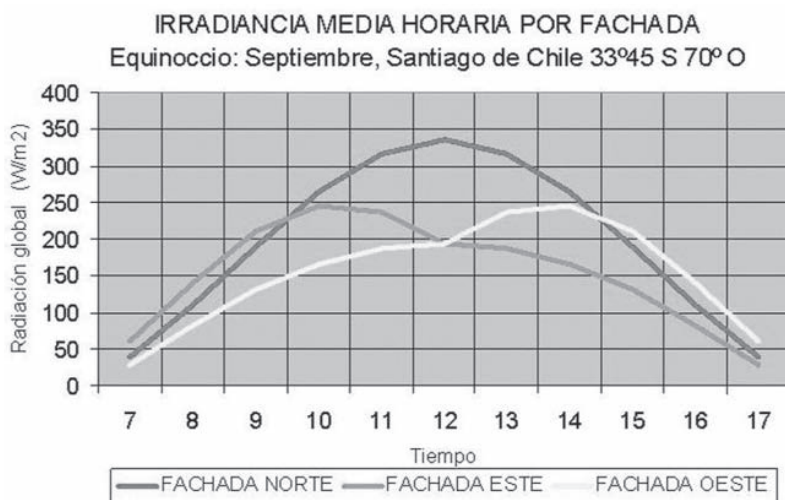


Fig. N° 7: modelamiento computacional de la radiación solar sobre la fachada del edificio.

Estimaciones teóricas indican que la irradiancia media las fachadas, que está directamente relacionada con la orientación del edificio respecto a la trayectoria solar (Sarmiento, 1995) y también las obstrucciones solares de las edificaciones cercanas que generan sombras arrojadas sobre sus fachadas (Gráfico N° 1).

Según esto, se puede observar que respecto a la orientación del edificio, por su inclinación de 40° respecto al eje Norte-Sur, todas las fachadas comparten una doble orientación, de las cuales la fachada Noreste, que corresponde a la de mayor longitud, y que da hacia el patio interior de la escuela, tiene las mejores condiciones de soleamiento, contando con 6 horas de sol al día, de 8 a.m. a las 14 p.m. Gracias a que no es afectada por sombras arrojadas y sumado a que la vegetación próxima a las fachadas es de baja altura, se registra una radiación media diaria de 151 Wh/m^2 , que



Fuente: Sarmiento, 1995. Elaboración propia 2008. Equinoccio: Septiembre, Santiago de Chile $33^\circ 45' \text{ S } 70^\circ \text{ O}$

Gráfico N° 1: irradiancia media teórica por fachada.

equivale 75% de la radiación incidente de una fachada Norte, sin sombras¹ (Fig. N° 8).

Por otra parte, la fachada Noroeste, que por su orientación cuenta con un gran potencial solar, ya que cuenta con 5 horas de sol al día, desde las 12 p.m. hasta las 17 p.m., su acceso solar se ve altamente afectado por las construcciones adosadas a ella, que producen grandes obstrucciones solares, sumado a la sombra arrojada por la torre ubicada al Norte de la universidad que la afecta un par de horas. Tan

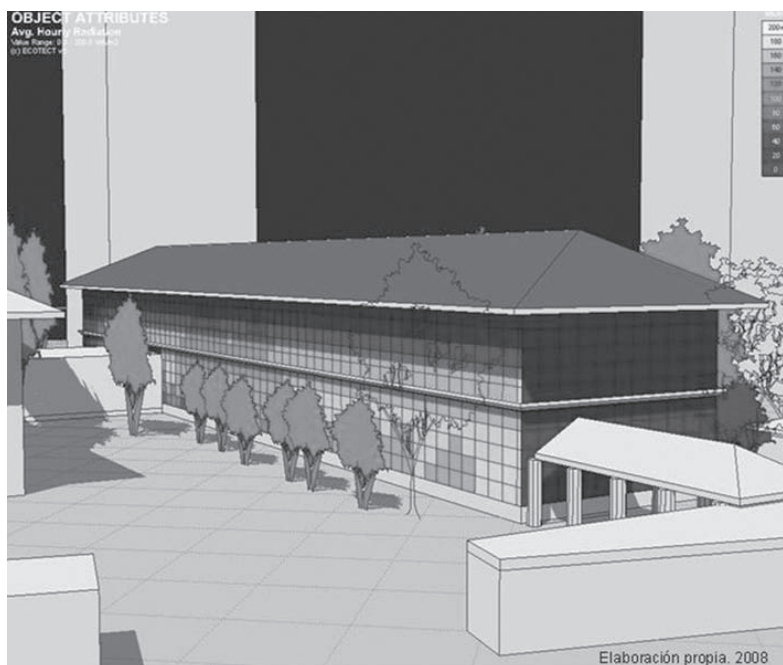


Fig. N° 8: modelamiento computacional de la radiación incidente de la fachada Noreste.

solo se obtienen 20 Wh/m^2 , que sumado a su escasa superficie, respecto a la fachada Noreste, se desestima su interés como área de captación solar.

Finalmente, las fachadas Sureste y la Suroeste obtienen, por su mala orientación respecto a la trayectoria solar, tan solo 3 horas de soleamiento que, además, corresponden con las primeras y últimas horas del día, coincidiendo con los mínimos valores de irradiancia solar, obteniendo valores de 20 a 10 Wh/m^2 diarios. En especial, la fachada



Fig. N° 9: modelamiento computacional de la radiación incidente de la fachada Suroeste.

Suroeste, a pesar de contar con una gran superficie de captación solar, esta se ve afectada por la vegetación próxima a ella, que por tratarse algunas especies de hoja perenne y de gran altura, arroja sombras permanentes sobre ella (Fig. N° 9).

En la simulación computacional se han considerado bases de datos de Energy Plus, que entrega el programa.



Fig. N° 10: Datalogger de radiación solar.

MONITOREO RADIATIVO EN ENVOLVENTE ARQUITECTÓNICO

El método para la investigación empírica consideró un dispositivo de monitoreo innovativo, consistente en un *datalogger* pequeño y de bajo costo, que mide la cantidad de energía solar que entra al mismo. El instrumento seleccionado para medir radiación solar global es un piranómetro llamado SolCoDat, al cual se le construye una protección solar alrededor del mismo para evitar un sobrecalentamiento del dispositivo interno y un confiable registro de datos en terreno. El piranómetro se fija sobre un soporte de madera pintado de blanco y se cuelga en las fachadas del edificio, el cual se retira cada 15 días para extraer los datos registrados y almacenarlos en un computador (Fig. N° 10). A partir de la base de datos, se realizan análisis estadísticos de los mismos.

En el Gráfico N° 2 se presentan los resultados para una serie de tiempo de 15 días de observación y registros diarios cada 15 minutos, entre fines de agosto y principios de septiembre (21 de agosto de 2008 al 3 de septiembre de 2008), en cada una de las fachadas: Noreste, Noroeste y Suroeste. Se observa en ellas diferencias en los registros de radiación global (W/m^2) para la misma hora en distintos días, según sean días de cielo claro, nublados o lluvia. En la fachada Noreste, las máximas y mínimas de radiación global registradas in situ alcanzan los 683 W/m^2 a las 11:00 horas y los 100 W/m^2 respectivamente. En la fachada Suroeste, en el mismo período, los máximos registrados de radiación global alcanzan los 256 W/m^2 a las 16:30 horas y los mínimos 50 W/m^2 . En la fachada Noroeste el máximo registrado llega a los 683 W/m^2 al mediodía y el mínimo llega a los 100 W/m^2 .

Estas coincidencias de irradiancia solar máxima encontradas en la fachada Noreste y en la fachada Noroeste; podrían explicarse en función del ángulo azinutal de 40° respecto al eje Norte-Sur. Por ello, ambas fachadas captarían parcialmente valores máximos en la fracción de tiempo cercano al zenit.

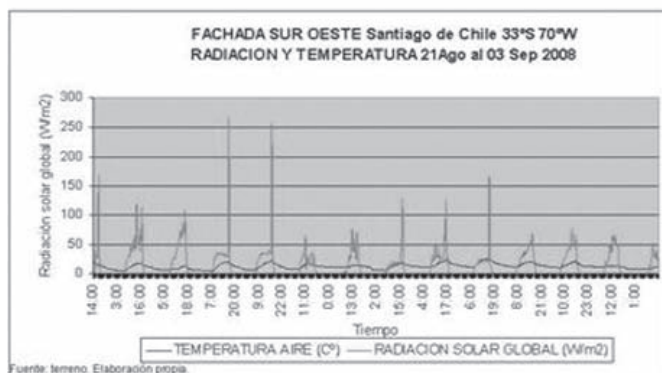
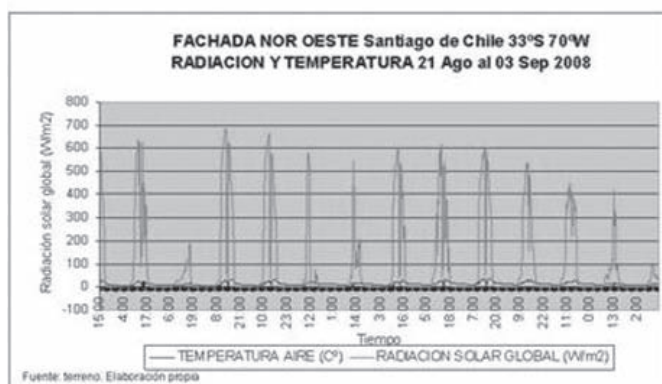
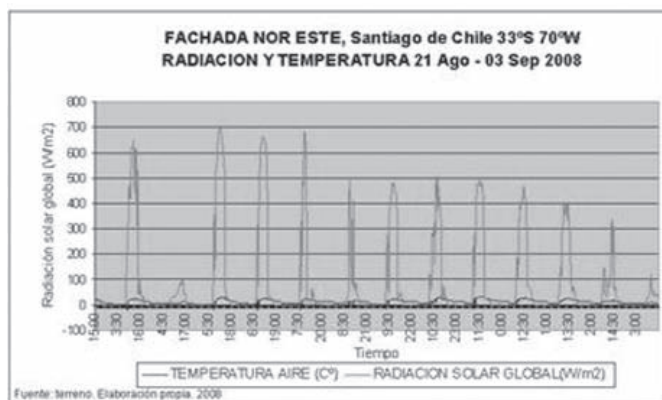


Gráfico N° 2.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Es interesante observar diferencias entre la modelación teórica y los registros empíricos, debido a la influencia del entorno urbano.

Las sombras arrojadas por los edificios del entorno sobre las fachadas reducen el valor de radiación solar incidente si se compara con las curvas de valores teóricos de Gráfico N° 1. Es importante destacar que en Chile estos valores son los referentes teóricos empleados habitualmente para la colocación de paneles solares o acumuladores térmicos en las edificaciones (CNE, 2008).

La teoría indica que los valores de máxima irradiación solar, incidente sobre un ángulo azimutal de 90° y de -90° respecto al Norte, serían similares, en horarios de media mañana y de media tarde para una orientación Este y Oeste respectivamente. Los registros empíricos de esta breve serie de tiempo demuestran que los valores cambian significativamente; presentando un valor mayor al teórico y discontinuo a lo largo del día. Lo anterior podría explicarse por las sombras arrojadas producto de obstrucciones solares de edificios y algunas máscaras de vegetación del entorno urbano.

Además, cobra importancia la orientación del tejido urbano para aprovechar el enorme potencial de energía solar, que en este caso se encuentra desplazado en un ángulo azimutal de 40° al Oeste. Estas condiciones debieran ser consideradas en el Urbanismo Normativo si se quiere promover en la matriz energética el uso eficiente de energías renovables no convencionales.

Es importante mencionar que el trabajo experimental se encuentra en una fase de desarrollo inicial, que requiere de un período mayor de toma de datos. Por tanto, los resultados y conclusiones son aun preliminares y no concluyentes.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

CAPELUTO G., YEZIORO A., BLEIBERG T. y SHAVIV E. "From computer models to simple design tools: solar rights in the design of urban streets", en *Proceedings of the 9th International IBPSA*. Montreal, Canada: 2005.

CNE. Irradiancia solar en el territorio de la República de Chile. Comisión Nacional de Energía, Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM), 2008.

DE LUXÁN M., VÁSQUEZ M., TENDER R *et al.* *Estudio de las posibilidades de actuación con criterios de sostenibilidad en la rehabilitación de viviendas en el centro de Madrid* [Informe Técnico]. Ayuntamiento de Madrid-Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 2007.

HIGUERAS GARCÍA E. *Urbanismo Bioclimático*. Barcelona: Gustavo Gili, 2006.

KNOWLES R. *Energy and form. An ecological approach to urban growth*. Massachusetts: The MIT Press, 1974.

KNOWLES R. y VILLECO M. "Solar access and urban form", en *AIA Journal I y II*. Enero-febrero de 1980.

NEILA GONZÁLEZ FT. *Arquitectura Bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid: Munilla-Lería, 2006.

SARMIENTO P. *Energía Solar. Aplicaciones e Ingeniería*. Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso, 1995.

NOTAS

* Agradecimiento: esta publicación es el resultado de una investigación financiada por la Universidad de Chile a través del programa Domeyko-Energía de la Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo. La investigadora responsable del proyecto es Luz A. Cárdenas J., el coinvestigador es Luis Morales S. y el asesor externo es Hernán Bugueño R. Se agradece el apoyo institucional brindado para su ejecución, sin el cual no habría sido posible realizar el presente proyecto.

CAPÍTULO 3

EDIFICIO BIOCLIMÁTICO PARA LA UNIDAD DE EXTENSIÓN Y DESARROLLO TERRITORIAL DEL INTA EN GUATRACHE (LA PAMPA)

Celina Filippín | León Marek

Ubicación: Guatraché, La Pampa (Argentina)

Proyecto arquitectónico y térmico: Dra. Celina Filippín y Arq. León Marek

Dirección técnica: Arq. León Marek

Ente promotor: Centro Regional del INTA La Pampa-San Luis (Argentina)

Área del terreno: 1.012,50 m²

Área del proyecto: 383.00 m²

Año del proyecto: 2007

Estado: en construcción

MEMORIA CONCEPTUAL GENERAL

LOCALIZACIÓN Y CLIMA

La localidad de Guatraché se ubica en el extremo SE de la Provincia de La Pampa, en una región subhúmeda seca, de mesetas, valles,

colinas y planicies con cultivos, pastizales bajos y bosques abiertos (Figs. N° 1, 2 y 3). Perteneció a la zona bioambiental IVc, templada fría de transición de la Norma IRMA 11.602 [la Tabla N° 1 muestra algunos datos climáticos]. Los inviernos son muy rigurosos, con temperaturas mínimas absolutas de hasta -11°C, y con registros aún bastante bajos incluso en noviembre. Hay predominancia de días con cielo claro de alta heliofanía. Los veranos se caracterizan por mañanas frescas con brisas y tardes con altas temperaturas, que definen una amplitud térmica diaria cercana a los 17°C.

Tabla N° 1: Coordenadas geográficas y variables climáticas
(latitud: 37°38; longitud: 63°34 y altura sobre el nivel del mar: 175 m).

Valores anuales	Temperatura media máxima	22,1°C
	Temperatura media mínima	7,6°C
	Temperatura media	14,6°C
	Radiación solar media anual sobre superficie horizontal	18,8 MJ/m²
	Humedad relativa	64%
Temperatura mínima media de julio		1,1°C
Temperatura media de julio		6,9°C
Temperatura máxima media de julio		13,1°C
Amplitud térmica de invierno		12,0°C
Temperatura mínima absoluta de julio		-11,0°C
Velocidad media del viento en invierno		11 km/h
Radiación solar media julio sobre superficie horizontal		8,1 MJ/m²
Temperatura máxima media de enero		31,5°C
Temperatura media de enero		23,2°C
Temperatura mínima media de enero		14,6°C
Amplitud térmica de verano		16,9°C
Temperatura máxima absoluta de enero		39,5°C
Velocidad media del viento en verano		11 km/h
Radiación solar media enero sobre superficie horizontal		23,4 MJ/m²
Grados-día de calefacción base 18°C		1.505
Grados-día de enfriamiento base 23°C		379

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

EMPLAZAMIENTO

La urbanización de la localidad responde a una distribución en damero (Fig. N° 4). El terreno triangular donde se construye el edificio está sobre la Av. Sarmiento con frente hacia el NE. Su entorno es de casas bajas y de escasa densidad (Fig. N° 5).



Fig. N° 3.

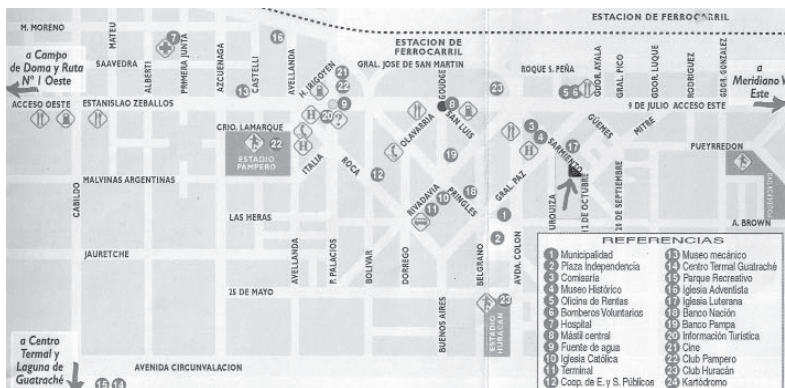


Fig. N° 4.



Fig. N° 5.

LINEAMIENTOS GENERALES DEL DISEÑO

La Norma IRAM 11.602 recomienda para la zona en estudio: muy buena aislación térmica en toda la envolvente debiendo verificar el riesgo de condensación (se deben evitar los puentes térmicos), una orientación NO-N-NE-E y ventilación cruzada.

Para dar respuesta a los requerimientos del Ente Promotor (Centro Regional de INTA, La Pampa-San Luis), y en el marco de la Norma IRAM 11.602, los lineamientos generales del diseño fueron:

- Minimizar el consumo de energía convencional en el acondicionamiento térmico-luminico a través de un diseño bioclimático.
- Usar tecnología tradicional y mano de obra del lugar.
- Maximizar las condiciones de confort energético-visual.
- Minimizar el sobre-costeo del mejoramiento térmico de la envolvente (muros-cubierta-carpintería).
- Facilitar la replicabilidad del diseño con su adaptación a otras localizaciones geográficas.

Se plantea:

- Relación armoniosa con su entorno inmediato.
- Elección integrada de los procesos constructivos.
- Bajo impacto de la obra en el entorno.
- Gestión energética y del agua.
- Bajo costo de operación y mantenimiento.
- Confort higrotérmico y acústico.
- Confort visual y calidad del aire interior.

ORGANIZACIÓN FUNCIONAL

El diseño responde a un esquema compacto que prioriza, además de la climatización natural de los espacios durante el invierno (aprovechamiento pasivo de la energía solar), la flexibilidad y el bajo costo de operación y mantenimiento, una zonificación clara de las distintas

áreas funcionales con una adecuada estructura modular (en planta y en el diseño de la estructura resistente).

Hacia el Este se organiza una plaza verde con especies autóctonas del monte pampeano para marcar el ingreso al edificio, que permite, además, definir una circulación peatonal clara como prolongación de la vereda. El acceso, es un área independiente con doble puerta, a partir del cual las diferentes áreas funcionales se distribuyen según un eje E-O. El sector oficinas y el área de esparcimiento-socialización (quincho) se ubican al Norte y en el extremo N-O, respectivamente, que se conectan a través de la circulación Este-Oeste. La biblioteca se ubica en el sector Sur. Hacia el Oeste de la biblioteca, se ubica el sector de servicios (Fig. N° 6).

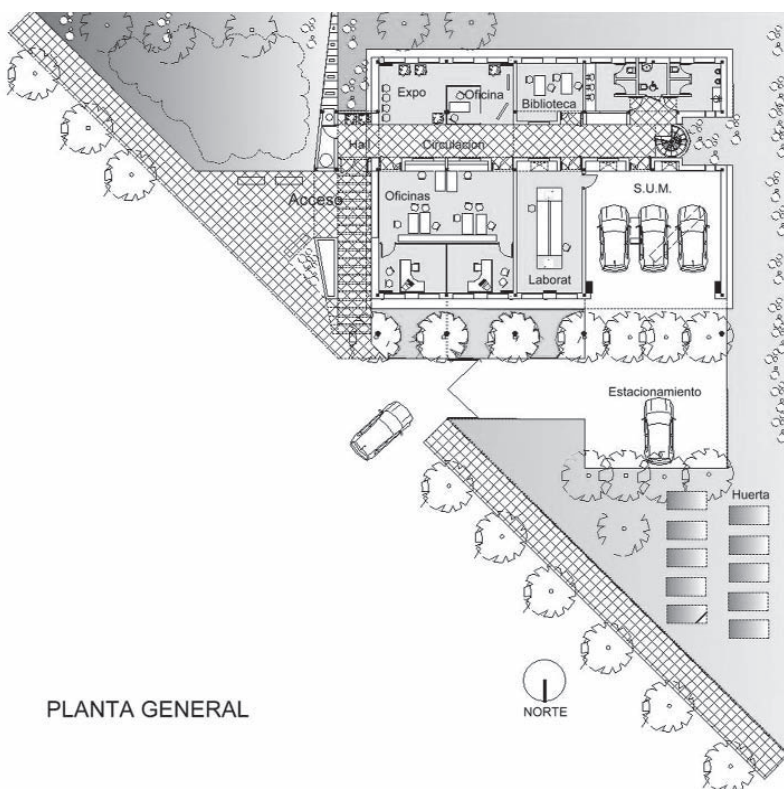


Fig. N° 6.

MEMORIA CONCEPTUAL DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO

Para satisfacer los lineamientos generales del diseño, a una zonificación espacial clara de las distintas áreas funcionales que priorice la orientación según el destino de cada una de ellas, se plantean las siguientes estrategias:

- Ganancia solar directa (área transparente orientada al Norte).
- Masa de acumulación.
- Envoltente energéticamente eficiente.
- Ventilación cruzada.
- Mínima zonificación térmica a través del uso de diferentes elementos de conexión entre áreas pasivas (con ingreso del sol) y no pasivas (sin ingreso de sol directo).
- Incorporación de un calentador solar de agua, que completa el diseño con bajo consumo de energía propio del edificio.
- Tratamiento del agua residual mediante filtros biológicos. Con anterioridad a ser tratadas las aguas residuales, se pueden usar donde no es necesaria una elevada calidad del agua, incendio y riego, por ejemplo. El sistema, que permite sustituir el pozo absorbente, implica un trabajo conjunto de una cámara séptica correctamente dimensionada, de modo que la licuificación de los sólidos orgánicos se produzca adecuadamente. Se completa con otra cámara en la cual se alojan los filtros para generar una superficie donde se multiplica una colonia de bacterias anaeróbicas que completan el proceso de depuración. Se obtiene agua apta para ser usada para riego de plantas no comestibles, para limpieza (Fig. N° 7).
- Disminución del consumo de electricidad a través de la correcta orientación de cada área funcional, de un diseño eficiente de la distribución de las luminarias y el uso de artefactos de bajo consumo de energía.

- Protección solar a través del dimensionamiento adecuado de los aleros y los sistemas de control solar.
- Acondicionamiento de los espacios exteriores a través del diseño de espacios semicubiertos y una vegetación acorde con las diferentes orientaciones (árboles de hojas caducas y perennes).

DESCRIPCIÓN

Las oficinas y el salón de usos múltiples (quincho-sala de reunión-garage) están orientadas al Norte para favorecer el ingreso del sol en el invierno a través de áreas transparentes protegidas con aleros y pérgolas para permitir su sombreado en verano. El sector administración (en el Sur) tiene ventanas altas orientadas al Norte para favorecer el calentamiento solar pasivo. El total de ganancia solar directa (área efectiva de vidrio) corresponde al 12% de la superficie útil del edificio (Fig. N° 8). La biblioteca y la administración que se ubican en el sector Sur tienen pequeñas ventanas hacia el exterior para garantizar la ventilación cruzada y la expansión visual. La biblioteca tiene ingreso de luz natural indirecta desde la circulación.

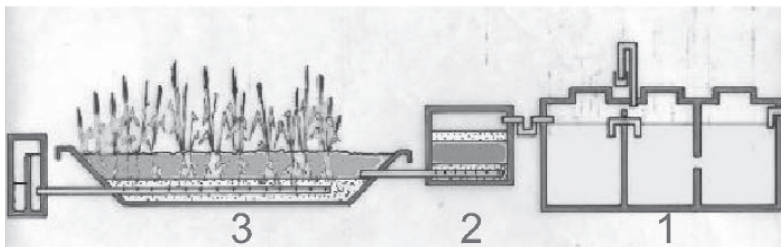


Fig. N° 7.

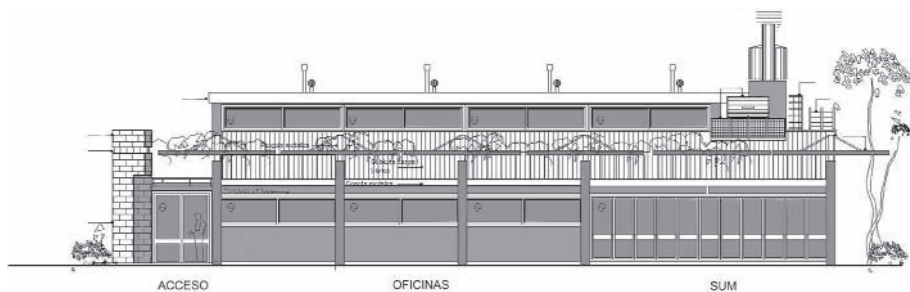


Fig. N° 8: Fachada norte.

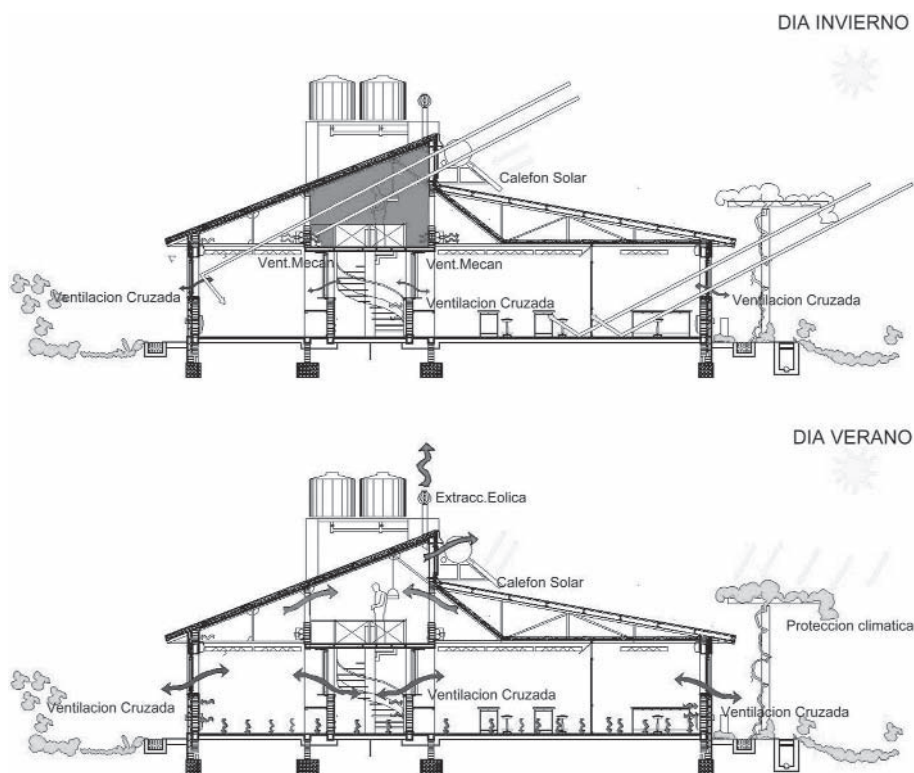


Fig. N° 9: Corte.

Un elemento determinante del diseño bioclimático es un *plenum* técnico-térmico, con ventanas al Norte. Se ubica entre la zona Norte y Sur y a 2,40 m de altura sobre la circulación, aloja todas las instalaciones y, además, se concibe como un sector captador-almacenador-compensador de energía solar. Este elemento de diseño que denominamos *volante-térmico* permitirá operar el edificio de modo distinto según las estaciones del año: reforzará el calentamiento del sector Sur del edificio a través de la apertura de las ventanas que se ubican entre ambos sectores; por otro lado, permitirá un manejo cómodo y conveniente de las ventanas altas (+4,00 m) para optimizar la ventilación natural y cruzada en verano. Esta situación se repite en el área de exposición en la cual las ventanas altas pueden ser abiertas desde una pasarela (continuación del *plenum*), (Fig. N° 9).

TECNOLOGÍA

Se plantea el uso de paredes tricapa: ladrillo macizo como masa térmica en el interior (espesor = 0,18 m), aislamiento térmico de poliestireno expandido de 0,05 m de espesor y una protección mecánica externa de ladrillo macizo de 0,07 m de espesor ($R = 0,63 \text{ m}^2\text{C/W}$). Como resultado de la pared de ladrillo macizo en el interior de la envolvente vertical y el uso también de paredes interiores macizas, el edificio es de alta inercia (400 kg/m^2 ; Goulding *et al.*, 1994). Los techos inclinados son de chapa galvanizada con un aislamiento de 0,075 m de espesor con cielorraso de PVC ($R = 0,41 \text{ m}^2\text{C/W}$), (Fig. N° 10).

La carpintería es de aluminio prepintada con ruptura de puente térmico y premarco de madera (ver detalle constructivo en la Fig. N° 11). Las áreas transparentes son de doble vidriado hermético (DVH).

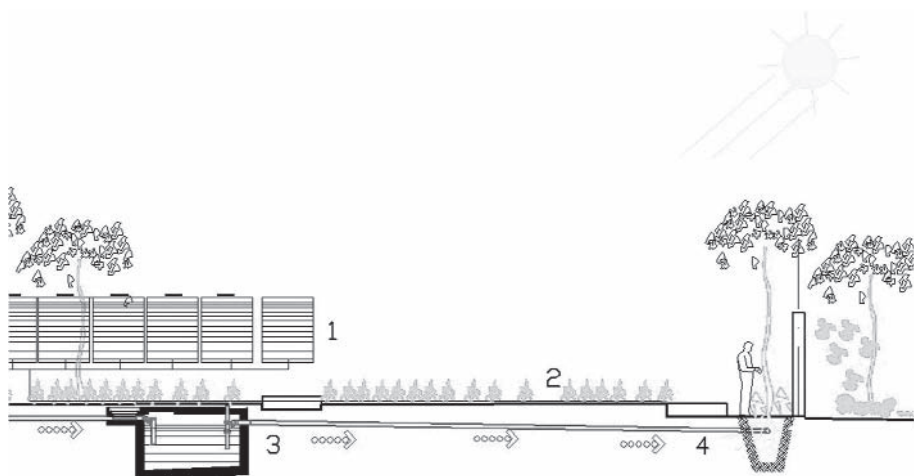


Fig. N° 10.

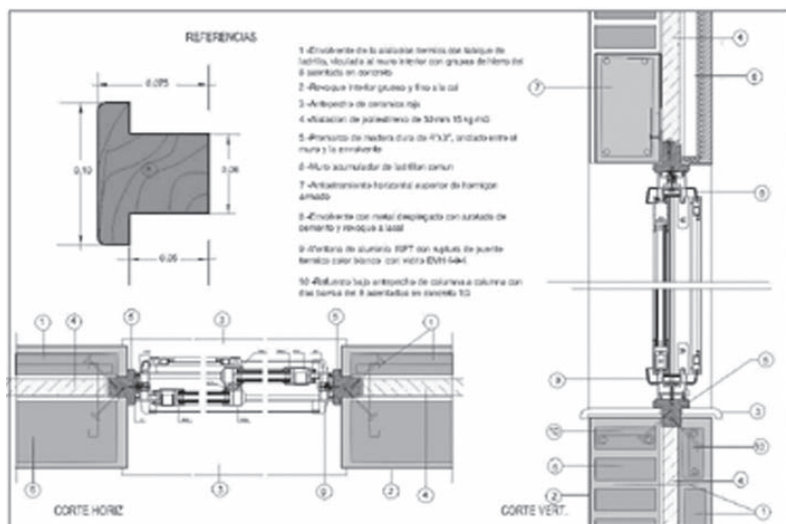


Fig. N° 11: Detalle del vano.

Según la organización funcional, el uso de ganancia solar directa y la tecnología adoptada la Tabla N° 2 muestra algunos indicadores dimensionales y energéticos del proyecto. El valor de G (coeficiente volumétrico de pérdidas) satisface los requerimientos de la Norma IRAM 11.604.

Tabla N° 2: Indicadores dimensionales y térmicos-energéticos.

Perímetro (m)	Area útil (m²) -1-	Ic (%)	Volumen (m³)	Envolvente (m²) -2-			FAEP (z/1)	Resistencia térmica (m²°C/W)			G (W/m²°C)
73	269	83	899	Vertical	Cubierta	Total	1,79	Pared	Cubierta	Ventana	1,095
				209	272	481		0,63	0,41	3,2	

Ic = Índice de compacidad.

FAEP = Relación entre envolvente y área útil.

G = Coeficiente volumétrico de pérdidas.

Comportamiento térmico

Durante la etapa de diseño se realizó la simulación del comportamiento térmico invernal a través del modelo SIMEDIF (Flores Larsen y Lesino, 2001). Para una temperatura media de invierno de 6,9°C (media mínima = 1,1°C; media máxima = 13,1°C) y una irradiancia de 8,1 MJ/m² sobre superficie horizontal. En condiciones reales de uso el edificio alcanzaría una temperatura media de 18°C con un consumo diario de 4,6 m³ de gas natural (con el encendido de seis calefactores de 2.300 kcal/h entre las 8 y las 11 horas). Bajo las mismas condiciones climáticas, sin ganancias internas el *Qcal* (carga de calefacción) para mantener una temperatura media interior de 18°C es de 351.43 MJ (98 kWh), que equivalen a 9,4 m³/día. Al tratarse de un edificio macizo con conservación de la energía (edificio con aislación térmica)

la fluctuación entre la temperatura mínima y máxima interior es de 4°C (12°C en el exterior). Para la estación invernal se prevé un consumo total anual de energía 752 m³ de gas natural que equivalen a 29 kWh/m², metros cuadrados destinados a la calefacción de los edificios. Al ahorro de energía en calefacción corresponde una disminución de las emisiones de CO₂ (factor de conversión: 0,20 kg/kWh). El valor resultante definiría un edificio de baja emisión según EEO (1991).

Una buena aislación térmica en la envolvente y un adecuado sombreado de las áreas transparentes, para disminuir las cargas de refrigeración, permitiría mantener una temperatura de confort durante el verano para valores medios de temperatura exterior (temperatura media: 23°C; temperatura mínima: 14,6°C; temperatura máxima: 31,5°C). Por tratarse de un edificio no residencial la permanencia de ventanas abiertas durante la noche no es factible, solo podrá ventilarse durante las primeras horas de la mañana.

Para reducir el consumo de energía convencional además de una envolvente energéticamente eficiente, la ganancia solar directa a través de las áreas transparentes al Norte, que corresponde al 12% del área útil del edificio, la ventilación cruzada para disipar el calor durante las primeras horas de la mañana en el verano y mantener las condiciones de salubridad, se plantea el uso racional de la energía termostatazando calefactores (18-20°C) y acondicionadores de frío (23-25°C), colocando temporizadores en toda la iluminación externa del edificio, la divulgación de un uso adecuado del edificio, y la incorporación de un calentador solar de agua al diseño arquitectónico y de la infraestructura.

EVALUACIÓN ECONÓMICA

La Tabla N° 3 muestra el costo de cada uno de los ítems que involucra la solarización y la conservación según el diseño y la tecnología descripta. La protección mecánica del aislamiento térmico en las

paredes y el uso de la carpintería con ruptor de puente térmico absorbe un 1,93% y un 1,70% del costo total por tratamiento bioclimático, respectivamente. Alrededor de un 2% corresponde a la pérgola de protección climática. Se considera aceptable el extracosto resultante de alrededor del 8,5%.

Tabla N° 3: Costo (material y mano de obra) a julio de 2007 de la incidencia por tratamiento bioclimático en el costo total del edificio.

Item	Unidad	Cantidad	Precio/ Unidad	Costo	Porcentaje (%)
Barrera de vapor, aislamiento hidrófuga y emulsión	m ²	231	13,48	3.114,30	0,43
Envoltente de mampostería 0,10 m	m ²	231	60,21	13.909,41	1,93
Aslación de paredes	m ²	231	19,16	4.427,06	0,62
Aislamiento adicional de cubierta	m ²	360	4,49	1.616,56	0,22
Vidrios DVH	m ²	34	241,39	9.172,90	1,27
Carpintería RPT	%	24	50.961,37	12.230,73	1,70
Doble antepecho	%	50	3.839,59	1.919,80	0,27
Pérgola de protección climática	u	1	14.661,61	14.861,61	2,04
Total por diseño bioclimático	61.052,41				
Total del porcentaje de incidencia en el costo total del edificio	8,48%				

Las Figs. N° 12, 13 y 14 muestran el estado de avance de la obra durante el 2008.





Fig. N° 14.

Referencias:

1. Agua de lluvia (uso por gravedad).
2. Huerta con riego por goteo.
3. Digestor anaeróbico.
4. Filtro biológico-nitrificante.

Pág. anterior: Figs. N° 12 y 13.

CAPÍTULO 4

ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS APLICADAS, MONITOREO Y SIMULACIÓN EN UNA VIVIENDA RURAL DE INTERÉS SOCIAL

Beatriz Garzón | Alejandro Hernández

Eduardo Mele | Liliana De Benito

INTRODUCCIÓN

Los intentos de las últimas décadas respecto a las Viviendas Rurales de Interés Social, estatales y privadas, han presentado deficiencias sobre todo en relación con cuestiones de habitabilidad (control climático, superficie, etc.) y de producción, funcionamiento y mantenimiento (materiales, procesos constructivos, calidad, costos, consumo energético, etc.). “Sin embargo, en Argentina y a partir de 2003, se inició un dinámico proceso para su abordaje; por otro lado, existen ejemplos que han tratado de revertir y/o resolver algunos de estos aspectos o la suma de ellos” (Garzón, 2007). Así encontramos casos con configuraciones arquitectónicas y espaciales apropiadas (edificios orientados al Norte, invernáculos, etc.), con envolventes adecuadas (mamposterías y

techos en tierra, etc.), con sistemas con uso de energías renovables (para calentamiento solar de agua, generación de energía eléctrica, etc.), de modo de responder a las condiciones climáticas y energéticas del lugar y a los contextos social, económico y cultural.

PROPÓSITO Y OBJETIVOS

Este trabajo propone “el análisis de las estrategias de diseño bioclimático adoptadas y la verificación del comportamiento térmico de un caso de vivienda rural bioclimática producida por el Estado en la Provincia de Chubut”.

Los objetivos planteados son:

- Mostrar la aplicación de estrategias y pautas de diseño bioclimático-energético en una vivienda rural de interés social.
- Simular su comportamiento térmico.
- Verificar el mismo a través de mediciones.
- Confrontar la misma con los datos obtenidos de las mediciones.



Fig. N° 1: ubicación geográfica, detalle.

ÁREA DE TRABAJO

En cuanto a su ubicación geográfica, este prototipo se halla emplazado en la localidad de Buenos Aires Chico, El Maitén. Sus coordenadas geográficas son: latitud: 42° 03,157', longitud: 71°10.112' y altitud: 734,30 m s.n.m.

El proyecto se desarrolla en el borde de la meseta chubutense, cercana a la precordillera (Figs. N° 1 y 2).



Fig. N° 2: ubicación geográfica.

CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

Las características climáticas responden al tipo de clima desértico patagónico, caracterizado por fuertes y constantes vientos, bajas temperaturas invernales y nevadas y heladas periódicas con condiciones de aridez.

Según la Norma IRAM, pertenece a la Zona Bioambiental VI (IRAM, 1996), (Fig. N° 3).



Fig. N° 3: clasificación bioambiental.

Los datos registrados son*:

- Lluvia promedio: 400 mm anuales.
- Vientos predominantes: cuadrante Noroeste-Sureste.
- Temperaturas:
 - Promedio de verano: 12°.
 - Promedio de invierno 1°.

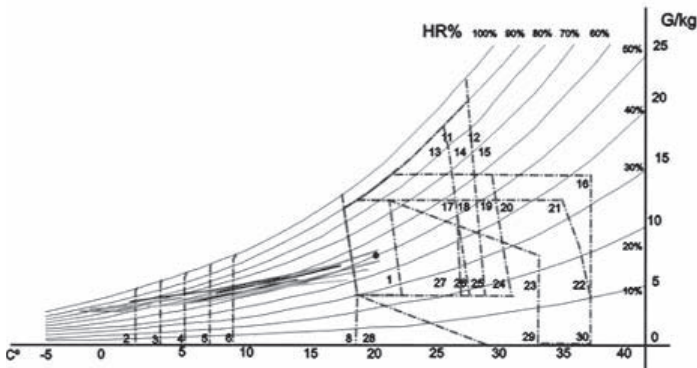
* Registrado por el Servicio Meteorológico Nacional, 1992.

DETERMINACIÓN DE ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS

Se establecieron a través del uso del diagrama psicrométrico para el período anual y según la zona bioambiental en estudio. Los valores de temperatura y humedad relativa considerados corresponden a los valores medios máximos, medios mínimos y medios para el período en consideración (Gráficos N° 1a y b).

De la metodología utilizada se obtuvieron y consideraron aquellas estrategias con mayor porcentajes en relación con su alejamiento de la zona de confort para dicha época (Garzón, 2003 [4]), (Gráficos N° 1a y b).

Estrategias Período anual	
Calefacción solar pasiva	70%
Calefacción convencional	22%
Confort	8%



Gráficos N° 1a y b: diagrama psicrométrico.

PROPUESTA ARQUITECTÓNICA

CONDICIONES HABITACIONALES PREVIAS

La condición habitacional de las viviendas del área de trabajo en consideración, se caracteriza por construcciones con un alto grado de deterioro por su antigüedad. Situación que se evidencia a través, por ejemplo, de las fisuras que presentan las mamposterías lo cual, además, pone en riesgo la integridad de las personas.

Esto determinó, que el Municipio buscara una solución a esta problemática. Los grupos seleccionados y conformados fueron tres familias del área de trabajo.

DESCRIPCIÓN

El caso del hábitat doméstico que aquí se presenta se ha diseñado y construido dentro del marco del Programa Hábitat Rural Chubut del Instituto Provincial de la Vivienda en articulación con la Facultad de Arquitectura y la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Tucumán (Mele, De Benito, Garzón y Piva: 2006).

En principio el programa se centró en el departamento de Cushamen, provincia del Chubut y en cercanías de la Comuna del mismo nombre, extendiéndose luego a otras localidades, como es el caso de El Maitén.

Ficha técnica:

Fecha del proyecto: 1º de noviembre de 2005.

Estado de construcción: obra concluida en diciembre de 2006.

PROGRAMA DE NECESIDADES FUNCIONALES

El prototipo corresponde a una vivienda unifamiliar de una planta de dos dormitorios.

El programa de la vivienda contempla espacios de:

a. Habitación: comedor, 2 dormitorios e invernáculo.

b. Servicio: un espacio tipo “exclusa” de entrada, cocina, baño y lavadero.

Su superficie cubierta es de 78 m² más 8 m² de invernáculo, es decir, de 86 m² en total. Este último se incorpora al desarrollo funcional de la vivienda. Como se observa, se dispusieron locales con superficies mayores a las de un prototipo convencional realizado, en general, por el Estado. Esto se basa en el hecho de que la vivienda rural escapa a las condiciones de la vida urbana; en ella se concentra la mayoría de las actividades de los pobladores tanto de habitación como de trabajo y subsistencia (Fig. N° 4a).

ENVOLVENTE

Se usaron mano de obra y materiales del lugar para economizar gastos de transporte y de energía (hidrocarburos) y algunos componentes constructivos industrializados en poca cantidad, como el cemento con el objeto de emplear materiales con bajo consumo energético en su producción.

También se reformularon técnicas constructivas del sitio, como la tecnología de construcción en tierra para su rescate y revalorización y por su facilidad constructiva.

Las características de los cerramientos son:

- **Muro:** mampostería de ladrillos macizos de suelo-cemento (0,11 m x 0,15 m x 0,30 m) fabricados in situ (Fig. N° 4b).
 - a. Exterior de 0,30 m de espesor con aislamiento de 0,05 m de poliestireno expandido.
 - b. Interior de 0,15 m c. Revestimiento del sobrecimiento de piedra laja; ventanas de carpintería de madera con vidriado simple repartido (Figs. N° 5 y 6).
- **Techo:** cielorrasos de madera machihembrada con aislamiento hidrófugo (nylon 200 micrones) y térmico (lana de vidrio de 0,50 m) de espesor.
- **Cubierta:** chapa de zinc sobre estructura de madera (Figs. N° 5 y 6).



Fig. N° 4a: emplazamiento de la vivienda.



Fig. N° 4b: mampuesto de suelo-cemento.



Figs. N° 5: vista frente.



Fig. N° 6: vista contrafrente.

La utilización de dicha mampostería se debió al reducido consumo de energía para la producción de los ladrillos (0,10 Kw/horas), a la facilidad constructiva del mampuesto y de los muros y a la necesidad de disminuir los costos en materiales utilizando aquellos disponibles en el lugar; esto permitió, asimismo, poder contar con una superficie habitable mayor en las viviendas con el mismo precio de construcción e incorporar sistemas solares y sistemas no convencionales con uso racional de la energía para calefacción y cocción para el acondicionamiento de la vivienda e higiene y alimentación de sus habitantes.

MODALIDAD DE CONSTRUCCIÓN

Se ha adoptado el sistema de autoconstrucción asistida, con la participación directa de los futuros usuarios; esto también permitió reducir los costos de mano de obra. La ejecución de las viviendas se inició con la fabricación de los ladrillos de suelo-cemento (actividad en la que se integraron todos los miembros de la familia), se continuó con la construcción o instalación de los sistemas complementarios para acondicionamiento térmico y se concluyó con los acabados superficiales y la colocación de los artefactos sanitarios y eléctricos. Cabe destacar que los usuarios-constructores no son albañiles ni instaladores especializados sino pequeños minifundistas que se dedican a actividades ganaderas, ya sea explotación del ganado ovino y caprino o vacunos y que desarrollan actividades económicas de subsistencia como las agrícolas, las artesanías, etc.

DISPOSICIÓN ARQUITECTÓNICA

En base a la definición de incorporar al diseño de la vivienda elementos que aprovechen las fuentes de energía que caracterizan a la región, como lo es la energía solar, se decidió su configuración formal

mediante un partido arquitectónico con aprovechamiento solar pasivo sintetizado en una planta alargada, con eje mayor Este-Oeste, es decir con su mayor superficie orientada al Norte para lograr la mayor captación y colección de radiación solar.

- Comedor, invernáculo y dos dormitorios, al Norte.
- Un espacio tipo “exclusa” de entrada, con orientación Norte, Oeste y Sur.
- Con los locales de servicio (cocina, baño, lavadero) al Sur como espacios “tapón”.

Quedando así ubicados al Norte los colectores solares para el calentamiento del agua, los muros Trombe-Mitchell modificados y el invernadero.

SISTEMAS ENERGÉTICOS Y DE ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL ADOPTADOS

Los sistemas solares utilizados responden a las estrategias bioclimáticas determinadas y a las pautas que se desgranar de las mismas, buscando dar respuesta a:

Calefacción pasiva: la ganancia solar es directa a través de:

- Aventanamientos.
- Invernáculo.
- Muros colectores acumuladores (tipo Trombe-Michel modificado) al Norte (Fig. Nº 7), contruidos con ladrillos de suelo-cemento pintados de negro por el lado exterior.

Almacenamiento-amortiguamiento: la mayor parte de acumulación de calor se realiza en los muros exteriores e interiores de suelo-cemento. Estos permiten amortiguar las variaciones diarias de temperatura y conservar el calor en la vivienda.

Cocción de alimentos: se ha incorporado una cocina solar móvil, en el exterior de la vivienda, con un concentrador parabólico y sistema con seguimiento solar manual.

Agua caliente: el sistema de calentamiento de agua sanitaria posee colector comercial de 4 m², con acumulador de agua en un tanque aislado que provee a los artefactos de baño, cocina y lavadero (Fig. N° 8).

Invernáculo: se orienta al Norte y al Oeste, permite la producción de verduras y hortalizas; posee una cubierta de policarbonato y aventanamientos de vidriado (Fig. N° 8).

Refrescamiento: se produce mediante efecto “chimenea” en invernáculo, en el caso de producirse sobrecalentamientos.

- Energía eléctrica: la conexión es a red eléctrica local.



Figs. N° 7, 8 y 9: muros colectores-acumuladores; colectores para calentamiento de agua, cubiertas de la vivienda y del invernáculo; cocina de chapa y termotanque, ambos a leña y de alta eficiencia.

Calefacción y cocción de alimentos no convencional con uso racional de leña: se colocó una cocina de chapa de alto rendimiento (cocina Ñuque) para cocción de alimentos, calentamiento de agua, que apoya al sistema de calentamiento solar de agua y calefacción (con



Fig. N° 8.

sistema de distribución de aire caliente a los dormitorios), (Fig. N° 9).
Calentamiento de agua con uso racional de leña: el sistema cuenta con termotanque de alta eficiencia que complementa al sistema de calentamiento solar de agua (Fig. N° 9).



Fig. N° 9.

ARTICULACIONES INTERACTORALES Y METODOLOGÍA

El trabajo se realizó en forma:

a. Interinstitucional: en una primera etapa, la caracterización climática fue realizada por los arquitectos Edgardo Mele y Liliana De Benito del IPVyDU Chubut, y la recolección de datos meteorológicos, la definición bioambiental de la zona y la determinación de estrategias de diseño bioclimático por la docente-investigadora arquitecta Beatriz Garzón de la FAU-SeCyT, UNT y del CONICET; en la segunda etapa, los arquitectos del IPVyDU diseñaron un primer prototipo y la evaluación de estrategias aplicadas, la comparación de los consumos de energía en la producción de materiales constructivos y el cálculo de la transmisión térmica (K) de aquellos posibles a utilizar fueron realizados por Garzón mediante el uso de “Planillas computacionales” (Negrete J., 2001); como tercera etapa, se materializó una propuesta superadora según las disponibilidades económicas, tecnológicas e institucionales locales.

En la cuarta etapa, se sumaron dos docentes-investigadores de la UNSA y del INENCO, la doctora Graciela Lesino, quien aconsejó sobre las características generales del instrumental a usar y cedió su Programa SIMEDIF bajo Windows para la simulación (Flores Larsen y Lesino, 2000), y el doctor Alejandro Hernández, quien asesoró al equipo formado en las fases de monitoreo y desarrolló la simulación térmica del edificio y analizó sus resultados cuanti y cualitativos en profundidad.

b. Interdisciplinaria: intervinieron arquitectos, físicos y técnicos. Además, se involucró a los usuarios para responder a la metodología de investigación-acción participativa con el objeto de conocer una realidad y poder transformarla para elevar su calidad de vida (Garzón, 2004).

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO-ENERGÉTICO DEL EDIFICIO

Monitoreo del edificio: como primera fase se realizó el relevamiento de las condiciones de funcionamiento y uso de la vivienda según sus usuarios, en diciembre de 2007. Se capacitó a sus habitantes y a los técnicos del IPVyDU Chubut sobre los pasos del monitoreo y su registro, realizándose la primera medición de temperaturas y humedades exteriores e interiores (Figs. N° 10, 11 y 12a y b).

Para el monitoreo higrotérmico de la vivienda se emplearon dos termohigrómetros con función datalogger marca TFA, cada uno de



Figs. N° 10, 11 y 12: relevamiento de las condiciones postocupacionales de la vivienda y capacitación para el monitoreo.

los cuales posee una base receptora y cinco sensores remotos de temperatura y humedad relativa. Con ellos se monitorearon las temperaturas del invernadero, la cocina-comedor, el *hall* de entrada, ambos dormitorios, el pasillo de comunicación interna y la



Fig. N° 11.



Figs. N° 12a y b.

temperatura exterior sobre las cuatro orientaciones (Fig. N° 13). La radiación solar, humedad relativa externa y velocidad del viento se monitorearon mediante una estación meteorológica autónoma marca Davis.

Los resultados del monitoreo se presentan junto a los de la simulación térmica de la vivienda para su comparación y análisis.

Simulación con SIMEDIF: la simulación del comportamiento térmico de la vivienda se realizó con el programa SIMEDIF para Windows. Para la *zonificación* del edificio se tomaron los siguientes locales principales (Fig. N° 13):

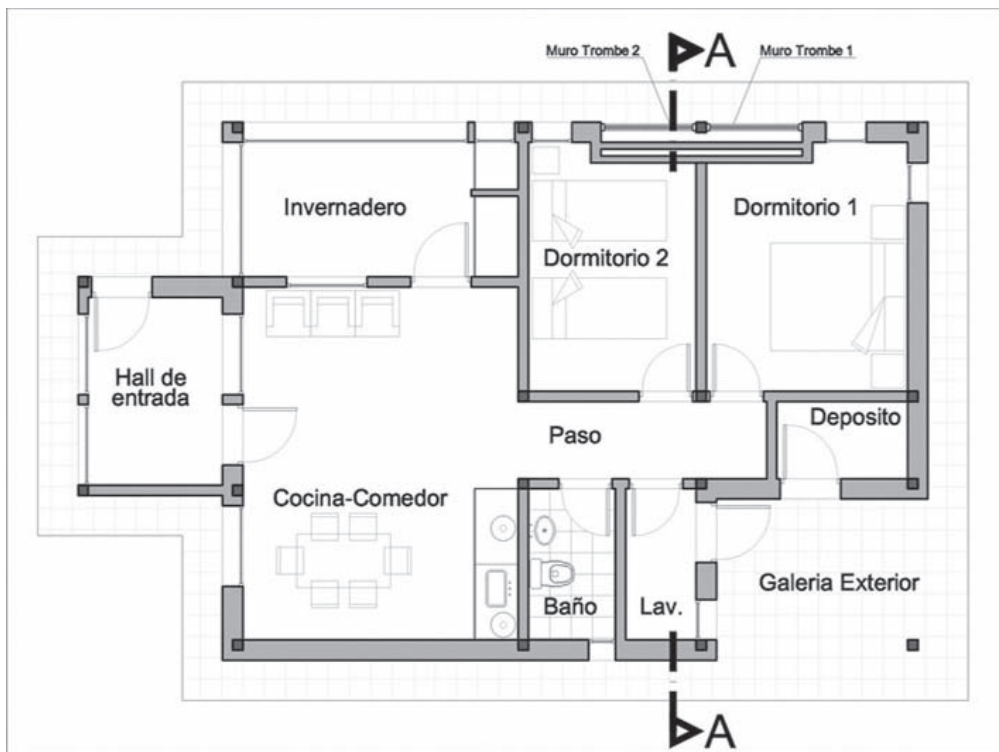


Fig. N° 13: zonificación de la vivienda.

- Dormitorio 1 (al Noreste).
- Dormitorio 2 (al Norte).
- Invernadero.
- *Hall* de entrada.
- Cocina-comedor.
- Paso (entre dormitorios y servicios).
- Lavadero-baño.
- Depósito.

Como locales secundarios fueron ingresados:

- Los dos muros Trombe.
- Las cámaras de aire ventiladas entre estos y los dormitorios.
- El gran espacio hueco comprendido entre la cubierta metálica y el cielorraso que aloja la tirantería de madera.

Debido a que el edificio se encuentra en uso, los aportes de energía auxiliar por cocción de alimentos y calefacción de la vivienda presentan un patrón cuasi regular en lo temporal pero muy irregular en los montos de energía entregados cada hora. Esto no permite obtener un buen acuerdo entre valores simulados y medidos durante los períodos de calefacción pues resulta sumamente complicado ingresar en el SIMEDIF, día tras día y hora por hora, diferentes valores de *Qaux*, en principio desconocidos. Por ello, se decidió simular el comportamiento térmico de los locales sin incluir aportes de energía auxiliar para analizar cuán efectivo es el diseño térmico del edificio y el esquema de calefacción practicado por sus habitantes. El *período* para este análisis comprende 15 días del mes de abril de 2008 (del 4 al 18) escogido en virtud que la inestabilidad meteorológica en las estaciones intermedias origina la alternancia de días soleados y templados con días nublados y fríos.

ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS

En el Gráfico N° 2 se comparan los *resultados del monitoreo y la simulación térmica* de la temperatura del *comedor* junto a la del exterior.

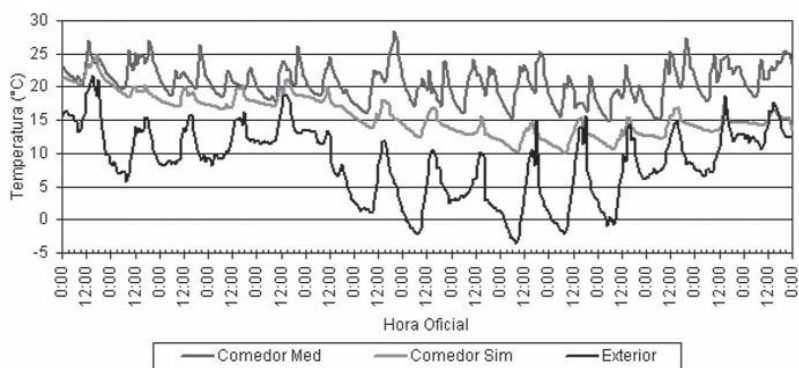


Gráfico N° 2: evolución temporal de temperaturas medida y simulada de la cocina-comedor junto a la temperatura exterior.

Se observa que los primeros 5 días fueron templados, seguidos por 5 días muy fríos durante los cuales el empleo de energía auxiliar para calefaccionar este local aumentó considerablemente. Mientras la curva simulada guarda coincidencia en sus máximos con la temperatura exterior, la correspondiente a los datos medidos presenta picos que no se correlacionan temporalmente con aquella, debidos a la operación del calefactor (la cocina a leña). El patrón de calentamiento se repite día a día, indicando su encendido a primera hora de la mañana y manteniéndola en operación hasta el mediodía. Por la tarde vuelve a encenderse alrededor de las 18 horas durante los días templados y alrededor de las 15 horas los días fríos. Durante la noche el aporte de calor de la salamandra disminuye paulatinamente a medida que se consume la leña.

La discrepancia entre valores medidos y simulados es evidente ya que, como se explicó anteriormente, no se incluyó en la simulación la ganancia auxiliar generada por la cocina-estufa. Se acentúa durante los 5 días más fríos en que su operación fue indispensable para mantener la temperatura interior dentro de valores confortables. Sin embargo, el acuerdo es aceptable durante los primeros 5 días simulados en que el clima no fue demasiado riguroso.

La simulación indica una amplitud térmica diaria del orden de 4°C en este gran local durante estos días, con valores de temperatura dentro del rango de confort de invierno (18 a 24°C). La temperatura medida oscila también dentro de este rango pero con las variaciones originadas por el funcionamiento de la cocina-estufa. Durante los siguientes 5 días la curva simulada se aparta de la medida hasta alcanzar valores mínimos de 10°C algunas noches, mientras que la temperatura del local descendió, según los valores medidos, hasta los 15°C . Esto indica que la cocina-comedor necesitará calefacción auxiliar durante el invierno, ya que no posee ganancia solar directa y que el patrón intermitente de uso de la cocina-estufa para calefaccionar este ambiente principal es apropiado en cuanto a los niveles de temperatura alcanzados en esta época del año, y al ahorro en el consumo de leña al evitar el gasto continuo durante las horas de luz. Sin embargo, se observa que en el 50% de los días se registraron sobrecalentamientos por encima de 25°C al avivar el fuego por la tarde, tal vez por el agregado de mayor cantidad de leña para prolongar su encendido durante la noche.

De la observación de los datos medidos no puede inferirse el manejo que los habitantes de la vivienda hacen de la ventana que se encuentra en la pared divisoria entre el invernadero y el comedor, cuyo objetivo es permitir que el aire calentado durante las horas de sol en el invernadero ingrese a la cocina-comedor por convección natural.

En el Gráfico N° 3 se presenta la comparación entre las *temperaturas medidas y simuladas* en el *dormitorio 1*. Nuevamente el acuerdo entre valores medidos y simulados es bueno durante los días templados, separándose ambas curvas durante los días fríos en los cuales se incrementó el uso de la calefacción.

Claramente se observa que su efecto se manifiesta también dentro del dormitorio, sobre todo durante las noches. Como ya se mencionó, la cocina a leña posee un sistema de recuperación de parte del calor irradiado por su chimenea mediante el cual se conduce por una tubería, hacia los dos dormitorios, el aire calentado en el espacio existente entre el caño de salida de los gases de combustión y un segundo conducto de sección cuadrada que lo rodea exteriormente (Fig. N° 9). En los datos medidos se observa que el aporte de la calefacción auxiliar permitió mantener niveles de temperatura confortables (15 a 20°C) durante los días fríos. La amplitud térmica de este local es inferior a 4°C.

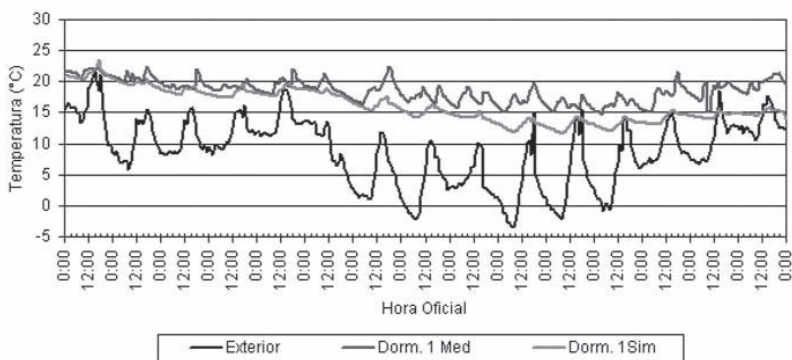


Gráfico N° 3: evolución temporal de temperaturas medida y simulada en el dormitorio Noreste junto a la temperatura exterior.

El *comportamiento térmico* del *dormitorio 2* es similar al mostrado en el Gráfico N° 3 y, por lo tanto, se omite su presentación. Ambos dormitorios poseen muros colectores-acumuladores tipo Trombe modificados sin ventanillas. La modificación consiste en que, detrás del muro colector acumulador, existe una cámara de aire separada del dormitorio mediante una pared de suelo-cemento que posee ventanillas para termocirculación.

De esta forma, el calor que atraviesa el muro colector no se entrega directamente al local sino que calienta por convección natural el aire de la cámara. Al volverse menos denso este aire, asciende e ingresa en el dormitorio por las ventanillas superiores generando, así un *loop* convectivo entre dicha cámara y el local a calefaccionar. La velocidad media con que se mueve el aire dentro de la cámara depende de la diferencia de temperaturas entre el aire de la cámara y el del dormitorio, de la altura que separa las ventanillas superior e inferior y de la pérdida de carga en las ventanillas. Aplicando la ecuación de Bernoulli a una línea de corriente entre las ventanillas inferior y superior, incluyendo la pérdida de carga generada por la forma de las ventanillas y considerando que la densidad y la temperatura del aire varían linealmente con la altura dentro de la cámara, dicha velocidad puede ser estimada mediante la ecuación (Duffie y Beckmann, 1990, Ec. 8.6.2 [9]):

$$\bar{v} = \left[\frac{2gh}{\left[8 \left(A_g / A_v \right) + 2 \right] \left(\frac{T_c - T_d}{T_c} \right)} \right]^{1/2}$$

donde: h (m) es la altura entre los centros de las ventanillas, g la aceleración de la gravedad, T_c la temperatura de la cámara, T_d la temperatura del dormitorio, A_g el área transversal de flujo del aire en la cámara y A_v el área de la ventanilla.

Esto indica que cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre la cámara y el dormitorio mayor será el flujo de aire por termosifón y, por ende, la cantidad de calor aportada por el muro colector-accumulador. Por otro lado, cuanto menor sea el área de la ventanilla, mayor será la pérdida de carga y, por ende, menor el flujo de aire y el calor aportado al dormitorio. Durante el monitoreo no se midieron las temperaturas de entrada y salida de la cámara ventilada ni la velocidad del aire dentro de ella y, por lo tanto, no se puede evaluar la cantidad de calor real entregada por los muros Trombe modificados ni estimar sus eficiencias. Sin embargo, se puede tener una idea de sus *performances* a través de los valores arrojados por el SIMEDIF, ya que se dispone de las temperaturas del aire en la cámara y de todas las superficies involucradas en la transferencia de calor. El calor entregado por el muro Trombe modificado al local es la suma del calor aportado a través de las ventanillas más el transferido por convección desde la superficie de la pared de la cámara que da al dormitorio. En el Gráfico N° 4 se grafican estos tres flujos mediante las ecuaciones (Duffie y Beckmann, 1990, Ec. 8.6.2 [9]) donde:

$$Q_{ventanilla} = \rho \cdot v \cdot A_g \cdot C_p (T_c - T_d) \quad \text{y} \quad Q_{pared} = U A_m (T_m - T_d)$$

Siendo: ρ la densidad del aire, C_p su calor específico, A_m el área del muro, T_m su temperatura superficial y U el coeficiente de transferencia convectivo-radiativo.

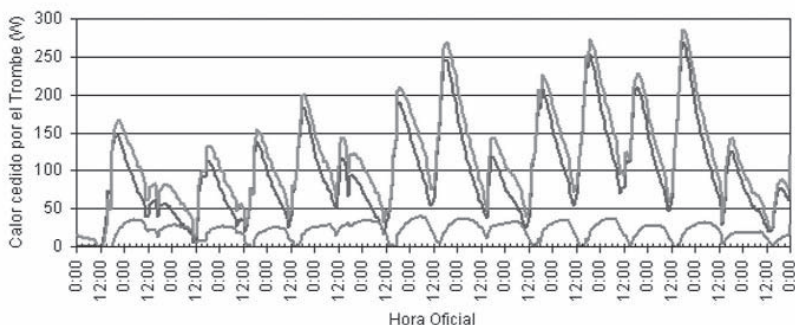


Gráfico N° 4: flujo de calor entregado por los muros Trombe modificados a cada dormitorio. Valores estimados con SIMEDIF.

Según se observa en la figura, la potencia cedida por el muro Trombe al dormitorio no superaría los 280 W en ninguno de los 15 días de otoño analizados. Este valor es significativamente bajo si se considera que dos personas adultas realizando tareas sedentarias generan, por metabolismo, 300 W.

Las causas más importantes en la escasa *performance* de estos muros son la baja conductividad térmica del suelo-cemento empleado como material colector-acumulador ($0,85 \text{ W/m}^\circ\text{C}$) que no permite alcanzar valores suficientemente altos de temperatura dentro de la cámara, T_o , la pequeña área de las ventanillas ($\sim 0,5\%$ de A_m) que aumentan considerablemente la pérdida de carga y la poca área de apertura solar de la cubierta vidriada ($1,93 \text{ m}^2$).

En el Gráfico N° 5 se presenta la comparación entre las *temperaturas medidas y simuladas* en el *invernadero*. El acuerdo entre valores medidos y simulados es excelente durante las horas de sol y durante las noches despejadas.

En las noches nubladas la curva simulada sobrestima la temperatura del invernadero hasta 3°C en algunos casos. De acuerdo con los valores medidos, no se registraron heladas dentro del invernadero durante las noches en que la temperatura exterior registró valores inferiores a 0°C . Tampoco se registraron sobrecalentamientos excesivos durante las horas de sol.

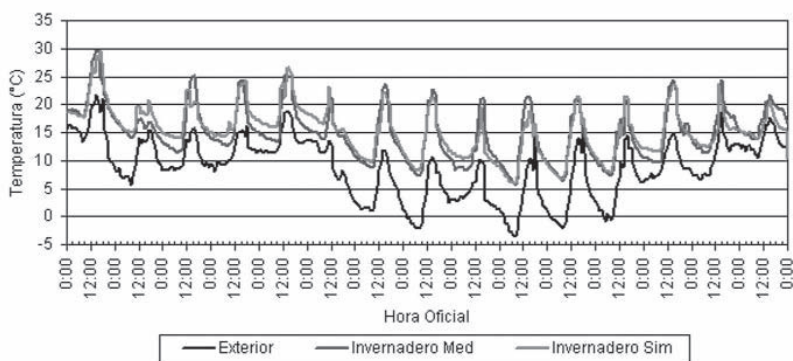


Gráfico N° 5: evolución temporal de temperaturas medida y simulada en invernadero junto a la temperatura exterior.

Finalmente, en el Gráfico N° 6, se presenta la comparación de las *temperaturas medidas y simuladas* en el *hall de entrada* a la vivienda.

Si bien este local no es de habitación permanente, constituye un espacio de amortiguamiento térmico entre el interior y el exterior ya que posee una puerta en su comunicación con la cocina-comedor que puede mantenerse cerrada durante los días muy fríos a fin de disminuir las pérdidas térmicas por el ingreso y egreso de sus residentes.

En la figura se observa claramente que durante la segunda mitad del período de monitoreo se mantuvo abierta dicha puerta durante las horas de sol, calentándose en consecuencia este local al calefaccionar la cocina-comedor.

El resto del período, la curva simulada ajusta suficientemente bien los valores de temperatura medidos.

Debido a limitaciones de espacio no se presenta la *simulación* del sector de *baño* ni del *depósito* de herramientas; además, se ha considerado en este trabajo centrar el análisis de los espacios de habitación y no en los de servicio.

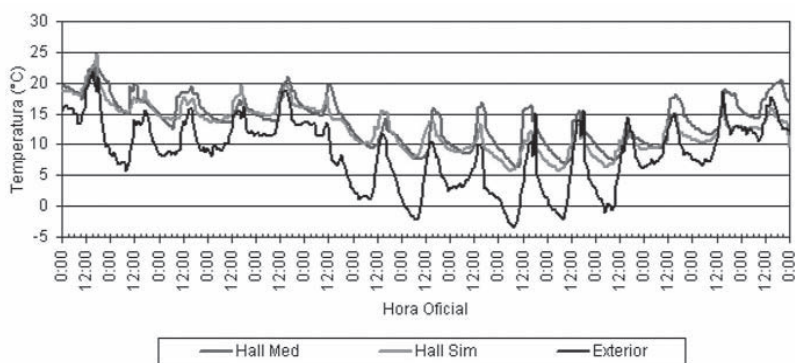


Gráfico N° 6: evolución temporal de temperaturas medida y simulada en hall de entrada junto a temperatura exterior.

CONCLUSIONES

La vivienda viene siendo monitoreada desde el mes de diciembre de 2007 y se pretende cubrir todo el período invernal.

Para este estudio se seleccionaron 15 días del otoño a fin de evaluar la respuesta del edificio a la alternancia de días soleados y nublados. Sobre la base de lo medido hasta ahora, se puede concluir lo siguiente: De la simulación se desprende que, ya en ésta época que el edificio precisa de *calefacción auxiliar* para lograr el confort térmico en su interior; lo cual concuerda con lo obtenido en la determinación de estrategias bioclimáticas. Esto significa que durante el invierno el consumo de leña deberá incrementarse considerablemente para evitar que la vivienda se enfríe demasiado. Sin embargo, es de esperar que los sistemas colectores de radiación solar (ventanas, muros Trombe e invernadero) mejoren sus *performances* al aumentar la radiación solar sobre el plano vertical al Norte a medida que se aproxima el equinoccio. No se dispone de información sistemática y cuantificable sobre la cantidad de calor auxiliar suministrada mediante la cocina-estufa de alta eficiencia ya que su funcionamiento combina la cocción de alimentos con la calefacción de espacios y su operación es muy variable día a día. Las mediciones indican que el patrón de uso de dicha estufa es apropiado para lograr el confort térmico interior.

Los *muros Trombe modificados* no resultaron eficientes debido a que el suelo-cemento tiene baja conductividad térmica y no permite alcanzar temperaturas suficientemente altas dentro de la cámara posterior. Sería conveniente reemplazar los ladrillos de este material por piedra de la zona para potenciar la transmisión del calor hacia el interior de su masa; si bien también podría emplearse hormigón, éste no se recomienda pues el consumo de energía para producirlo es igual a 50 Kw/h por kg (Garzón, 2005). También, sería necesario agrandar el tamaño de las ventanillas hasta el 1% del área

del muro. O bien, no construir la cámara ventilada ya que su presencia, bajo las condiciones actuales, debilita la transferencia de calor hacia el dormitorio. El otro inconveniente que presenta este muro es su escasa área de colección ($1,93 \text{ m}^2$) para la rigurosidad del clima local y el tamaño de los locales a calefaccionar.

Mediante la simulación computacional se verificó que la *masa térmica* provista por los *muros* de suelo-cemento es suficiente para atenuar la amplitud térmica exterior a valores adecuados dentro de la vivienda. Si bien los sistemas solares pasivos incluidos en el diseño de la vivienda son insuficientes para lograr por sí mismos condiciones de confort térmico interior durante el otoño y, por ende también durante el invierno, la inclusión de aislamiento térmico en toda la envolvente posibilita la disminución del consumo de leña empleada para la calefacción de los recintos.

En cuanto al diseño del invernadero, es apropiado para el cultivo de vegetales.

CONSIDERACIONES FINALES

Basándose en ello, se puede decir que en cuanto a sus alcances, esta investigación permitirá:

A escala particular:

- Reformular lo realizado en relación con el diseño y la producción de viviendas dentro del Programa Hábitat Rural Chubut.

A escala general:

- Formular pautas y estrategias orientadoras para una producción habitacional con adecuación bioclimática para el contexto en consideración.
- Rescatar, reformular y generar el uso de disposiciones arquitectónicas y tecnológicas compatibles con el medio social, económico y cultural.

- Responder a los principios del uso racional de la energía.
- Promover la necesaria verificación de las propuestas a través de distintos métodos de modo de mejorar la condiciones de habitabilidad y, por consiguiente, la calidad de vida de la población involucrada.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen a la doctora Graciela Lesino por su asesoramiento y, también, junto a la doctora Silvana Flores Larsen por permitirles utilizar su Programa SIMEDIF bajo Windows.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

DUFFIE J. y BECKMANN W. *Solar Engineering of Thermal Processes*. 2ª ed. Madison: John Wiley & Sons INC., 1991.

FLORES LARSEN S. y LESINO G. *SIMEDIF 2000: nueva versión del programa de diseño y cálculo de edificios. avances en energías renovables y medio ambiente 4, 2*. Argentina: 2000.

GARZÓN B. *Casas de interés Social y Adecuación Bioclimática-Energética en Argentina. Arquitectura Bioclimática*. Buenos Aires: Nobuko, 2007.

— *Determinación de estrategias bioclimáticas para localidades rurales de Chubut. Argentina*. FAU-SeCyT, UNT-CONICET: 2003.

— *Enfoques metodológicos y conceptuales básicos del proyecto “Inserción de la Tecnología en el Desarrollo Social Comunitario”*. Bahía, Brasil: CEPED-EDITEC, 2004. TECBAHIA. V. 19. Nº 2-3.

— *Consumos de energía en la producción de materiales constructivos*. FAU-SeCyT, UNT-CONICET: 2005.

IRAM. Norma 11.603: *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina*. Buenos Aires: 1996.

MELE E., DE BENITO L., GARZÓN B. y PIVA R. *Arquitectura bioclimática: experiencia intersectorial en la producción de viviendas de interés social en Chubut, Argentina*. Bogotá, Colombia: ConstrucciónTIERRA, 2006.

NEGRETE J. *Programa 2001-V99*. FAU, UNT: 2001b.

Servicio Meteorológico Nacional. *Estadísticas Climatológicas Período 1981-1990*. Buenos Aires: 1992.

CAPÍTULO 5

UN HOMENAJE AL LUGAR

Marcelo Huenchuñir Bustos

Año de construcción: 2006

Superficie: 320 m²

Arquitectura: Arquiambiente Ltda., Marcelo Huenchuñir, Gabriele Stange

Modelación energética y bioclimática: Arquiambiente Ltda.

Ubicación: Castro, Décima Región

Demanda de energía en calefacción: 80 kWh/m²/año (casa referencial en Chiloé: 190 kWh/m²/año)

CASA HUENCHUÑIR-PULIDO: UN HOMENAJE AL LUGAR Y A LOS ANTEPASADOS

PROGRAMA

La casa se desarrolla en dos plantas de forma curva, alrededor de una plaza de acceso, con un centro geométrico perfecto que rige toda la estructura de la vivienda. En el primer piso se desarrolla un programa básico de: estar en doble altura, comedor, biblioteca,

dormitorio de visitas, cocina y servicios. En el segundo piso se desarrollan el dormitorio principal, una sala de estar y un puente que conduce a los dormitorios de los hijos.

CONDICIONANTES

El lugar y las aspiraciones del mandante fueron claves en la propuesta espacial y conceptual de la vivienda. En efecto, el mandante, cansado de la arquitectura tradicional tipo galpón, nos encargó una



Fig. N° 1: estar superior y puente

vivienda de aspecto contemporáneo, con techos planos, líneas sencillas y con una materialidad que no fuese madera. Naturalmente estas condiciones contradecían para nosotros un aspecto básico de la arquitectura bioclimática que es observar las características de la arquitectura local como respuesta apropiada al clima. Otra condicionante de parte del mandante como descendiente del pueblo mapuche, fue la intención de honrar y hacer presente a los antepasados como una forma de reforzar la identidad.

En cuanto al terreno se trata de una parcela con pendientes muy pronunciadas, en la cima de la cual se presenta una vista que domina en 360° el entorno. La parte más interesante de las vistas se da hacia el Sur, donde se aprecia la entrada de mar, el cielo y las montañas reflejadas en el mar y un grupo de flamencos rosados que cada atardecer pueblan el bordemar.

PROPUESTA ESPACIAL Y CONCEPTUAL

Bajo estas condicionantes, la propuesta se basa en una plaza circular de carácter simbólico, al centro de la cual se ubica un “chemamul”, o escultura de madera que representa a los antepasados de la familia y que marca el orden espacial y geométrico a partir del cual se desarrolla la vivienda en forma de arco. En su parte cóncava la vivienda envuelve la plaza, permitiendo a su vez en la parte convexa integrar las espléndidas vistas del lugar a los espacios interiores. De esta manera el usuario experimenta un diálogo constante entre el habitar interior y el habitar exterior, como si todos fueran uno solo, provocando la sensación de pertenencia a la tierra que tiene el hombre mapuche. En efecto, para el mapuche, su sentido de lugar trasciende a los límites de lugar inmediato, proyectándose al horizonte, entendiendo que sobre él están los planos superiores, lugar de los espíritus de los antepasados y sus manifestaciones energéticas como son el viento, la lluvia y el sol.

Así la plaza vincula al usuario con el plano superior mediante su forma ascendente y por la contemplación del propio chemamul. Esta vinculación con el exterior es tan marcada, que se manifiesta en la forma de captar la radiación solar en la casa, mediante ventanas, lucarnas y linternas, así como en las relaciones visuales con el chemamul en cualquier punto de la casa y una serie de rayos simbólicos que nacen en la plaza y que se proyectan inclusive al interior de la vivienda.

ASPECTOS BIOCLIMÁTICOS

La relación de la casa con las vistas Sur y la plaza Norte, nos llevó a un diseño que permite captar la energía solar del Norte y llevarla al lado Sur de los espacios interiores. En los grandes espacios como el estar, comedor y dormitorio principal se da la dualidad de recintos con orientación Sur y norte, de modo que exista la captación solar directa. En recintos más pequeños que necesariamente dan al Sur se atrapa el sol por medio de linternas superiores.

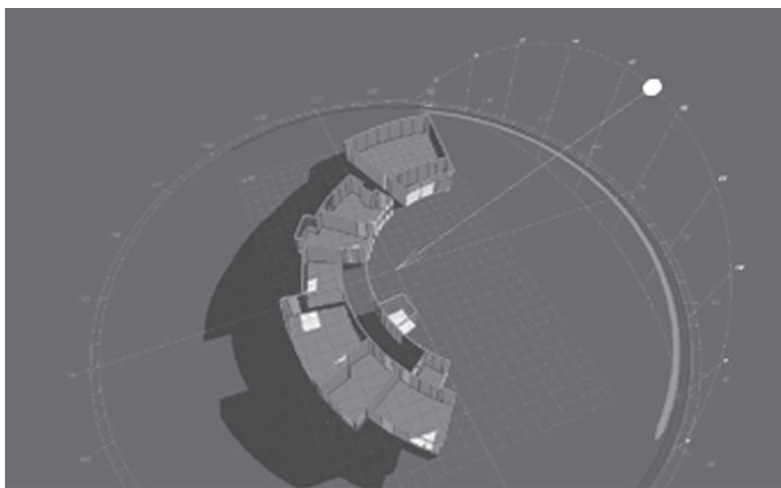


Fig. N° 2.

Figs. N° 3, 4, 5, 6, 7 y 8: diferentes vistas computarizadas en donde se puede observar la propuesta conceptual y espacial.

En el lugar predominan el viento norte en invierno y el viento Sur en verano. Esta situación nos llevó a desarrollar una techumbre con pendientes a dos aguas en ambos sentidos, para enfrentar la lluvia y evitar la formación de torbellinos alrededor de la casa. La misma condición de viento obligó a colocar una chiflonera de acceso en el lado Norte. En verano, la condición del viento Sur favorece la ventilación con aire fresco del mar, que luego de cruzar los recintos es succionada de manera natural por el lado Norte. Así también la plaza circular (aún en construcción) está proyectada en la parte más alta con árboles nativos que atenúan el viento Norte, produciendo una sombra de viento en la extensión de la plaza y atenuando el viento en la fachada Norte.

La estructura de la vivienda está proyectada principalmente por tabiques y entramados en madera con refuerzos especiales de acero. Esto nos permitió aislar fácilmente muros, pisos y techumbre con alta resistencia térmica y rotura de puentes térmicos.

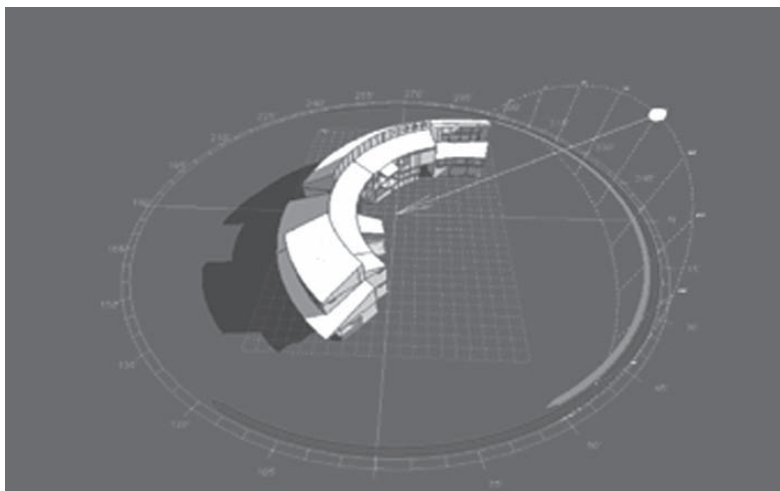


Fig. N° 3.

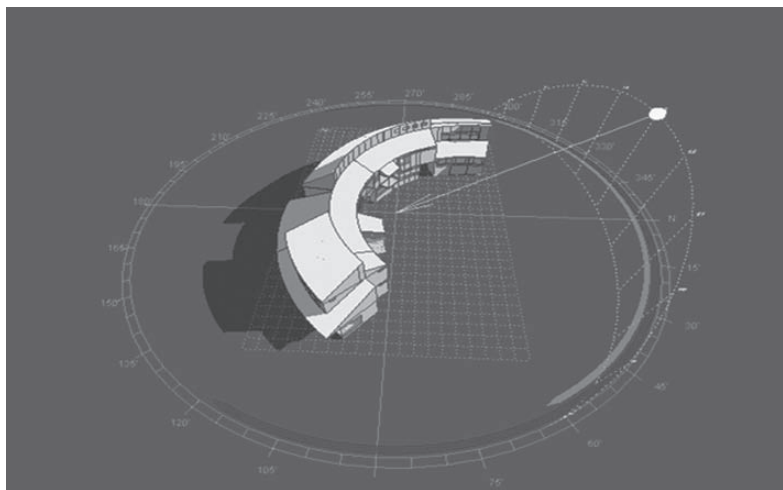


Fig. N° 4.

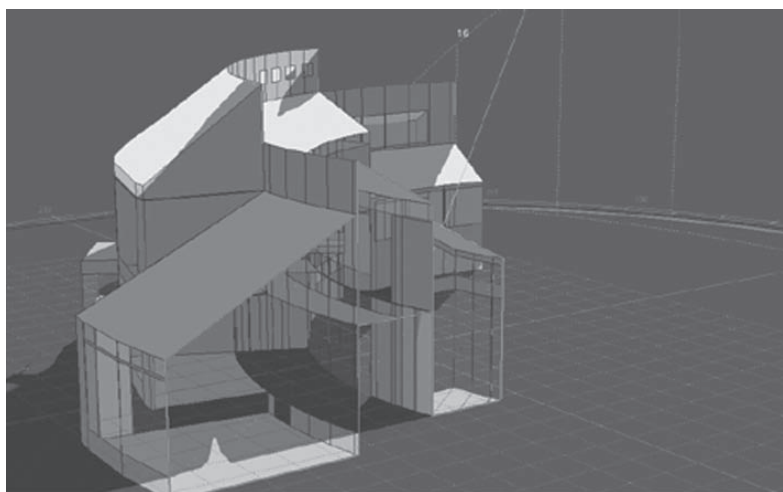


Fig. N° 5.

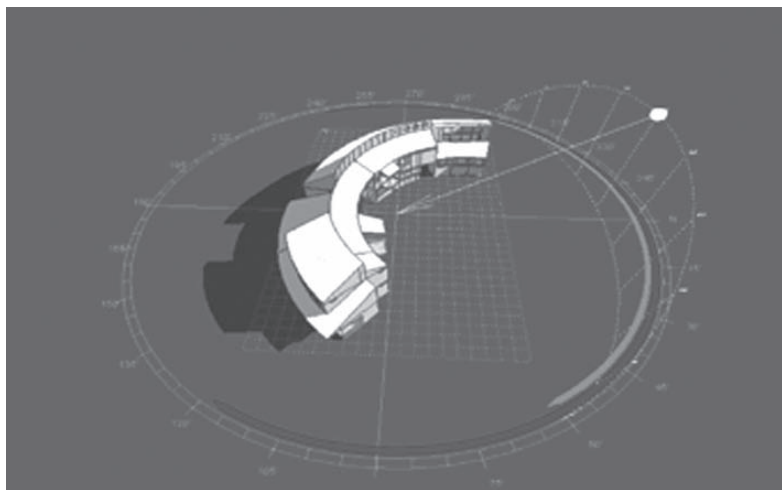


Fig. N° 6.

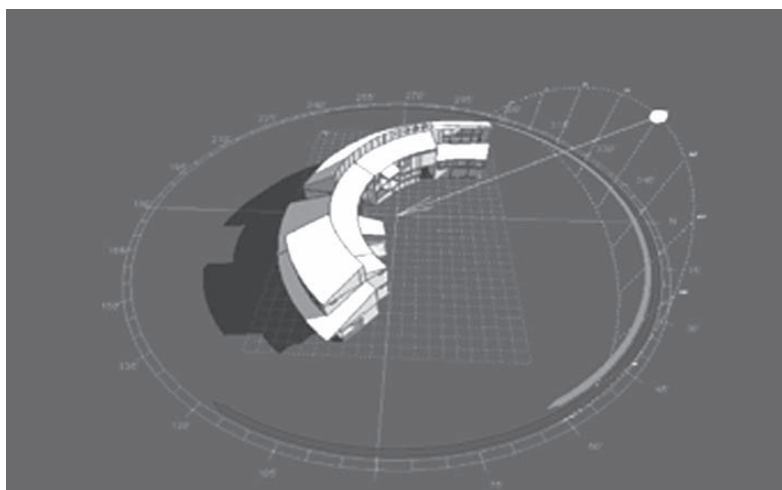


Fig. N° 7.

Particularmente en el piso del primer piso, donde existe radier, se colocó una sobrelosa sobre un material aislante térmico de alta densidad. En todas las ventanas se usaron termopaneles con marco de PVC para romper los puentes térmicos y en las ventanas del lado Sur incluimos vidriados termopanel de baja emisividad para reducir aún más las pérdidas de calor.

CASA GARCÍA-SOTO, UN CORAZÓN ENERGÉTICO

Año de construcción: 2006

Superficie: 340 m²

Arquitectura: Arquiambiente Ltda., Marcelo Huenchuñir, Gabriele Stange

Modelación energética y bioclimática: Arquiambiente Ltda.

Ubicación: Castro, Décima Región

Demanda de energía en calefacción: 55 kWh/m²/año (casa referencial en Chiloé: 190 kWh/m²/año)

Sistemas energéticos especiales: espacio invernadero integrado a la vivienda

PROGRAMA

La casa se desarrolla en un eje quebrado que envuelve un espacio invernadero hacia el lado público Norte y recoge por el otro lado Sur las vistas de una entrada de mar. En el primer piso se desarrolla un programa básico de estar en doble altura, comedor, biblioteca, dormitorio de visitas, cocina y servicios. En el segundo piso se encuentran el dormitorio principal y los dos dormitorios de los hijos.

LA PROPUESTA

El mandante está compuesto por una familia de la isla, muy conservadora en cuanto a la arquitectura del lugar, de modo que en este caso la imagen de la vivienda con techo a dos aguas y el uso de la

madera fueron una condicionante. A ello se agrega la necesidad de incorporar un espacio intermedio como extensión de la vivienda y la posibilidad de reconocer las vistas Sur del terreno en todos los espacios interiores.

Bajo esas condiciones desarrollamos un partido general lineal Este-Oeste, a lo largo del cual se ordenan los espacios, garantizando para ellos la deseada vista Sur. Sin embargo, fue la incorporación del espacio intermedio lo que determinó definitivamente el concepto espacial y energético de la vivienda, dado que fue concebido como un espacio invernadero, capaz de captar la energía solar del lado Norte y entregarla en forma pasiva al lado Sur de la casa. Esto nos permitió quebrar el eje Este-Oeste de la casa, para envolver el invernadero, logrando con ello una efectiva integración de la vivienda e invernadero como un todo, que no se entiende sin la presencia del otro. Por otra parte, en función de la eficiencia energética, la forma azimutal del invernadero permite la mayor captación solar, reduce

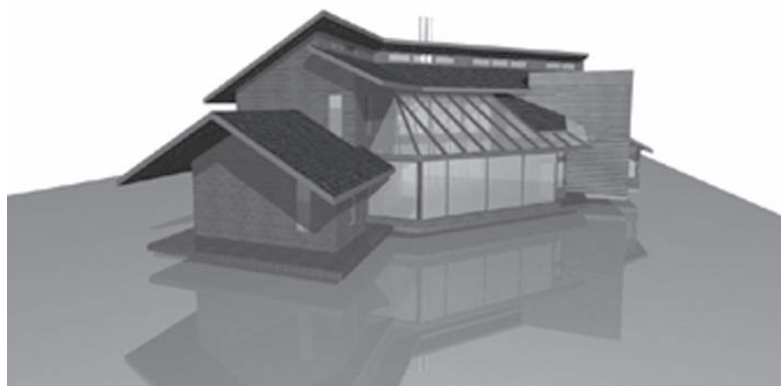


Fig. N° 8: vista norte.

al máximo los conos de sombra al interior del mismo y favorece la entrega de calor a los recintos interiores. En cuanto a los espacios interiores de la vivienda, el quiebre del eje de la vivienda facilitó también el dinamismo en la captación de las vistas Sur del terreno. Espacialmente hablando, el invernadero constituye una prolongación de la vivienda, debido a que su separación con el espacio interior de la misma está dado por ventanales en el primer y segundo



Fig. N° 9: vista parcial noreste.

piso, que permiten la radiación solar directa de la vivienda. Estos ventanales presentan aberturas controladas que entregan por convección calor a la vivienda. En el primer piso se incorporaron ventanales que se abren en 180° para integrar en condiciones de temperaturas moderadas el espacio invernadero con el pasillo y estar del primer piso, como un solo gran espacio.



Fig. N° 10a: vista parcial del invernadero.

OTROS ASPECTOS BIOCLIMÁTICOS

La independencia ambiental del invernadero con la vivienda, permite que su funcionamiento sea bien flexible durante el año. Como se señala anteriormente, en invierno cuando las temperaturas de día



Fig. N° 10b: vista parcial del invernadero.

lo permiten se puede utilizar el invernadero como una prolongación del interior. En caso de temperaturas sobre la zona de confort se puede utilizar como un espacio generador de aire caliente que se entrega mediante aberturas controladas a la vivienda. En invierno de noche se cierran las aberturas y se utiliza como espacio amortiguador de temperatura entre interior y exterior.

En verano, que es un período muy corto en Castro, se requiere ventilar el invernadero al exterior mediante aberturas superiores. Dado que en este período el viento predominante es el Sur, se incorpora la ventilación natural con aire fresco del mar que cruza los recintos interiores, para llegar por succión al invernadero que expulsa el aire viciado y tibio por la salida superior, logrando con ello un sistema de refrigeración natural.

Junto al invernadero se incorporó una chiflonera para cortar el viento Norte en el acceso principal. Así también, el propio invernadero, su forma y las pendientes de la techumbre permiten enfrentar los vientos en ambos sentidos Norte y Sur según la época del año.

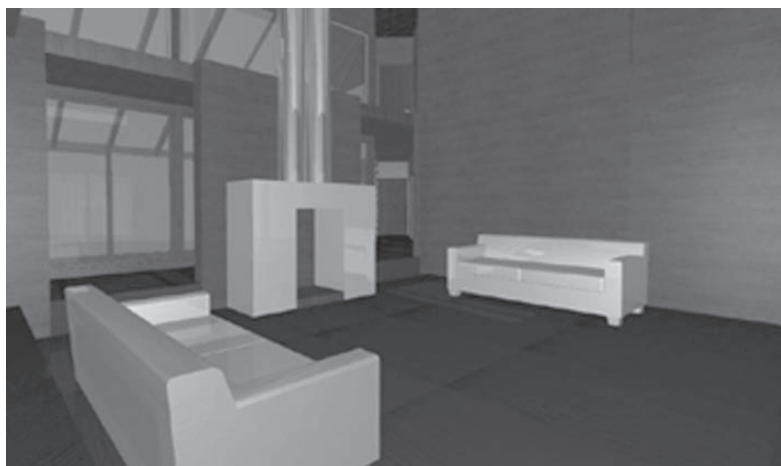


Fig. N° 11: vista del estar al invernadero.

La estructura de la vivienda consiste en tabiques y entramados en madera, dentro del cual se incorporó un alto grado de aislamiento térmico. Los pisos del primer piso son de cerámico sobre radier en las partes asoleadas por el invernadero para captar pasivamente la energía solar. En todas las ventanas se usaron termopaneles con marcos de PVC para romper los puentes térmicos.

VIVIENDA SOCIAL BIOCLIMÁTICA COMO RESCATE DE UNA CULTURA ANCESTRAL

Concurso MINVU: noviembre 2006, proyecto obtiene el 3er lugar

Superficie: 36 m²

Arquitectura: Marcelo Huenchunir y Pedro Martínez P.

Modelación energética y bioclimática: Arquambiente Ltda.

Ubicación: zona rural de Temuco, X Región

Demanda de energía en calefacción: 40 kWh/m²/año (vivienda social referencial en Temuco: 160 kWh/m²/año)

Sistemas energéticos especiales: colectores solares para aire caliente y acumulación de calor en lecho de piedras

Este proyecto fue ejecutado para un llamado a concurso de vivienda social realizado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), cuya principal condicionante fue la elección de una zona rural de Chile y su correcta adaptación al clima del lugar en pos de una eficiencia energética. Dada nuestra preocupación por el rol del usuario y la experiencia del equipo con comunidades rurales de la zona Sur interior, estimamos fundamental interpretar no solo el clima y los materiales del lugar, sino también la cultura de sus habitantes, como requisito para dar forma a una solución habitacional.

En ese contexto el proyecto nace de una fusión entre la necesidad de reconocer el sol en la vivienda y la forma de ocupación de los espacios tradicionales rurales, en torno a un fogón o cocina, donde se

realiza la vida diaria. Ambos elementos no pretenden imponerse sino apoyarse para lograr como resultado una arquitectura integral. En efecto, nuestro proyecto rescata el sistema básico de cocinar y calefaccionar y lo sitúa en el centro del proyecto como un foco de calor, luz y vida. Este esquema ya conocido y utilizado por los propios mapuches inclusive, permiten en forma inteligente que los espacios alrededor de él se nutran de calor induciendo, por lo tanto, a un requerimiento climático básico en zonas frías que es la compacidad del volumen y su ordenamiento al centro de calor.

RESCATE ANCESTRAL ENCUENTRO ENTORNO AL CALOR Y LA LUZ

UBICACION: SUR INTERIOR

De acuerdo a la MCH 1870 el proyecto se emplaza en la zona industrial de San Antonio, dentro de la zona urbana, escogida a la zona rural de Temuco como localidad de estudio, la cual está ubicada en la latitud 38°00' S y 72°40' O.

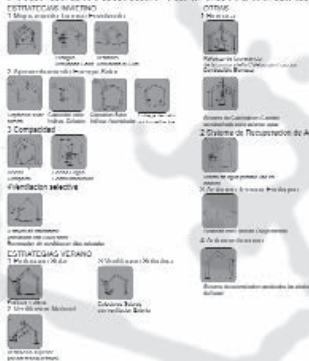
El material es solo un tipo de resina, que tiene sus propias características por ser fría y liviana. Viene en corte de 4 x 6 cm, pero, para moldearlo fácilmente, también se vende a granel.

Folmes, Versão preliminar 5 y 2W												
ID	Nome	Sexo	Idade	Altura	Peso	Temperatura	Pressão	Frequência	Saturação	Pulso	Respiração	Observações
001	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
002	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
003	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
004	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
005	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
006	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
007	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
008	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
009	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
010	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
011	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
012	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
013	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
014	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
015	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
016	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
017	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
018	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
019	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
020	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
021	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
022	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
023	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
024	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
025	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
026	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
027	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
028	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
029	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
030	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
031	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
032	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
033	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	
034	Adriano	M	25	1,75	75	36,5	120/80	72	98	60	12	

ESTRATEGIAS



PROPUESTA CONCEPTUAL ESTRATEGIAS



LOCALIDAD: ZONA RURAL DE TEMUCO

[illegible]

La radiación solar es alta en las meses de verano y con descenso a principios de invierno, cuando en la zona de influencia de la zona de estudio.

[illegible]

Se decantaba como un volumen unitario, cuyo destino se ordenaba en torno a la luz y confort de los edificios. Hoy día, el análisis responde a una interpretación de los conceptos arquitectónicos y tecnológicos, donde las necesidades se convierten en un desafío.

© 2005 Blackwell Publishing Ltd, *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics*, 30, 117–124

© 1999 Blackwell Science Ltd, *Journal of Internal Medicine* 245: 399–406

©2007 CIMA SINGAPORE. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage or retrieval system, without prior written permission from CIMA Singapore.

– **FOCÓN (Juvénor):** Principal espacio de la vivienda del sur de Chile. En esta concepción se resalta, en su ámbito funcional, una división espacial en unidades o módulos de uso, diferenciados por su

que la vida se organiza en torno al fuego y la luz, núcleo de una espacialidad que se expresa, también, en los horizontes de un espacio que se define por la luz y el fuego.

ESQUEMAS DE OPERAC

ESQUEMAS DE OPERACION

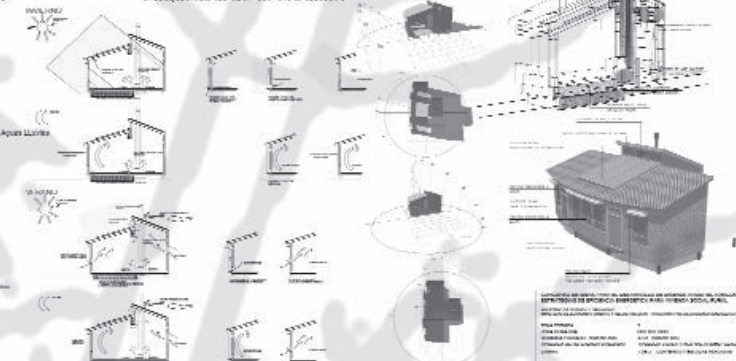


Fig. N° 12: vista norte.

Junto a las ganancias solares pasivas, que solo son para el día, se han incorporado sistemas solares para aire caliente, dado que la baja



radiación solar y la presencia de alta radiación difusa en el lugar, ameritan la presencia de sistemas solares que generen calor de una manera instantánea y fácil de transportar a un sistema de acumulación para la noche. El sistema abierto facilita la ganancia solar a las habitaciones o sectores alejados del fogón y permite ventilar en el día con lluvia Norte. El sistema de lecho de piedras acumula calor de día para utilizarlo en la noche, escogiéndose para ello el recinto estar-comedor, que regala ahora el calor que las ventanas no pueden entregar.

Otra característica del proyecto es su intención de bajar costos, utilizando materiales locales como la lana de oveja y piedras de río especiales para acumular calor. Así también hemos contemplado la potenciación del fogón mediante un sistema de serpentín que calienta el agua en forma natural y la conduce a un estanque de almacenamiento que también puede ser reciclado.

Para apoyar el sistema de agua de la vivienda y aprovechando las altas precipitaciones del lugar se proveyó la vivienda de un sistema de captación de aguas de lluvia con un estanque también de reciclaje.

Finalmente la ampliación de la vivienda ha previsto no interrumpir la ganancia solar del edificio y crece hacia atrás para incorporar recintos con lucarna Norte y ventanas Oriente y Poniente, alrededor de un núcleo duro que es el baño y cocina.

CAPÍTULO 6

EL PAPEL DE LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA Y SOSTENIBLE EN LA PRODUCCIÓN DE VIVIENDA COMO BIEN DE CONSUMO

Gabriel Leal

INTRODUCCIÓN

Esta ponencia se enmarca dentro del concepto de “producción limpia”, específicamente desde el enfoque de industria y del desarrollo sostenible. El concepto de “producción limpia”, usualmente se relaciona con bienes, producto de un proceso industrial en una fábrica o en una factoría y la idea de “mercados verdes” se encuentra asociada al sector primario de la economía, sin embargo, muy pocas veces se tiene en cuenta la industria de la construcción como bien de consumo manufacturado y artesanal unas veces y, otras, como resultado de un proceso industrial intensivo en tecnología.

La industria de la construcción entiende a la vivienda como un bien de consumo que se compra y se vende en los supermercados. Los

procesos industriales de prefabricación son cada vez más eficientes y buscan la maximización de la utilidad mediante mecanismos financieros especialmente diseñados o, por medio de reducciones de tiempo que implican la entrega de un producto terminado en plazos récord. Estos procesos permiten la construcción de hasta dos viviendas por día, dejando totalmente por fuera al posible comprador, quien debe escoger entre la oferta que el mercado pone a su disposición, casi siempre sin muchas alternativas de selección, pues este producto obedece a unos patrones técnicos y económicos preestablecidos.

Este enfoque absolutamente mercantilista que busca cumplir con el derecho constitucional a una “vivienda digna” ha olvidado por completo al ser humano en tanto objeto de derechos y lo ha convertido en cliente, objetivo del mercado. Llama la atención que siendo la industria de la construcción un sector fundamental de la economía, representó el 14,36% del PIB nacional colombiano en el 2006 según datos preliminares del DANE,¹ y se mantenga fuera de consideraciones de producción más limpia o de los mercados verdes.

La vivienda es el sector de mayor consumo energético, con cerca del 40% del total de la energía producida por un país, se calcula que entre un 7 y 9% del total de emisiones planetarias de dióxido de carbono proviene de las viviendas con aproximadamente 1.300 kg/CO₂/año/vivienda. El sector residencial produce una media de 4 kg de “basuras” o residuos sólidos urbanos diarios, es el mayor responsable del consumo de agua, con una dotación de unos 860 litros diarios para una vivienda de cuatro personas; aproximadamente el 45% del agua potable se utiliza en el sanitario y tan solo un 2% para beber o para preparación de alimentos, lo cual explica el deterioro de las fuentes hídricas receptoras.

ECOSISTEMAS URBANOS

Las ciudades están consideradas dentro de los ecosistemas terrestres² y ocupan cerca del 4% del área del planeta, consumen el 75% de los recursos naturales planetarios y, en consecuencia, son responsables de la producción del 75% de los desechos, constituyéndose en una gran amenaza ambiental, al punto que el deterioro planetario es tema obligado y prioritario de la agenda internacional, las últimas cumbres han sido motivadas por el estado del ambiente y el mal manejo de los recursos naturales.

Los ecosistemas urbanos, donde el hombre es la especie dominante, constituyen el mecanismo de adaptación del hombre a la naturaleza, la ecología urbana confiere a este ambiente características propias de un sistema antropizado con el cual establece relaciones de interdependencia. El conjunto de variables o de subsistemas que condicionan la relación del sistema urbano con el ambiente hacen imposible definir un ambiente urbano único e inmutable, excluyendo los diferentes niveles de organización implicados. El actual modelo urbano plantea entonces unas relaciones de tipo natural o físico-químicas, económicas y sociales que es necesario definir para entender el funcionamiento del ecosistema urbano.

Los sistemas urbanos tienen unas demandas y unos comportamientos, la mayoría de las veces en contra de los sistemas naturales que les sirven de soporte generando impactos, la mayoría de las veces irreversibles. En consecuencia, es fundamental conocer y entender el metabolismo urbano, compuesto por flujos de intercambio de materia, energía e información con otros ecosistemas, como se describe en el Gráfico N° 1.

La cualificación y cuantificación adecuada de los impactos causados por el ecosistema urbano parten del conocimiento de las características de los diversos flujos establecidos a partir de la determinación de los subsistemas que lo constituyen. Para el entendimiento del metabolismo urbano y de las innumerables interrelaciones establecidas para su funcionamiento, el autor viene trabajando en la modelización del ecosistema urbano, de modo que puedan entenderse e interpretarse cualitativa y cuantitativamente las variables que intervienen en los procesos de deterioro medioambiental, como se explica a continuación.

La coexistencia armónica y equilibrada de los sistemas social, económico y natural en conjunto, garantizan la sostenibilidad del sistema. Cada uno posee diversos componentes que interactúan entre sí y con otros ecosistemas cuyo resultado es un alto nivel de



Gráfico Nº 1: funciones metabólicas del ecosistema urbano.

complejidad que debe ser entendido desde el punto de vista del sistema,³ que establece relaciones con el ambiente mediante corrientes de entrada y salida y procesos de frontera. Las características de estos sistemas son:

Sistema natural: se refiere a los componentes básicos del ecosistema en tanto potencial de aprovechamiento, sin causar su agotamiento o deterioro. Los elementos concernidos son la geomorfología, la edafología, la climatología, la flora y la fauna. Su relación con los sistemas social y económico se basa su potencial real de aprovechamiento sostenible.

Sistema económico: lo constituye la estructura productiva y su grado de desarrollo relativo en función de la producción territorial característica, de las condiciones técnicas de producción, los mecanismos de distribución y consumo, el mercado de los productos y las relaciones funcionales de la estructura productiva del ecosistema urbano.

Sistema social: comprende la población y las condiciones necesarias para su reproducción que condicionan la calidad de vida y sus relaciones con otros miembros de la sociedad. Está compuesto por tres subsistemas a saber:

- a. Sistema poblacional, constituido por la estructura demográfica de la población.
- b. Sistema de servicios públicos y sociales.
- c. Sistema de relaciones sociales.

Estos tres sistemas, fundamentales para la sostenibilidad natural y del sistema no son suficientes para garantizar el funcionamiento del ecosistema urbano por sí mismo, por lo que se plantea la existencia de otros tres sistemas que los interrelacionan y que, en definitiva, son los que generan los mayores impactos negativos sobre el medio y el ambiente.

Debido a que los ecosistemas urbanos son heterótrofos, no elaboran su propia materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas, se

nutren de otros seres vivos y obtienen su energía endosomática de los sistemas agrícolas. Importan agua, alimentos, energía y combustibles fósiles desde otros ecosistemas, los transforman para su propio consumo o para ser exportados. La expansión urbana, no solo en áreas ocupadas sino en número de habitantes lleva implícita una mayor demanda de servicios que agotan los recursos locales y obliga a la explotación de recursos cada vez más lejanos, según se degradan los ecosistemas inmediatos de soporte.

El aparato industrial, propio del sistema económico imperante, es intensivo en la demanda de energía concentrada, especialmente proveniente de los combustibles fósiles y hace poco uso de las energías alternativas (como la solar, la eólica o la de la biomasa). La infraestructura de apoyo para la explotación económica del sistema natural se basa en medios de transporte: terrestre, aéreo, fluvial y marítimo, en el aprovisionamiento de energía, en la construcción de distritos de riego y en todo aquello que impulse actividades que generen cada vez mayores excedentes económicos.

Esta explotación del ecosistema y la expulsión de los residuos resultantes se realiza mediante sistemas horizontales de transporte y comunicaciones, que permiten acceder a lugares cada vez más distantes. El urbanismo moderno se estructura en torno a sistemas de comunicación y movilidad entre y desde los centros urbanos según sean sus relaciones con otros ecosistemas, naturales o contruidos. La explotación económica del medio natural proporciona riqueza y poder a grupos minoritarios, generando desigualdades sociales y pobreza, en consecuencia se requiere de un sistema administrativo que medie las relaciones entre el sistema social y el sistema económico y garantice que la explotación económica del medio, favorezca a todos los miembros de la sociedad procurando su bienestar y el de la sociedad misma.

Finalmente, el sistema urbano funcional establecido para explotar el medio por parte de las diferentes comunidades, contiene y establece relaciones entre los sistemas urbanos y entre estos, y sus respectivos entornos proporcionando equipamientos acordes con su rol respecto al espacio adyacente.

Las interrelaciones entre estos sistemas y el análisis de los flujos de materia, información y energía que se establecen constituyen el ecosistema urbano objeto de análisis, según el esquema de la Fig. N° 1, de suerte que los impactos negativos son la resultante de una mala relación o de la mala gestión de alguno de estos flujos. Puede entonces afirmarse que el origen de todo tipo de degradación se encuentra en la complejidad de los ecosistemas urbanos, en el abundante consumo de energía exosomática obtenida de la explotación de recursos lejanos y de estructuras menos complejas que van siendo degradadas.

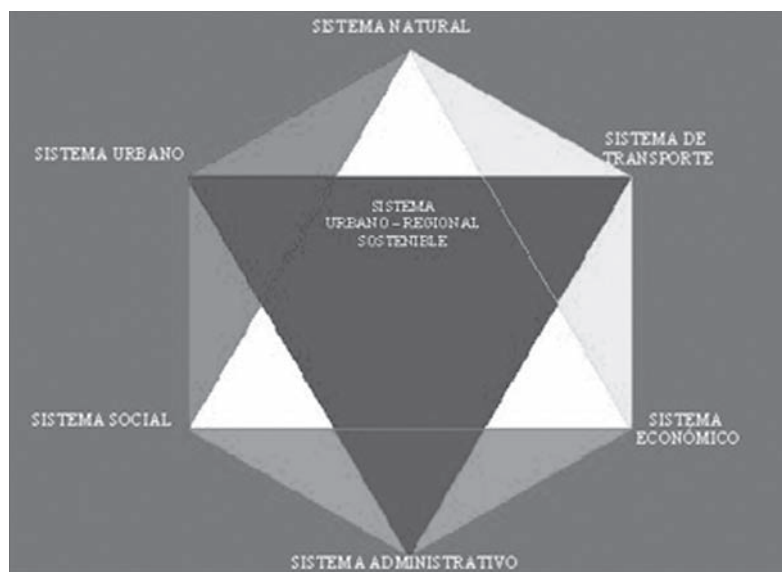


Fig. N° 1: ecosistema urbano sostenible.

Los problemas ambientales globales que afectan al planeta son el calentamiento, la degradación y la contaminación, todos derivados del modelo urbano y económico imperante. El comportamiento energético de la urbanización y basado en el uso intensivo de combustibles fósiles produce flujos de energía cada vez más concentrados y con potencia suficiente para alterar el equilibrio sistémico del lugar donde se concentren, estos flujos de energía son proporcionales a la diferencia de organización entre el hombre y la naturaleza. Los principales efectos ambientales de los ecosistemas urbanos son el calentamiento global y una de sus causas es el “*efecto de isla de calor*”, producto de las emisiones de gases de efecto invernadero, resultado del consumo de energía necesaria para su funcionamiento, además de la degradación de ecosistemas distantes y de la contaminación de los recursos (suelo, agua y aire).

En conclusión, no es posible actuar solo sobre uno de los sistemas o sobre uno de sus componentes para mitigar o reparar los efectos negativos de la explotación del sistema natural, se debe hacer una lectura sistémica de los fenómenos asociados a cada impacto, recoger la información particular del ecosistema involucrado, caracterizar cada uno de sus subsistemas y a partir de esa caracterización, cruzar las variables tanto dependientes como independientes, explicando las causas y los efectos de la situación actual del sistema objeto de estudio. La valoración de la información obtenida permite establecer una ruta crítica que facilite la formulación de estrategias de intervención.

IMPACTOS DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Los impactos generados por este sector se producen antes, durante y después de la ejecución del proyecto, indistintamente de la escala del mismo.

Antes de la construcción del proyecto se produce una especulación sobre sus impactos, negativos y positivos, si bien es cierto, de un proyecto de construcción se derivan muchos beneficios, pero también es cierto que conlleva perjuicios para los habitantes tradicionales del sector, sean estos humanos o no y para el medio en el cual se propone.

En el sistema natural, antes de su inicio no se producen afectaciones o alteraciones importantes sobre los recursos, aunque se genera contaminación visual debido a las vallas publicitarias que suelen acompañar a los proyectos de envergadura.

En lo social, se generan expectativas de trabajo y de mejoramiento de la calidad de vida entre los residentes tradicionales del lugar, las cuales difícilmente se cumplen y por el contrario, muchas veces desembocan en la pérdida de las condiciones actuales.

En lo económico se produce una especulación sobre los precios del suelo urbanizable cercano, lo cual conlleva el encarecimiento de los precios del suelo, sea éste urbano o rural. En lo administrativo, en algunos casos se dan presiones de grupos interesados, para que se modifiquen las normas vigentes, generalmente para permitir mayores densidades ocupacionales, que posteriormente se reflejan en espacios habitables cada vez más incómodos e inapropiados.

Los sistemas de comunicación, especialmente vehicular terrestre, requieren su ampliación pues con el aumento de las densidades y del número de habitantes, también aumenta el número de vehículos. Al nivel urbano se presentan cambios de usos del suelo y desplazamiento de actividades tradicionales y/o de personas hacia otras zonas.

Durante la fase de construcción es cuando se presentan los mayores impactos inmediatos y de fácil identificación, como por ejemplo el deterioro de los ecosistemas de soporte, la explotación irracional de los recursos naturales y los cambios en los usos del suelo, como por

ejemplo la alteración de las escorrentías naturales, la contaminación de fuentes hídricas, la generación de ruido, la producción de polvo y desechos de materiales de construcción y la pérdida de hábitats y de biodiversidad.

En lo social, las expectativas de trabajo entre la población nativa y la migración de trabajadores desde otros lugares de la ciudad o de la región, generan enfrentamientos entre la mano de obra local y la foránea, con lo que también aumentan la inseguridad del sector y las molestias a los habitantes ya establecidos.

También en lo económico se observan cambios en el valor del suelo, los suelos urbanizables o los lotes para construcción nueva aumentan de precio y el valor de los impuestos se incrementa a los inmuebles existentes bajo la figura de las plusvalías urbanas, bastante discutible. De otra parte surge el comercio informal para proveer alimentos y bebidas a los trabajadores y empleados de los proyectos de construcción.

En lo administrativo, son comunes los conflictos con los vecinos por la afluencia de vehículos repartidores de materiales de construcción, de servicios o por daños ocasionados a las construcciones vecinas. Las vías vehiculares circundantes y de acceso se ven afectadas por la congestión de vehículos pesados y de carga que terminan deteriorándolas, sin que una vez terminado el proyecto sean reparadas. En lo urbano se presentan congestionamientos y cambios en los usos del suelo como la aparición de parqueos informales para contratistas, vendedores y compradores en las aceras y zonas verdes del sector.

Una vez terminado el proyecto es cuando se dan los impactos más fuertes aunque menos notorios, debido a que son de muy largo plazo. Así, en cuanto a los recursos naturales, se presenta una alta demanda debida a los servicios públicos de acueducto y alcantarillado, por ejemplo. Teniendo en cuenta que el consumo de agua de una familia tradicional se calcula en 215 litros por habitante, día, una

vivienda unifamiliar tendría un consumo diario 1.075 litros para cinco personas.

Con los altos costos del suelo urbano y la búsqueda de la maximización de la inversión vía incremento de la densidad poblacional, en ese mismo lugar pueden llegar a residir 525 personas, unas 105 familias, por supuesto dependiendo del tamaño del lote. Esta no es una situación extraña en grandes ciudades como Bogotá, donde se demuelen antiguas casas que ocupaban grandes lotes de terreno y en su lugar se construyen torres de apartamentos de hasta 12 pisos de altura. Más allá de la densificación del sector o del aumento de los ingresos municipales por concepto de impuesto predial, esto significa una fuerte presión sobre el recurso hídrico al aumentar la demanda de agua potable y, en consecuencia, la cantidad de aguas servidas que van a los sistemas de alcantarillado. En otras palabras, en una misma unidad de terreno la demanda pasa de 1.075 litros diarios de agua a 112.875 litros diarios.

En la misma medida aumenta la contaminación del suelo, lastimosamente en lugares alejados del proyecto, por el aumento en la producción de residuos sólidos residenciales, calculada una producción de 900 kg por persona/día, la misma familia de cinco miembros produce un total de 4,5 kg diarios. En el mismo lugar esta cantidad aumenta a 472,5 kg, casi media tonelada (t) diaria, no solo se pierde terreno superficial en el lugar destinado para vertedero, sino que se aumentan las emisiones de gas metano CH_4 , segundo responsable del efecto invernadero.

Continuando con esta reflexión, el aumento en el número de vehículos privados además de agravar los problemas de movilidad, también tiene graves consecuencias sobre el recurso aire al contribuir al calentamiento global debido al efecto invernadero por el aumento de la producción de CO_2 , en efecto, la expansión urbana implica un aumento en las distancias entre los lugares de residencia, de trabajo,

de estudio y de ocio, equivalente a 30 kg de CO₂ por km/vehículo particular y de 6 kg de CO₂ por persona/km en transporte público masivo. En lo social, se presentan fenómenos de segregación y de desplazamiento debido a la estratificación socioeconómica, que condena a morir a los más pobres al obligarlos a habitar en lugares de alto riesgo natural por deslizamiento o por inundación, dado que quienes tienen mayor poder adquisitivo pueden acceder a las mejores tierras mientras que los más pobres deben buscar refugio en lugares marginales donde nadie podría vivir y donde generalmente no llegan los servicios públicos, aumentando los riesgos de epidemias y enfermedad.

Asimismo, el aumento de la densidad disminuye la calidad de vida de los residentes tradicionales del sector y lleva al desarraigo y a la falta de identidad entre los habitantes.

Desde la perspectiva económica, el aumento de precios por especulación del suelo y de los inmuebles, con el consecuente aumento de los impuestos, obliga a los residentes pensionados y jubilados, asentados allí por muchos años, a abandonar su vivienda pues el incremento en el valor de los servicios públicos y los reevalúos catastrales reflejados en el impuesto predial no les permiten cubrir los costos con la suma que reciben por concepto de pensión y no tienen otras fuentes de ingreso. Administrativamente, la expansión urbana lleva a la conurbación con poblaciones cercanas, que pasan de ser un pueblo, a ser un barrio pobre de la ciudad, tal como ocurrió con los municipios de Suba, Fontibón y Usme, cercanos a Bogotá.

Con respecto al sistema de comunicaciones, el aumento del número de vehículos, que no va acompañado de una ampliación de vías, genera caos y congestión vehicular sobre las vías barriales y sobre las principales. Allí donde residía una familia, que poseía un vehículo, ahora viven 105 familias que poseen dos vehículos, como resultado de medidas poco eficaces como la restricción según el número de placa. Adicionalmente, los altos costos del combustible han incidido fuertemente en la disminución del precio de los automóviles, lo que

lo hace accesibles para un mayor número de personas. Vale la pena citar que en el año 2007 se batió el récord de ventas de vehículos privados en Bogotá, lo cual va en detrimento del uso del transporte público.

Finalmente, el crecimiento urbano lleva a la expansión urbana y a la incorporación de suelos agrícolas al suelo urbanizable y construible. La pérdida de suelos cultivables aumenta el valor de los productos alimenticios debido a la escasez de alimentos y a las mayores distancias entre los centros de producción y de consumo, asimismo con el aumento del suelo impermeable la escorrentía natural del terreno se pierde y con ella la recarga de los acuíferos subterráneos disminuye, sin mencionar la tala de árboles que reduce la captación de CO₂ y la producción de oxígeno.

PRODUCCIÓN LIMPIA

Desde este enfoque, la industria de la construcción tiene efectos negativos sobre los recursos naturales. Además de la degradación del suelo donde se asientan los nuevos proyectos, se deben examinar en detalle los impactos producidos por la fabricación de los materiales constructivos en conjunto y los gastos energéticos que implica la construcción de 1 m².

De acuerdo con los datos del Plan de Ordenamiento Territorial (POT)⁴ de Bogotá, en el año 2005 el número total de predios era de 1.833.994 y el total de viviendas en el año 2003 era de 1.825.090, lo que significa un incremento de 8.904 predios en 2 años.

El perímetro urbano de Bogotá, según el Acuerdo N° 6 de 1990 era de 28.153 hectárea (ha), de las cuales 22.554 se encontraban desarrolladas y 1.214 pertenecían a parques metropolitanos. El POT definió un nuevo perímetro con 36.232 ha de las cuales 30.110, están desarrolladas, lo que implica un incremento de tamaño de 26,74% en 10 años con un promedio de 2,67 ha/año, con una densidad de 62.570

viviendas por hectárea (ha). Este aumento de tamaño contribuye a la pérdida de valor ecológico y de suelo cultivable, toda vez que la expansión de la ciudad se hace sobre los suelos fértiles de la sabana, esta expansión también contribuye al aumento de las emisiones de CO₂ al incrementarse la necesidad de transporte motorizado, sea este público o privado.

El uso de materiales está directamente relacionado con la expansión urbana, cuando el POT habla de un total de 30.110 ha desarrolladas, se refiere a que se encuentran construidas, aunque no se conoce el tipo de construcción. De acuerdo con datos de la Cámara Regional de la Construcción de Bogotá y Cundinamarca (CAMACOL), en enero de 1998 se aprobaron licencias de construcción para 207.118 m², de los cuales 162.288 (78,35%) fueron para vivienda y en abril de 2008 se aprobaron 595.231 m² de construcción, de los cuales 310.817 (52,21%) fueron para vivienda, de donde se puede deducir que el 72% de los materiales de construcción vendidos en enero de 1998 estaban destinados al sector vivienda y el 52,21% de los materiales vendidos en abril de 2008 se destinaron al mismo sector.

Según algunos textos, se ha establecido que un Neanderthal consumía aproximadamente 6 t de materiales al año, en lo que se conoce como la capacidad de acarreo. Un ciudadano alemán del siglo XXI consume unas 90 t al año. Según estimaciones de la Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos (ANEFA) en España, una persona consume a lo largo de su vida cerca de 850 t de áridos, equivalentes a 10.000 veces su peso.

Se estiman 2 t de material por metro cuadrado (m²) de construcción, de suerte que el consumo de materiales áridos, como arena, cemento, gravilla, prácticamente se duplicó en 10 años, aumentando fuertemente la presión sobre los recursos naturales. En igual sentido, estos materiales llevan implícita una producción de CO₂ y un consumo energético importante, según se aprecia en la Tabla N° 1 de Emisiones de CO₂ y Consumo Energético en la Construcción.

De acuerdo con este cuadro, la producción de CO₂ es de 555 kg por metro cuadrado (m²), es decir, la aprobación de 595.231 m² de construcción en abril de 2008 equivale a una producción 3.300.579,39 t de CO₂. Es de anotar que Colombia, como país firmante del protocolo de Kioto que entró en vigencia en enero de 2008, asumió el compromiso de reducir la producción de gases de efecto invernadero, el CO₂ es el principal y el CH₄ es el segundo, en un 5,2% por debajo de lo que producía en 1990. Evidentemente este sector no contribuye para nada en el logro de esta reducción.

Tabla N° 1: Emisiones de CO₂ y consumo energético de la construcción

Capítulo	Emisiones		Energía		Peso	
	Kg CO ₂ /m ²	%	MJ/m ²	%	Kg/m ²	%
Cimientos y muros de contención	93,67	16,9	1.018,23	17,5	793,21	36,6
Estructuras	168,88	30,4	1.912,80	32,8	556,06	25,6
Cerramientos primarios: cubiertas y fachadas	102,99	18,5	1.187,99	20,4	606,19	28
Divisiones y elementos interiores primarios	25,54	4,6	340,7	5,8	38,74	1,8
Acabados exteriores	9,84	1,8	105,46	1,8	6,9	0,3
Acabados interiores	35,94	6,5	350,25	6	104,12	4,8
Cerramientos secundarios	58,4	10,5	400,57	6,9	2,61	0,1
Divisiones y elementos interiores secundarios	0	0	0,03	0	0,02	0
Saneamiento, aguas grises y drenaje	16,43	3	125,25	2,2	39,57	1,8
Red de agua fría, caliente y grises	5,96	1,1	47,6	0,8	1,96	0,1
Electricidad y alumbrado	17,13	3,1	145,01	2,5	13,34	0,6
Gas/combustible	0,24	0	2,36	0	0,02	0
Climatización y ventilación	14,25	2,6	139,42	2,4	2,95	0,1
Instalaciones audiovisuales, datos	1,6	0,3	11	0,2	0,52	0
Protección contra incendios	1,31	0,2	11,1	0,2	0,34	0
Equipamiento fijo	3,2	0,6	35,96	0,6	1,93	0,1
Total	555,38	100,1	5.833,73	100,1	2.168,48	99,9

Fuente: Ministerio de Vivienda de España. Sobre una estrategia para dirigir al sector de la edificación hacia la eficiencia en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

MERCADOS VERDES

Una vez terminado el proyecto y ocupada la vivienda, ésta sigue demandando servicios ambientales, consumiendo energía y produciendo dióxido de carbono durante toda su vida útil.

Colombia tiene una alta dependencia energética, según se aprecia en las Tablas N° 2 y 3 de consumo de energía en el sector vivienda por tipo de combustible, pasando de un 44,9% en el quinquenio de 1975-1979 a un 71,98 en el quinquenio de 1990-1996, con un crecimiento del 1,35% promedio anual, debido principalmente al incremento del uso de electrodomésticos; la Asociación Nacional de Industriales ANDI estimó el consumo de energía per cápita en 817 Kw/h/habitante durante los años 2001 y 2002.

Tabla N° 2: Promedio total nacional anual

Años	Leña	Energía eléctrica	Gas licuado	Kerosene	Gasolina	Gas natural	Total
75-79	0,69	11,05	-5,27	-4,39	13,2	29,71	44,99
80-84	1,05	6,51	6,64	-9,15	-0,04	68,61	73,62
85-89	0,33	6,48	3,48	15,27	4,74	31,49	61,79
90-96	72	2,7	5,52	-12,15	-14,42	18,33	71,98
75-96	0,85	6,28	3,94	-7,45	-3,02	34,44	35,04

Fuente: UPME. Colombia. Tasa de crecimiento consumo energía a escala nacional por tipo de combustible (promedio anual).

Tabla N° 3: Promedio urbano nacional anual

Año	Leña	Energía eléctrica	Gas licuado	Carbón mineral	Gasolina	Gas natural	Total
75-79	0,69	11,79	-5,27	1,08	13,2	29,71	51,2
80-84	1,05	6,72	6,64	-6,89	-0,04	68,61	76,09
85-89	0,34	5,94	4,74	8,92	4,74	31,49	56,17
90-96	2,33	1,12	5,51	-3,44	-17,46	18,33	6,39
75-96	1,31	6,23	3,94	-0,73	-4,02	34,44	41,17

Fuente: UPME. Colombia. Total urbano. Tasa de crecimiento consumo energía a escala nacional por tipo de combustible (promedio anual).

De igual manera, el crecimiento del número de vehículos privados familiares ha venido presentando un crecimiento sostenido. A raíz de su asamblea anual, celebrada en mayo de 2008, los vendedores de vehículos estimaron que las ventas cayeron 3,1% en Colombia en los primeros 4 meses del año.

Entre enero y abril de 2008 se vendieron 75.342 unidades, 2.374 menos que en el mismo período de 2007. No obstante, en el mes de abril se vendieron 20.991 automotores, lo que significó un incremento del 9,7% con respecto al mismo mes en 2007, en el cual “las tres ensambladoras existentes en Colombia vendieron un total de 253.036 vehículos, con crecimiento de 27,6% frente a 2006 cuando la cifra llegó a 198.184 unidades”.⁵

La energía consumida por la vivienda depende principalmente del usuario y de la cantidad de aparatos electrodomésticos que posea, como se detalla en la Tabla N° 4 de consumo energético y producción de CO₂ en aparatos electrodomésticos, así como del diseño de la misma en cuanto a implantación, localización respecto al sol y los materiales utilizados.

La energía utilizada por los desplazamientos en vehículo particular es función del diseño urbanístico y de la utilización del transporte público por parte de los ciudadanos. Uno de los atractivos de todo proyecto de vivienda u oficinas es el número de plazas de parqueo disponibles. En efecto, la proliferación de centros comerciales incentiva el uso del vehículo particular y el fenómeno de construcción de nuevas urbanizaciones en el sector rural de las ciudades, en poblaciones aledañas cercanas, esto es posible gracias a que quienes allí habitan poseen entre dos y tres vehículos particulares para desplazarse a sus lugares de trabajo o estudio en la ciudad.

**Tabla N° 4: Consumo energético y producción de CO₂
en aparatos electrodomésticos**

	Consumo diario de energía		Emisiones diarias de CO ₂	
	Kw/h	%	kg CO ₂	%
Calefacción	15,12	46,00	3,45	34,00
Agua caliente	6,58	20,00	1,50	15,00
Electrodomésticos	5,26	16,00	2,39	24,00
Cocina	3,29	10,00	1,49	15,00
Iluminación	2,30	7,00	1,04	10,00
Aire acondicionado	0,33	1,00	0,15	1,00
Total	32,88	100,00	10,02	99,00

Fuente: Cálculos propios con base en datos de la Fundación Ecología y Desarrollo ECODES.

Como se puede observar, el sector automotor y el sector vivienda son los de mayor crecimiento en los últimos años. En términos generales se estima que el sector residencial es responsable del consumo del 31% de la energía generada por un país y a escala mundial, la producción y el consumo energético son responsables del 80% de las emisiones de CO₂, siendo, en consecuencia, el consumo de energía convencional uno de los principales causantes del calentamiento global debido a las emisiones de gases de efecto invernadero.

A las consideraciones anteriores se debe agregar el fenómeno de los “edificios enfermos”, llamados así debido a las patologías características que presentan sus ocupantes, debido a diversas causas como el humo de cigarrillo, el uso de los sistemas de ventilación artificial y de aire acondicionado, los campos electromagnéticos generados por los computadores y las máquinas de reprografía, la gran cantidad de materiales sintéticos de acabado, y los pegantes y adhesivos utilizados, así como los sistemas de iluminación con base en tubos fluorescentes y de luz blanca o fría en general.

LA SITUACIÓN ACTUAL

Como se puede observar, el sector de la construcción lleva implícitos una gran cantidad de riesgos ambientales, directos e indirectos, sin que se hayan llevado a cabo acciones contundentes por parte de las agremiaciones concernidas, entre ellas las de usuarios, o de las autoridades competentes.

La preocupación mundial por la grave situación de deterioro del planeta ha llevado en los últimos años a despertar la conciencia ambiental, de la cual lastimosamente la economía y el mercado se han apropiado muy rápidamente como elemento desequilibrante de mercado, ofreciendo productos verdes, sostenibles o sustentables sin que realmente lo sean o que no cumplen con los mínimos requisitos de calidad ambiental.

En el sector de la construcción verde o sostenible, a escala internacional existe el Consejo Mundial de Construcción Verde (World Green Building Council, WorldGBC), entidad rectora a escala mundial, fundada en 1998, a partir del US Green Building Council, fundado en 1993. Los consejos fundadores del Consejo Mundial fueron el US Green Building Council, el Green Building Council of Australia, Spain Green Building Council, United Kingdom Green Building Council, Japan Green Building Council, United Arab Emirates y Russia.

Los objetivos generales de largo plazo del WorldGBC son:

1. Crear un mercado global para los edificios verdes a través de la creación de consejos nacionales de edificios verdes.
2. Ser la máxima voz global para las publicaciones de edificios verdes.
3. Representar no menos del 60% de la industria global con estas características a través de los consejos de construcción verde de los países.
4. Tener una presencia dinámica como principal portal de las noticias globales sobre edificios verdes.
5. Tener relaciones de colaboración con el resto de las organizaciones globales complementarias.

Actualmente son miembros del Consejo Mundial, los consejos de Australia, Brasil, Canadá, España, Emiratos Árabes, Estados Unidos, India, Japón, México, Nueva Zelanda y Reino Unido. Adicionalmente, varios países se encuentran en diferentes etapas de conformación de consejos nacionales como: Argentina, Chile, Guatemala, Costa Rica, Panamá, Egipto, Alemania, Grecia, Hong Kong, Nigeria, Filipinas, Suiza, Turquía, Vietnam y Singapur. Este movimiento está tomando fuerza en el mundo y aspira contar con 100 países miembros en los próximos 3 años. Recientemente, Colombia pertenece al Consejo en calidad de socio emergente a través del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, organización no gubernamental, con personería jurídica propia y debidamente inscrita ante la Cámara de Comercio.

Para garantizar la sostenibilidad del proyecto urbanístico y/o arquitectónico, los diferentes países miembros poseen sistemas de etiquetado ambiental y sistemas de calificación del desempeño ambiental de las edificaciones como el LEED del Consejo Norteamericano de Construcción Verde, el CASBEE del Consejo Japonés, el Green Star Australiano o el Breeam Británico.

Algunos países no miembros del WorldGBC como Finlandia, por ejemplo, poseen sistemas propios como el método Pimwag, diseñado para la ecourbanización Viikki en Helsinki o la Etiqueta de Eficiencia Ambiental de la Unión Europea, que mediante la Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, del 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un certificado de eficiencia energética que deberá incluir información objetiva sobre las características energéticas de los edificios de forma que se pueda valorar y comparar su eficiencia energética, con el fin de favorecer la promoción de edificios de alta eficiencia energética y las inversiones en ahorro de energía.

AVANCES EN COLOMBIA

Colombia, a través del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, está estudiando la posibilidad de implementar el sistema norteamericano LEED debido a sus similitudes con el contexto nacional.

Este sistema consta de seis capítulos, créditos optativos y siete prerequisites de obligatorio cumplimiento, como se explica a continuación:

- Lugares sostenibles.
- Uso eficiente del agua.
- Energía y atmósfera.
- Materiales y recursos.
- Calidad ambiental interior.
- Procesos de innovación y diseño.

El proceso de evaluación otorga un punto por cada crédito además del cumplimiento obligatorio de los prerequisites. El mínimo puntaje es de 40 para ser certificado y el máximo posible de obtener es de 69 créditos para lograr la categoría platino.

CONCLUSIONES

La industria de la construcción contiene suficientes elementos de producción como ser tenida en cuenta en los procesos de producción limpia y es uno de los renglones de la economía que mayores impactos ambientales produce a lo largo de todo el proceso de fabricación como durante su vida útil.

Los procesos de explotación de recursos naturales, la transformación, producción y fabricación de la mayoría de los materiales constructivos tienen una gran carga ambiental que no se ha contabilizado adecuadamente y que nunca se incluye en los costos del proyecto. Todos

los profesionales involucrados, proyectistas, constructores, contratistas, financiadores y vendedores tienen una deuda con la humanidad y con el planeta.

El diseño urbano se realiza partiendo del uso del automóvil como si este elemento fuera parte de la arquitectura, todos los proyectos de expansión urbana llevan implícito el componente de movilidad, el cual se soluciona con un determinado número de cupos de parqueo. Todo proyecto exitoso debe prever un gran número de plazas de parqueo para residentes y visitantes, pero ignoran los costos ambientales de tales determinaciones.

Aún no se ha incorporado la tecnología de las telecomunicaciones como alternativa a la sostenibilidad urbana, gracias a los sistemas virtuales como el correo o Internet es posible desarrollar el trabajo desde el lugar de residencia sin tener necesidad de desplazarse fuera de ella, el problema no es tecnológico, sino un problema ético y moral, pero sobre todo un problema de decisión política. En efecto, podrían otorgarse subsidios, como rebaja de impuestos o tarifas preferenciales a todos aquellos empresarios que dejan sus oficinas y trasladan sus lugares de trabajo constituyendo redes virtuales desde sus hogares. Además de los ahorrados en transporte y combustible, existen costos ambientales como la mejora de la calidad del aire y costos sociales como un aumento en la calidad de vida al poder los padres estar más tiempo con sus hijos. Ya estas generaciones disfrutaron de las riquezas naturales que el planeta tenía disponibles, pero es a sus hijos a los hijos de sus hijos a quienes les corresponderá pagar la factura por el bienestar logrado por las generaciones pasadas.

Colombia debe entrar cuanto antes en la senda de la producción limpia y de los mercados verdes en el sector de la construcción.

NOTAS

¹ Departamento Nacional de Estadística.

² PNUD, PNUMA, Banco Mundial y WRI. *Recursos Mundiales 2000-2001*. Abril de 2000. Capítulo 2, p. 145.

³ Von Bertalanffy Ludwig. *Teoría general de los sistemas. Una introducción a la Dinámica de Sistemas...* 1ª ed. México: Fondo de Cultura Económica, 1976. En español.

⁴ Plan de Ordenamiento Territorial. Alcaldía de Bogotá. 2000.

⁵ Ver: http://www.eluniversal.com.co/noticias/20080521/ctg_eco_venta_de_carros_en_colombia_bajo_en_prim.html.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Decreto N° 416 de 2002. Bogotá: 2002.

Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Plan de Ordenamiento Territorial. 2000.

Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de áridos. <http://www.medioambienteyaridos.org/> [07-12-2008].

Consejo de Bogotá D.C. Acuerdo N° 6 de 1990. Bogotá: 1990.

LEAL DEL CASTILLO y GABRIEL ENRIQUE. *Introducción al ecourbanismo, el nuevo paradigma*. Bogotá D.C.: ECOE, 2004.

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, República de Colombia. Estadísticas económicas. Abril de 2007.

Ministerio de Vivienda, España. *Sobre una estrategia para dirigir al sector de la edificación hacia la eficiencia en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI)*. Universidad Politécnica de Calunya: octubre de 2007.

PNUD, PNUMA, Banco Mundial y WRI. *Recursos Mundiales 2000-2001*. Abril de 2000.

USGBC. *Green Building Rating System For New Construction & Major*

Renovations. Versión 2.2. Reference Guide Third Edition: octubre de 2007.

VON BERTALANFFY LUDWIG. *Teoría general de los sistemas. Una introducción a la Dinámica de Sistemas...* 1ª ed. México: Fondo de Cultura Económica, 1976. En español.

Páginas Web:

<http://www.camacolcundinamrca.org.co>

<http://www.ecodes.org>.

<http://www.eluniversal.com.co/noticias/> [21-05-2008]

<http://www.ideam.gov.co> [07-06-2008]

<http://www.medioambienteyaridos.org/> [07-12-2008]

<http://www.uni-weimar.de/scc/PRO/EVA/fin-pim.html>

CAPÍTULO 7

BASES PARA LOS CRITERIOS E INDICADORES DE LA VIVIENDA SUSTENTABLE EN MÉXICO

David Morillón Gálvez

RESUMEN

En este documento se presentan las bases para emitir los criterios, indicadores y parámetros para la vivienda sustentable en México, las experiencias en la construcción de viviendas y conjuntos habitacionales bioclimáticos en los últimos 30 años en México (Morillón y Rodríguez, 2006), demandan sistemas de criterios y certificación que permitan, además del diseño bioclimático, el ahorro de energía, el aprovechamiento de las energías renovables, el ahorro de agua, manejo de los residuos, entre otros. Los antecedentes sobre el tema sirven de base para las acciones, programas y proyectos que actualmente se realizan con el fin de masificar las viviendas de interés social sustentable. En las acciones se tiene la normatividad oficial mexicana, que obliga a considerar elementos pasivos como el control solar, la orientación y las características térmicas adecuadas de

los materiales y sistemas constructivos, utilizados en techos y muros por ciudad y zona climática. En cuanto a los programas se presentan los tres más grandes: La Casa Nueva/La Comunidad Nueva, el Programa de la Vivienda Sustentable y el Diseño Bioclimático en Desarrollos Habitacionales, encabezados por el Gobierno Federal, con el principal objetivo de instaurar en el mercado una vivienda económica, energéticamente eficiente y ecológicamente adecuada. Con la participa de la iniciativa privada (constructoras o desarrolladoras de vivienda), en los proyectos se identificó la necesidad de la “hipoteca verde” para financiar la tecnología, el diseño bioclimático, la innovación tecnológica, etc., de la vivienda de interés social, ante ello el INE-INFONAVIT emite la “hipoteca verde”, con base en la evaluación de tecnologías para la vivienda realizado por el autor en dos etapas, ello es importante porque el sector ha crecido en los últimos 6 años en 3 millones y pretende crecer en 6 millones de vivienda al 2012. Ello implica requerimientos de agua potable, electricidad, gas, etc., con el consecuente impacto ambiental que implica el uso de los recursos naturales, por lo que se requiere dirigirse a la vivienda sustentable, pero bajo criterios, indicadores y parámetros uniformes para el país, es por ello que la CONAVI solicitó al II-UNAM propusiera lo mismo.

INTRODUCCIÓN

La adecuación de la vivienda o el edificio en general al clima se ha intentado desde los tiempos de nuestros antepasados, en cuyas construcciones se advierte el conocimiento empírico para adecuarse a las condiciones climáticas y el logro de cierto confort térmico (Carrasco A. y Morillón D., 2005). Actualmente, sin embargo, se ignoran tales conocimientos, en pro de un malentendido progreso, ya que por desgracia, esta lógica de adecuación al medio se perdió con la llegada del progreso, notorio en el impacto ambiental, económico y energético.

Por las diversas condiciones climáticas presentes en México (Morillón, 2004) y la estandarización de estilos en el ámbito mundial (conocida como “arquitectura internacional”), se provocan problemas o costos para lograr la habitabilidad en algunas regiones del país, cuando no se realiza una adecuación al ambiente particular de cada región. Los problemas que acarrea son el uso irracional de sistemas mecánicos de climatización, lo cual provoca un uso ineficiente de la energía, lo que afecta directamente la economía de los usuarios de las viviendas o las condiciones dentro de ella al estar fuera de las de confort; esto se ha encontrado en varios diagnósticos térmicos y energéticos realizados por el autor.

Las condiciones climáticas prevalecientes en México son: cálido-seco en el Norte, cálido húmedo en las costas (al Pacífico y al Atlántico), y templado en el centro y partes altas del país. Si se suma la superficie con condiciones de calor, representa las dos terceras partes del total nacional. El verano dura entre 6 y 7 meses y el invierno máximo 3 meses; ante dicho escenario el problema a resolver en México es: el calor.

Conscientes de este problema, los profesionistas de las múltiples disciplinas encargadas de proveer al hombre de los espacios habitables han desarrollado algunos diseños bioclimáticos, como una respuesta para lograr la armonía entre la vivienda y el ambiente.

En vista de lo anterior, el objetivo de este trabajo consiste en presentar criterios, indicadores y parámetros que permitieron aprovechar o, en su defecto, protegerse de las condiciones climáticas; analizar la normatividad que nos llevará a tener presentes los conceptos bioclimáticos; enumerar los beneficios para usarlos como valor agregado para la venta de los proyectos de vivienda y, por último, presentar las acciones, programas y proyectos que actualmente se realizan en México para lograr viviendas sustentables de forma masiva.

ANTECEDENTES

En México existen más de 26.000.000 de viviendas de tipo rural y urbana (ENIGH, 2006). Se estima un déficit de 8.000.000, por lo que se intensifican los programas de vivienda, principalmente la urbana. No obstante, el problema es el uso de los mismos patrones constructivos de las viviendas, con condiciones térmicas y energéticas desfavorables y, en consecuencia, ambientales.

Sin embargo, se han hecho algunos intentos para que dicho patrón cambie, tanto por la iniciativa privada como en algunos proyectos del Gobierno.

Caben resaltar algunos proyectos construidos con criterios bioclimáticos y ecológicos en el país: uno de los primeros complejos fue en Tlaxcala, a finales de los 70, con criterios ecológicos para zonas suburbanas. Posteriormente, una de las instituciones encargadas de la construcción de la vivienda de interés social, el Instituto de Fomento Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), realizó prototipos bioclimáticos en tres diferentes climas, el criterio fue aprovechar el sol mediante las llamadas “ecotécnicas”, así como los materiales con características de amortiguar el calor y retrasar el efecto de la temperatura exterior, al mismo tiempo en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Guadalajara se construyó un prototipo de vivienda bioclimática. A gran escala se tiene el fraccionamiento de tipo residencial “Los Guayabos” en Guadalajara.

Hacia el año 2000 se construyeron más de 100 casas en Ciudad Juárez (Fig. N° 1), las cuales tienen sistemas de aprovechamiento de la energía solar para climatización y calentamiento de agua, así como ventilación subterránea y elementos sombreadores, reuso de aguas grises, tratamiento de agua y ahorro de energía con dispositivos eficientes de iluminación, entre otros. Este proyecto de la iniciativa privada tuvo apoyo, para el sobre costo, del INFONAVIT, que otorgó al constructor un 7% más de lo estipulado para créditos de

casas de interés social por incluir dichas tecnologías, este proyecto se acerca al criterio de “vivienda sustentable”. Entre los sistemas pasivos utilizados se tiene la ventilación natural a través de piso para enfriar el aire y la descarga de calor por medio de una chimenea solar, además, dichos proyectos cuentan con sistemas de aprovechamiento de calentamiento de agua con energía solar, así como calentamiento de aire para climatización.

Las viviendas fueron monitoreadas y la gente acepta que la vivienda es más confortable, ahorradora de energía y agua. El resultado motivó a que la empresa constructora, sin requerir el apoyo para el sobre costo, invierta en este tipo de viviendas, participando en el proyecto piloto de la vivienda sustentable de la CONAVI, y lo más importante es que la gente las busca.



Fig. N° 1: vivienda ecológica en Ciudad Juárez, Chihuahua.

Por otro lado, se tiene el caso de las viviendas que se construyeron en la ciudad de México y el Estado de Morelos (aproximadamente 100 en cada lugar). Con solo una orientación adecuada para tener menos áreas expuestas a la radiación solar, se logran condiciones de confort y el cumplimiento de la futura normatividad sobre el tema.

En Colima hay dos fraccionamientos que buscan, mediante el empleo de techos altos o doble altura la ventilación natural, lograr la mejora del comportamiento térmico de la vivienda. Por otro lado, en Mexicali se construyeron 1.800 viviendas, cuya característica principal es el ahorro de energía, mediante la tecnología eficiente para climatización e iluminación, además del mejoramiento térmico de la vivienda mediante el aislamiento térmico del techo. Además de contar con varias experiencias en diversas zonas rurales y suburbanas con diseños bioclimáticos y sustentables de viviendas.

Con las experiencias obtenidas se explora el tener formas masivas para lograr que la vivienda de México sea sustentable; se llevan a cabo acciones, programa y proyectos en los rubros, difusión, capacitación, normas, proyectos nuevos y adecuación, tanto para viviendas nuevas como las existentes. En el último caso se tiene un programa de adecuación térmica y energética, el programa FIPATERM de CFE y el FIDE, que consiste en aislar el techo, doble vidrio en las ventanas, cambiar la tecnología de iluminación incandescente por lámparas compactas fluorescentes y el equipo de aire acondicionado obsoleto por el de alta eficiencia. Hasta la fecha se han mejorado más de 100.000 viviendas y últimamente se ha incorporado a este programa el cambio del refrigerador de más de 5 años de antigüedad por uno reciente que, de acuerdo con la normatividad vigente, consume menos energía.

ACCIONES

Entre las diferentes fuentes de ganancia de calor de una vivienda o edificio en general, las más significativas se pueden controlar mediante el adecuado diseño de la envolvente del edificio: calor por conducción a través de los muros y techos, y por radiación solar que penetra a través de los vidrios de las ventanas y domos o tragaluces. Ante ello, la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), órgano del Gobierno Federal, lleva a cabo la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas (NOM), normas obligatorias para el ahorro de energía en los edificios, desde su diseño mismo.

Las NOM enfocadas a la edificación no tratan de aislamiento térmico solamente, sino que incluyen sistemas pasivos, tales como las protecciones solares en ventanas: aleros, partesoles y remetimientos, así como especificaciones de áreas mínimas para tragaluces, efectos de la orientación, además de las características térmicas de los materiales de construcción necesarios para cada clima, por localidad y, por último, el impacto o efecto de la orientación de la vivienda.

NORMAS OFICIALES MEXICANAS

Se tienen dos normas relacionadas con el comportamiento térmico de los edificios, con el objetivo de limitar la ganancia de calor de las edificaciones a través de su envolvente, para racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento:

- La NOM-008-ENER-2001: eficiencia energética en edificaciones “Norma para la envolvente de edificios no residenciales”, en vigor desde agosto del 2001.
- NOM-020-ENER: eficiencia energética en edificaciones “Norma para la envolvente de edificios residenciales”, en anteproyecto.

Para cumplir con la especificación de la NOM-020-ENER, se tiene que evaluar un presupuesto energético (método de prueba). El presupuesto

energético de la envolvente de la vivienda proyectada debe especificarse de tal manera que la ganancia de calor (ϕ_p) a través de su envolvente resulte menor o igual a la ganancia de calor que la que se presenta en la envolvente de la vivienda de referencia (ϕ_r), es decir:

$$\phi_p \leq \phi_r$$

Con varios de los materiales innovadores utilizados adecuadamente en muros y techos, se cumpliría con las normas. Se puede presentar un problema en el caso que se opte por los materiales aislantes, puesto que si aumentáramos el valor de la resistencia térmica (R), de manera que los sistemas constructivos utilizados en la mayor parte del país, aprueben las normas, estaremos también incrementando de manera importante el costo de la vivienda (basta recordar que una de las maneras más comunes para aumentar el valor R es a través del uso de aislamiento o un tipo de vidrio con tratamiento especial, a un costo más elevado).

Sin embargo, lo que sí resulta evidente es la necesidad de mejorar de manera urgente, la envolvente de los edificios y viviendas de nuestro país. Una de las opciones, es el uso de materiales de poca densidad, lo cual, se traduce en resistencia a que pase el calor. Con esta sola medida, las ganancias que generalmente significan de manera directa, incremento en el consumo de energía eléctrica, vía los equipos de aire acondicionado (en la mayoría de los casos, poco eficientes) se limitan, logrando el ahorro de energía.

PROGRAMAS DE DESARROLLO DE VIVIENDA SUSTENTABLE

LA CASA NUEVA (LCN)

La Casa Nueva (LCN) es un proyecto de cooperación científica y tecnológica de América del Norte que surge de un programa propuesto por el Grupo de Expertos en Ciencia y Tecnología del Grupo de

Trabajo de Energía de América del Norte (GTEAN). Trata de fomentar el acceso a la vivienda económica, energéticamente sustentables y ecológicamente eficientes y unir esfuerzos de los tres países, para compartir el conocimiento y facilitar demostraciones y despliegue de tecnología apropiada.

La justificación del programa se basa en que existe una demanda explosiva de viviendas en las regiones del Norte y Sur de México, con climas extremos. La demanda de vivienda se convierte en mayores demandas de energía eléctrica. Además, México tiene compromisos con la reducción de gases invernadero y otros temas ambientales.

LCN se dedica a mejorar el estándar de vida y la calidad de vida de manera sustentable. El programa LCN enfatiza el uso de la energía, pero se hace un enfoque holístico e integral. Se trata, por tanto, de asegurar viviendas sustentables para satisfacer las metas nacionales de carácter social, cultural, económico y ambiental. La filosofía del programa es construir asociaciones internacionales extensivas y duraderas con participación del gobierno, la academia y la industria. El reto es importante pues México necesitará un incremento de la demanda eléctrica de 5,6% anual, lo que significa aumentar la capacidad de generación en unos 32 GW para 2010.

Desde la perspectiva internacional, se trata de identificar y promover diseños y desarrollos avanzados y propiciar las herramientas financieras y de otro tipo que los aseguren. Aunque el programa se enfoca en México es de esperar que los resultados sean aplicables a otras naciones de rápido desarrollo y en algunos casos específicos de Estados Unidos y Canadá.

LCN es también “Comunidad”: “*La Casa Nueva*” es el término preferido para designar las viviendas y edificios que habrán de construirse, en tanto que “La Comunidad Nueva” define los elementos vecinales de la iniciativa. El desempeño energético en el ciclo de vida es un elemento crucial pero la sustentabilidad general de las comunidades es

central para el éxito en el largo plazo. El programa explora opciones para mejorar diseños tradicionales así como diseños alternos para casas tradicionales y comunidades en red y fuera de red.

LCN es de interés social pues se enfocó a casas de interés social (15.000 a 30.000 dólares y 40-80 m²), principal campo de las constructoras para los próximos años.

Existen cuatro elementos principales dentro de LCN: investigación, ensayos, demostración e implantación, que asegurarán las bases técnicas, industriales y financieras para producir la transformación requerida. La investigación reúne equipos de expertos para identificar opciones y definir rutas de acción. Proporcionará retroalimentación constante. Las áreas temáticas incluyen abasto de energía y distribución; suministro, tratamiento y reuso del agua; diseño de la comunidad y de las casas; financiamiento e instrumentos de política.

Otros elementos de LCN son: el *ensayo*, pues conducirá evaluaciones rigurosas de los enfoques recomendados; el *parque de innovación*, que asegurará que las innovaciones se evalúan en campo antes de demostrarlas; la *demostración*, con una comunidad de al menos 100 casas, con los mejores elementos ecológicos que emanen de las dos anteriores acciones; la *adopción/implantación*, que integrará los resultados, con herramientas de diseño, estándares de funcionamiento, entrenamiento, aseguramiento de calidad, NOM, opciones financieras y de políticas, etiquetado y otras estrategias para propiciar la transformación, e incluye la comunicación y promoción con inversionistas, constructores y usuarios potenciales para crear la demanda de estas viviendas.

El proyecto en su generalidad será auspiciado conjuntamente por las dependencias de energía de México (SENER), Estados Unidos (DOE/Laboratorios Sandía) y Canadá (Natural Resources Canadá). Estas agencias proveerán la dirección general y reclutarán socios

adicionales para el programa. Otros actores mexicanos son: en el tema de I + D, los tres principales institutos del sector, en dos institutos de la UNAM y en otras instituciones (UAM, Universidad de Colima, UABC...). En financiamiento y normatividad hay mucha experiencia en FIDE y CONAE. Hay acciones y experiencia también en otras instituciones, particularmente empresas constructoras, como el caso de PULTE, URBI, GEO e ICA (Fig. N° 2) en el fomento a la vivienda ecológica, ahorradora de electricidad, sustentables y bioclimáticas y demás.

Proyectos del programa LCN: ICA (Fig. N° 2), elementos, vivienda bioclimática; con sistemas de descarga de calor, control solar, orientación y materiales de construcción adecuados, calentamiento de agua con energía solar, algunas viviendas fueron construidas en Ciudad Juárez (Chihuahua, México).



Fig. N° 2: vivienda bioclimática Paquimé de ICA.

LA VIVIENDA SUSTENTABLE

Nueva gestión ambiental es un programa que se inició por la entonces Comisión Nacional para el Fomento a la Vivienda (CONAFOVI), actualmente Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI). El Gobierno Federal está llevando a cabo el más ambicioso programa de construcción de vivienda que se haya emprendido hasta la fecha. Contempla atender las necesidades de vivienda de 1.000.000 de nuevas familias al año (Fig. N° 3).

Se ha propuesto lograrlo promoviendo el uso sustentable de los recursos naturales, especialmente la eficiencia en el uso del agua y la energía, para lo cual se ha firmado un convenio de colaboración entre la Secretaría del Medio Ambiente y los organismos nacionales de vivienda, para operar el Programa para el Desarrollo Sustentable de Vivienda. El objeto del convenio es establecer las bases de colaboración entre la SEMARNAT, CONAVI y las ONAVIS: INFONAVIT, FONHAPO, FOVISSSTE y SHF, que garanticen la protección al ambiente y economice el aprovechamiento de bienes y servicios asociados a la ocupación y funcionalidad de la vivienda. El programa inicia con proyectos piloto de las constructoras URBI, PULTE y BRACSA y los Institutos Estatales de



Fig. N° 3: logo del proyecto de vivienda sustentable en Nuevo León.

Vivienda de Nuevo León y Tamaulipas, en las ciudades de Monterrey, Mexicali, Querétaro, Hermosillo, Nuevo Laredo y Acapulco, entre otras, correspondientes a los climas, cálido-seco, cálido-seco extremo, templado y cálido-húmedo (Figs. N° 4, 5, 6 y 7).



Fig. N° 4, 5, 6 y 7: vistas de las viviendas sustentables en Nuevo León.



Fig. N° 5.



Fig. N° 6.

Las partes del proyecto son las prioridades ambientales, las líneas estratégicas y las acciones. Entre las prioridades ambientales se pretende el uso y aprovechamiento sustentable del agua y la energía; el incremento de áreas verdes en los conjuntos; el manejo integral



Fig. N° 7.

de los residuos sólidos urbanos y el mejoramiento de los espacios habitables de la vivienda mediante el diseño bioclimático y la aplicación de ecotécnicas.

Las líneas estratégicas del proyecto son la investigación y transferencia de tecnología; el financiamiento; la capacitación y educación y la información y difusión.

Existen acciones enfocadas al uso de agua, como el empleo de dispositivos ahorradores y reductores en el consumo de agua en la vivienda; esquemas de distribución y almacenamiento de agua, adecuados a las características de presión; acabados permeables en pavimentos y sistemas de captación y aprovechamiento del agua pluvial. Las acciones más relevantes en el uso de energía son los proyectos con diseño bioclimático (ventilación, iluminación y soleamiento); el empleo de materiales con aislamiento térmico; uso de ecotécnicas para la climatización; integración de sistemas ahorradores de energía en iluminación y luminarias, calentadores de agua con energía solar y celdas fotoeléctricas (Figs. N° 8, 9, 10 y 11).



Fotografía de Odón de Buen R. ©

Figs. N° 8, 9, 10 y 11: sistemas de iluminación para ahorro de energía eléctrica.

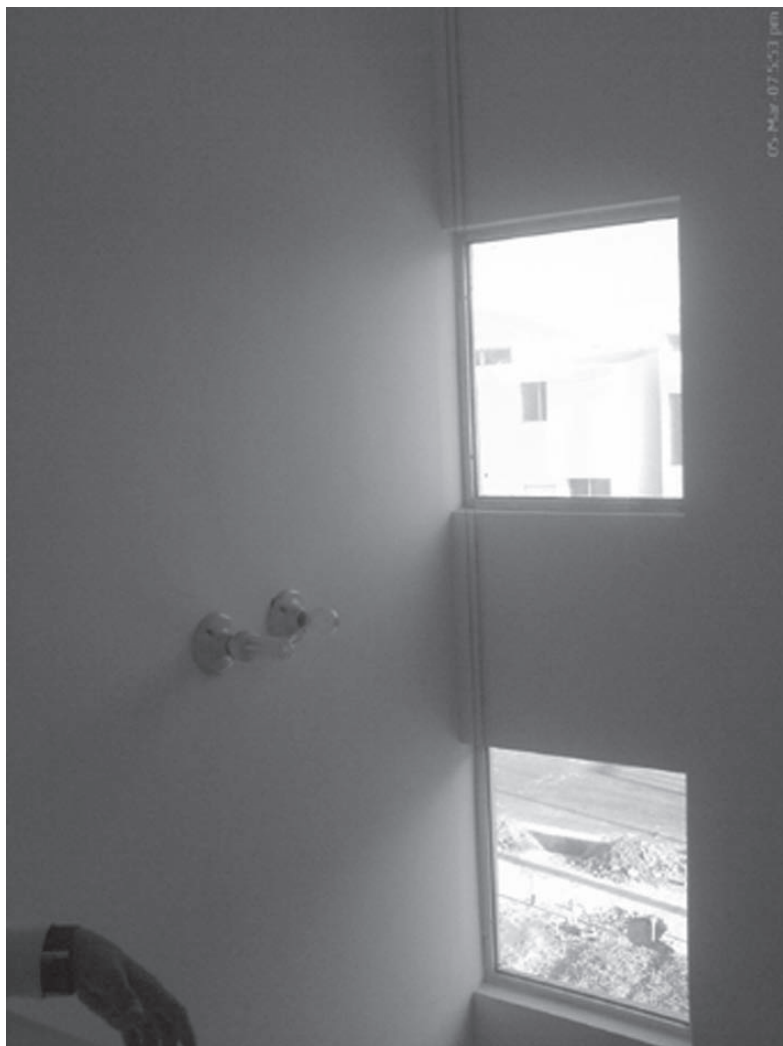


Fig. N° 9.

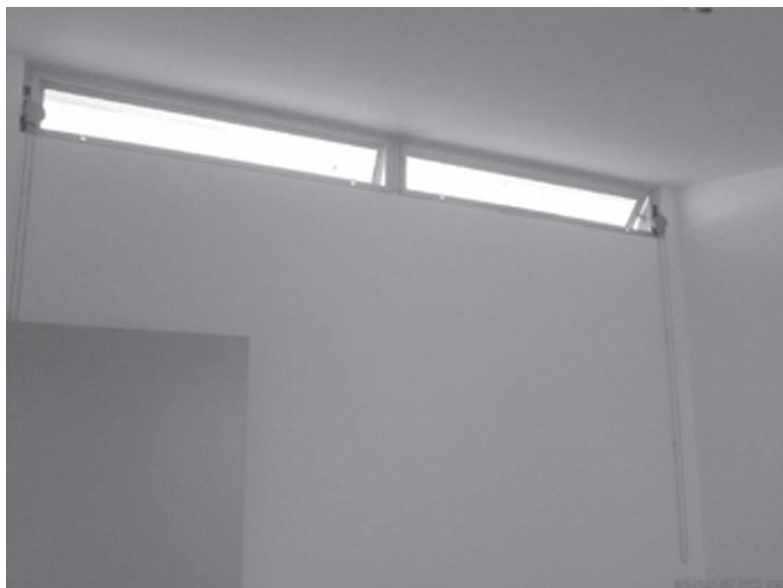


Fig. N° 10.



Fig. N° 11.

En acciones para drenaje destacan la planta de tratamiento de aguas residuales; el sistema de red para aprovechamiento de agua tratada para riego de áreas verdes y el sistema de reciclaje de agua. Para residuos sólidos se propone el equipamiento para la separación y colecta de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos y el equipamiento para la producción de composta.

Finalmente, las acciones para las áreas verdes consisten en la donación y sembrado de dos árboles de especies nativas de la región, por cada vivienda construida y la producción de composta y su reutilización en áreas jardinadas.

En Tabla N° 1 se presentan los beneficios estimados que se obtendrían por incorporar criterios de diseño bioclimático en la vivienda de interés social.

Tabla N° 1: Beneficios energéticos, económicos y ambientales anuales por las viviendas del proyecto piloto del Programa Vivienda Sustentable de CONAVI

Constructora /Ciudad	Número de viviendas	Ahorro de energía (kWh)	Ahorro en facturación (\$)	Reducción de emisiones de CO₂ (Ton)
BRACSA, Acapulco	62	151.900,00	288.610,00	104,78
URBI: Mexicali, Hermosillo, Ciudad Juárez	4476	3.811.761,60	7.337.641,08	2.685,60
PULTE, Querétaro	45	82.708,20	159.213,15	58,05
Estado de Nuevo León	56	102.925,76	198.131,92	72,24
Estado de Tamaulipas	358	657.989,68	1.266.629,06	461,82
Total	4997	4.807.285,24	9.250.225,21	3.342,49

En la Tabla N° 1 se observa que tan solo 5.000 viviendas en un año representan un ahorro de energía de 4.807 MWh, dejando de emitir al ambiente 3.342,49 t de CO₂, si se climatizaran dichas viviendas con aire acondicionado y cuya energía fuera de origen fósil, además de evitar el gasto a los usuarios por conceptos de consumo de energía eléctrica.

Como se observa en la descripción del Programa Vivienda Sustentable, los edificios pueden ser adecuados al ambiente, de bajos costos de operación, mediante la innovación tecnológica y el diseño bioclimático, encaminando a proveer al uso de espacios confortables y funcionales. Por ello, es importante considerar el diseño bioclimático como un aspecto complementario, no suplementario, de la vivienda de interés social, para asegurar que, verdaderamente, se construyan espacios que respeten el entorno natural y permitan el ahorro de energía, la comodidad y el fortalecimiento de la cultura e identidad regional.

Es necesario, entonces, cambiar de paradigma, dejando atrás los proyectos que no toman en cuenta los impactos al ambiente, a la sociedad y al usuario en general, y que se aproveche este tipo de conceptos para encaminarnos hacia una cultura de uso eficiente de recursos y sustentabilidad.

La economía del usuario es un tema central. Se trata de que la suma de sus gastos mensuales correspondientes a la adquisición de su vivienda más los costos de electricidad y gas, en conjunto, disminuyan: Caso ASI-FIPATERM y FIDE. Se pretende dar, adicionalmente, valor agregado a la construcción; el usuario junto con el sector energético capitalizará el ahorro de energía. En una economía de baja inflación, los riesgos financieros son menores y puede imaginarse un financiamiento muy generoso y ganador para todos los actores. Ante ello el INFONAVIT inició un sistema de financiamiento denominado “hipoteca verde”.

Como la hipoteca tiene su base en recursos económicos, en una primera etapa se consideran solamente las condiciones de diseño y tecnologías para que permitan el ahorro de agua y de energía (gas y electricidad), siempre y cuando pueda ser cuantificado el beneficio en dinero ahorrado mensualmente por las mismas, esto es, que se refleje en dinero no gastado por el usuario o habitante de la vivienda en los servicios, el ahorro será un aumento en el monto de crédito que será otorgado por la institución financiadora. Además de cuantificar los beneficios ambientales como la conservación de los recursos naturales y el CO₂ no emitido o evitado, que permita definir el nivel de sustentabilidad de las nuevas viviendas.

El aumento de crédito será el que paguen las tecnologías y el diseño que permita el camino a la sustentabilidad de la vivienda de interés social.

Las tecnologías para el:

Ahorro de gas:

- Calentador solar de agua.
- Calentador de gas instantáneo.

Ahorro de electricidad:

- Lámparas compactas fluorescentes.
- Aislamiento en el techo.
- Aire acondicionado eficiente.

Ahorro de agua:

- Sistema dual para el WC.
- Regaderas obturadoras.
- Llaves ahorradoras de agua.

Se consideró para el análisis de los beneficios las características indicadas por los fabricantes, conforme a la normatividad vigente, la cual se debe de cumplir para garantizar la tecnología, asimismo, las tarifas actuales del gas, electricidad y agua.

Como herramientas para la “hipoteca verde” se tendrán un manual impreso y público por Internet, sobre las tecnologías y sus beneficios

para cada región y está relacionada con ciudades, además de los formatos para poder cuantificar, los ahorros en dinero, agua, gas y electricidad, además del CO₂ evitado en cada vivienda por el uso de dichas tecnologías. Así como un *software* que permite indicar las decisiones de diseño y las tecnologías utilizadas, con ello se cuantifica para cada ciudad, donde será construida la vivienda, los beneficios o ahorros.

CRITERIOS, INDICADORES Y PARÁMETROS PARA EL DESARROLLO HABITACIONAL SUSTENTABLE EN MÉXICO

Las áreas temáticas que deben incluir un desarrollo habitacional sustentable son: el suministro de energía y distribución, suministro de agua, tratamiento y reciclado; integrados en el desarrollo urbano; financiamiento y herramientas de política pública, para garantizar las mismas se deben tener presente criterios, indicadores y parámetros. Los criterios son valorados por los indicadores y parámetros que proporcionan información acerca de fenómenos. El objeto de los criterios e indicadores de sustentabilidad debe ser proporcionar información sobre el estado de la relación entre la sociedad y el mejoramiento o empeoramiento de la calidad del medio ambiente, asimismo, deben señalar si esa sociedad está en el rumbo sustentable. En otras palabras, deben reflejar los cambios temporales en las condiciones biofísicas del medio ambiente, si esos cambios afectan a la salud humana y el bienestar social y, de ser así cómo lo hacen y qué respuesta hay con la relación con tales transformaciones, por ejemplo: los cambios en la tecnología, cómo afectan las instituciones y el comportamiento humano.

Los indicadores de sustentabilidad son considerados una herramienta metodológica, que puede ayudar a la gestión de la sustentabilidad a través de la formulación de políticas, el proceso de toma de

decisiones y la información objetiva al público interesado en el tema; es decir, se espera que proporcionen valoraciones cuantitativas y cualitativas que ayuden a los individuos, instituciones, comunidades y sociedad en conjunto a que hagan selecciones para su futuro, sobre la base de la información objetiva que permita reducir la dependencia de la simple intuición.

OBJETIVO

Promover el uso sustentable de los recursos naturales, especialmente la eficiencia en el uso de agua y la energía, para lo cual la CONAVI ha firmado un convenio de colaboración entre la Secretaría del Medio Ambiente, la Secretaría de Energía y los organismos nacionales de vivienda, para operar el Programa Transversal para el Desarrollo Sustentable de Vivienda, que permita garantizar la protección al ambiente, la mejora social, mediante la economización del aprovechamiento de bienes y servicios asociados a la ocupación y funcionalidad de los desarrollos habitacionales.

BASES

Las bases para organizar y presentar los criterios propuestos por las instituciones: CONAVI, SEMARNAT, SENER, INE, CONAGUA, CFE, FIDE, CONAE y la UNAM, aceptados y comentados por las ONAVIS: INFONAVIT, FONHAPO, FOVISSSTE y SHF, son los *Principios de Bellagio*, las características y criterios para la selección de indicadores del Banco Mundial y los temas indicados por la OCDE, la ONU, las bases legales en tema ambiental de México (LGEEPA), en otras:

Principios de Bellagio para el desarrollo sustentable (IISD, 2002):

- Es conveniente definir el significado de “sustentabilidad” para cada caso.
- La sustentabilidad debe visualizarse en un sentido holístico.

- Debe incluirse la noción de equidad en los proyectos a bordar.
- El horizonte de tiempo debe incluir las escalas humana y de los ecosistemas. El aspecto espacial incluirá no solo los impactos locales sino los de mayor amplitud.
- El progreso de la sustentabilidad debe valorarse mediante un número limitado de indicadores.
- Los métodos y la información empleados para la estimación del avance de la sustentabilidad deben ser abiertos y accesibles a todos.
- El avance debe ser comunicado a toda la sociedad.
- Se requerirá la participación de la comunidad en el desarrollo de los proyectos sustentables.
- Deben retroalimentar los métodos aplicados, a objeto de determinar tendencias e incorporar resultados de la experiencia.
- Se necesita la capacitación institucional para asegurar el seguimiento que verifique el progreso hacia la sustentabilidad.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE):
indicadores de presión-estado-respuesta.

- Presión, actividad humana sobre el medio ambiente (contaminación, uso de recursos, etc.).
- Estado, modificación del ambiente (biodiversidad, integridad ecológica).
- Respuesta, actitud social, mediante políticas y acciones que tratan de modular dicha presión.

Características y criterios para la selección de indicadores del World Bank (World Bank, 1997):

- Representatividad, la información debe representar la condición del todo.
- Objetividad, independientemente del criterio del recolector de datos.
- Fiabilidad, los datos deben ser confiables y de la buena calidad.

- Comprensibles, los indicadores deben ser claros y entendibles no únicamente para los especialistas.
- Predictivos, capaz de prever futuras tendencias, sobre todo de tipo negativas.
- Comparable, que permita comparaciones interterritoriales, de escala comunal o regional y nacional.
- Limitados, es decir, que no sean demasiados.
- Accesibles, disponibilidad de datos e información para quién lo requiera, fundamentalmente a la ciudadanía involucrada.

Desarrollo Sustentable de la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 1998):

- Treinta agencias de la ONU, bancos y organizaciones internacionales, propusieron 134 indicadores sustentables en aspectos sociales, económicos, ambientales (agua, suelo, atmósfera, residuos y recursos naturales) e institucionales.

Las barreras principales a lograr y los parámetros para evaluar normas más altas de mantenimiento dentro de las casas y barrios en México (de Buen O. y Morillón D., 2004):

- Los parámetros serán considerados para la vivienda sustentable.
- Los parámetros principales para el criterio técnico para el albergue sustentable y competencia de los barrios.

CRITERIOS PARA EL DESARROLLO HABITACIONAL SUSTENTABLE

La CONAVI toma como base los siguientes criterios, indicadores y parámetros para los desarrollos habitacionales sustentables, los mismos que contribuyen al logro de los objetivos de la política ambiental, la planeación del desarrollo urbano y la vivienda, además de cumplir con lo dispuesto en el Art. N° 27 constitucional en materia de asentamientos humanos.

VALORACIÓN DE LOS CRITERIOS MEDIANTE LOS SIGUIENTES INDICADORES

Los indicadores siguientes permitirán cuantificar los beneficios en lo social, económico y ambiental de los desarrollos habitacionales sustentables.

1. Suministro de energía y distribución:

- La autosuficiencia del desarrollo urbano:
 - ◆ Uso de energías renovables:
 - Fotovoltaicos.
 - Diseño bioclimático (orientación adecuada de la vivienda, control solar en las ventanas, ventilación natural, materiales aislantes, etc.).
 - Calentadores solares de agua.
 - Iluminación natural.
- Reducción de la demanda y el consumo eléctrico por climatización y otras cargas:
 - ◆ Electrodomésticos eficientes en la vivienda (aire acondicionado, lámparas compacta, fluorescentes, etc.).
- Entrega del excedente de energía generada.
- Utilización del calor desechado (cogeneración).

2. Disponibilidad y uso del agua potable:

- Disponibilidad del agua potable:
 - ◆ Calidad del agua por el organismo operador.
 - ◆ Redes de distribución y tomas domiciliarias.
 - ◆ Pozos in situ.
 - ◆ Instalación intradomiciliaria.
- Ahorro de agua:
 - ◆ Dispositivos ahorradores (regaderas, fluxómetros, válvulas, etc.).
 - ◆ Uso de agua en jardines.
- Tratamiento y reuso de aguas grises:

- ◆ Localización central de la planta.
- ◆ Puntos de uso.
- ◆ Uso de lodos para composta.
- Agua pluvial:
 - ◆ Captación.
 - ◆ Pretratamiento.
 - ◆ Almacenamiento.
 - ◆ Reuso y recarga de acuíferos.
- Uso de energía renovable para el bombeo de agua.
- Separación de sólidos:
 - ◆ Cocina.
 - ◆ Plantas de tratamiento.
- Uso de los sólidos como materiales para la construcción de la vivienda.

3. Manejo de residuos sólidos y líquidos:

- Agua negras:
 - ◆ Descargas domiciliarias.
 - ◆ Red de atarjeas.
 - ◆ Planta de tratamiento.
 - ◆ Reuso.
 - ◆ Recarga de acuíferos.
- Escombros (residuos de la construcción).
 - ◆ Reciclado.
- Residuos sólidos urbanos:
 - ◆ Separación.
 - ◆ Composta.
 - ◆ Reciclado.
- Manejo de residuos peligrosos:
 - ◆ Contenedores de pilas, medicamentos caducos, etc.
 - ◆ Contenedores de residuos sanitarios.
 - ◆ Manual de manejo de residuos peligrosos.

4. Financiamiento:

- Compra en volumen.
- Búsqueda de financiamiento verde (MDL).
- Reducción de costos de la construcción, sin menoscabo de la calidad.
 - ◆ Entrenamiento o capacitación.
 - ◆ Nuevas prácticas.
 - ◆ Industrialización.
 - ◆ Uso de equipo innovador para la construcción.

5. Diseño y construcción del desarrollo urbano:

- Aumento al máximo de áreas verdes.
- Materiales en los andadores, vialidades, plazas y plazoletas:
 - ◆ Materiales regionales.
 - ◆ Materiales de bajo impacto ambiental.
- Distribución energética.
- Vialidades.
- Alternativas vehiculares.
- Andadores.
- Ciclopistas.
- Diseño urbano que permita la ventilación natural.
- Trazado urbano que permita la mejor orientación de las viviendas.
- Accesibilidad para silla de ruedas.
- Agricultura urbana.

6. Servicios:

- Escuelas y centros comunitarios (salud).
- El transporte público dentro del desarrollo urbano.
- Las telecomunicaciones (teléfono, cable e Internet).
- Vigilancia.
- Recolección de basura.
- Centros de venta (abarrotes, tortillería, etc.).

PRINCIPALES PARÁMETROS Y VALORACIÓN DE LOS DESARROLLOS HABITACIONALES SUSTENTABLES

La valoración de los parámetros se realizara mediante un programa (*software*) de certificación ponderado que permitirá regionalmente identificar los beneficios alcanzables con los proyectos, clasificándolos por niveles de sustentabilidad, así como las especificaciones técnicas y normativas para garantizar los beneficios, en este apartado se enumeran los parámetros y valoración de los mismos en lo general [Tablas N° 2, 3, 4, 5 y 6].

Tabla N° 2: Suministro, distribución y uso de la energía

Parámetros	Valoración	Debe ser demostrado con
Eficiencia energética por equipamiento: - Gas. - Electricidad.	Consumo promedio anual por unidad de área de la vivienda en el desarrollo habitacional. Promedio anual del consumo por unidad de área de viviendas similares en la región.	Simulación con <i>software</i> .
Eficiencia energética en enfriamiento, aislamiento de techos y muros.	Consumo promedio anual por unidad de área de la vivienda por aire acondicionado en el desarrollo habitacional. Consumo promedio anual por unidad de área de la vivienda en viviendas similares con aire acondicionado en la región.	Simulación con <i>software</i> .
Uso de fotovoltaicos.	Uso de electricidad en el desarrollo habitacional. Electricidad otorgada por el fotovoltaico.	Especificaciones de diseño y simulación con <i>software</i> .
Diseño urbano y arquitectónico bioclimático.	Toneladas-promedio de aire acondicionado por vivienda en el desarrollo habitacional. Toneladas-promedio de aire acondicionado por viviendas similares en la región.	Simulación con <i>software</i>
Ventilación natural.	Cambio de aire por día en la vivienda.	Simulación con <i>software</i> .
Calentamiento de agua con energía solar.	Calentamiento de agua. Calentamiento de agua con energía solar.	Especificaciones de diseño y simulación con <i>software</i> .
Iluminación natural.	Incluida o no incluida.	Especificaciones de diseño y simulación con <i>software</i> .
Reducción del pico de demanda por administración.	Demanda pico en verano del desarrollo habitacional. Demanda promedio anual del desarrollo habitacional.	Simulación con <i>software</i> .
Entrega de energía excedente.	Total de electricidad usada por el desarrollo habitacional. Electricidad proporcionada a la red por el desarrollo habitacional.	Simulación con <i>software</i> .
Utilización del calor de desecho.	Calor de desecho recuperado en la comunidad. Calor de desecho generado en el desarrollo habitacional.	Simulación con <i>software</i> .

Tabla N° 3: Disponibilidad y uso del agua potable

Parámetros	Valoración	Debe ser demostrado con
Supervisión de la calidad de agua del conjunto.	Incluido o no incluido.	Especificaciones de diseño.
Ahorro de agua.	Volumen de agua usada por persona en el desarrollo habitacional. Volumen de agua usada por el promedio por persona en un desarrollo urbano equivalente.	Especificaciones de diseño y referencias locales.
Jardinería.	Volumen de agua usada por unidad de área jardinada en el desarrollo habitacional. Volumen de agua usada por unidad de área de jardín en un desarrollo habitacional equivalente.	Especificaciones de diseño y referencias locales.
Captación y uso de agua pluvial.	Volumen de agua usada. Volumen de agua pluvial.	Especificaciones de diseño.
Tratamiento de aguas residuales.	Volumen de agua usada. Volumen de agua tratada.	Especificaciones de diseño.
Localización central.	Incluida o no incluida.	Especificaciones de diseño.
Punto de uso.	Incluido o no incluido.	Especificaciones de diseño.
Recarga de acuíferos.	Volumen de agua usada. Volumen de agua filtrada.	Especificaciones de diseño.
Uso de agua grises en riego.	Volumen de agua gris usada para riego. Volumen de agua usada para riego.	Especificaciones de diseño.
Reuso de aguas tratadas.	Volumen de agua usada. Volumen de agua reusada.	
Separación de sólidos de la cocina.	Incluido o no incluido.	Especificaciones de diseño.
Separación de sólidos en la planta de tratamiento.	Incluido o no incluido.	Especificaciones de diseño.
Uso de sólidos para la composta.	Incluido o no incluido.	Especificaciones de diseño.
Uso de los sólidos como materiales de construcción.	Peso de sólidos usados como materiales de construcción por unidad de área especificada. Peso de materiales usados por unidad de área.	Especificaciones de diseño.
Uso de energía renovable para bombeo de agua.	Volumen de agua usada. Volumen de agua bombeada con energías renovables.	Especificaciones de diseño.

Tabla N° 4: Residuos sólidos y líquidos

Parámetros	Valoración	Debe ser demostrado con
Tratamiento de aguas negras y grises.	Volumen de agua usada. Volumen de agua tratada.	Especificaciones de diseño.
Escombro.	Peso del escombro usado como material de construcción por unidad de área. Peso del material usado por unidad de área.	Especificaciones de diseño.
Desechos durante la construcción.	Peso del desecho usado como material de construcción por unidad de área. Peso del material usado por unidad de área.	
Residuos sólidos urbanos: - Separación. - Almacenamiento. - Espacio para el volumen. - Plan de recolección separada.	Incluido o no incluido.	Especificaciones de diseño.
Área para elaboración de composta.	Incluido o no incluido	Especificaciones de diseño.
Residuos peligrosos: plan de separación y manejo.	Incluido o no incluido	Especificaciones de diseño.

Tabla N° 5: Financiamiento

Parámetros	Valoración	Debe ser demostrado con
Capacidad de compra.	Costo total de la vivienda por unidad de área en el desarrollo habitacional. Costo total de vivienda similar por unidad de área en la región.	Especificaciones de diseño.
Incorporación de equipos innovadores.	Incluido o no incluido.	Contratos normales.
Volumen de compra.	Incluido o no incluido.	Contratos normales.
Financiamiento verde (MDL).	Incluido o no incluido.	Contratos normales.

Tabla N° 6: Diseño y construcción del desarrollo habitacional

Parámetros	Valoración	Debe ser demostrado con
Máximas áreas verdes.	Área verde. Área total.	Especificaciones de diseño.
Alternativas vehiculares.	Número de alternativas privadas de vehículos. Número de viviendas en el desarrollo habitacional.	Especificaciones de diseño.
Vehículos eléctricos comunales.	Número de vehículos eléctricos para el transporte de la comunidad. Número de viviendas en el desarrollo habitacional.	Especificaciones de diseño.
Andadores.	Largo del andador. Número de viviendas en el desarrollo habitacional.	Especificaciones de diseño.
Ciclopista.	Largo de la ciclopista. Número de viviendas en el desarrollo habitacional.	Especificaciones de diseño.
Materiales de baja emisión.	Emisiones por unidad de área de andador.	Especificaciones de diseño.
Ventilación natural.	Potencial del confort exterior, para permitir el cambio de aire en las viviendas.	Simulación con software.
Accesibilidad para discapacitados.	Incluido o no incluido.	Especificaciones de diseño.

Tabla N° 7: Servicios adicionales

Parámetros	Valoración	Debe ser demostrado con
Escuelas y espacios comunitarios.	Capacidad de la escuela. Número de niños expectativa del desarrollo habitacional.	Especificaciones de diseño.
Transporte público.	Asientos promedio por día del transporte público. Número de personas en el desarrollo habitacional.	Especificaciones de diseño.
Telecomunicaciones (teléfono, cable e Internet).	Incluido o no incluido.	Especificaciones de diseño del desarrollo habitacional.
Vigilancia.	Incluido o no incluido.	Especificaciones de diseño del desarrollo habitacional.
Compras de los habitantes.	Plan de acción.	Especificaciones del plan de acción.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

CARRAZCO, A. Y MORILLÓN, D. “Arquitectura Vernácula”, en *Estudios de Arquitectura Bioclimática* [Anuario 2005]. México: Ed. Limusa y UAM-A, 2005, Vol. VII, pp. 45-56.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI): *Encuesta Nacional de Ingreso Gasto de los Hogares 2006*. México: INEGI, 2006.

MORILLÓN D. *Bioclimática: Sistemas Pasivos de Climatización*. México: Universidad de Guadalajara, 1993, p. 148.

— *Atlas del bioclima de México*. México: II-UNAM, 2004.

— *Modelo para el diseño y evaluación del control solar en edificios*. México: II-UNAM, 2005.

— *Recomendaciones bioclimáticas para el diseño arquitectónico y urbano*. México: Comisión Federal de Electricidad y Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico, 2005.

— “Edificios bioclimáticos en México: Acciones, programas y proyectos para la vivienda de interés social”, en *Los edificios bioclimáticos en los países de Ibero América*. Portugal: CYTED e INETI, 2006, pp. 45-56.

— y RODRÍGUEZ, M. *Treinta años, evaluación y desarrollo de la Arquitectura Bioclimática en México*. México: ANES, 2006.

Páginas Web consultadas:

www.ceaqueretaro.gob.mx/index/u_usoeficiente

www.aguasdehermosillo.gob.mx/main/cultura_2htm

www.cespt.gob.mx/cultura/consumo.htm

www.accesorios-fontaneria.com

www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_22_normas_oficiales_mex

www.cna.gob.mx/eCNA/Espaniol/Directorio/Default.aspx

CAPÍTULO 8

EDIFICIO BIOCLIMÁTICO

Archivo de Actuaciones Notariales: Colegio de Escribanos de la Provincia de Buenos Aires

Gustavo San Juan, José Luis Lloberas, Adriana Toigo,
Alejandro Hernández, Nahuel Salvo, Gabriel Santinelli,
Salvador Squillaciotti y Diego Ríos

Diseño bioclimático:

Arquitectos: Gustavo San Juan, José Luis Lloberas, Adriana Toigo,
Dr. Alejandro Hernández, MSc. Nahuel Salvo

Estudio SSR:

Arquitectos: Gabriel Santinelli y Salvador Squillaciotti
Arquitecto asociado: Diego Ríos

Comitente: Colegio de Escribanos de la Provincia de Buenos Aires

Superficie del terreno: 32.000m²

Superficie cubierta Total: 6.400m²

Superficie archivos: 4.400

2007

MARCO DE REFERENCIA DEL PROYECTO

El presente proyecto es fruto del Primer Premio del Concurso Nacional de Anteproyectos, solicitado por el Colegio de Escribanos de la Provincia de Buenos Aires, realizado en el 2006. Se proyectó la Sede Central del Archivo de Actuaciones Notariales, el cual reunirá la totalidad de los documentos actualmente en guarda por los escribanos provinciales. El equipo ganador, formado por los arquitectos Gabriel Santinelli, Salvador Squillacioti y Diego Ríos (como arquitecto asociado). La propuesta bioclimática estuvo a cargo del arquitecto Gustavo San Juan, que trabajó conjuntamente en los aspectos termodinámicos y sanitarios con el Estudio A/C, conformado por las arquitectas Adriana Toigo y Carolina Francia, el asesoramiento del arquitecto José Luis Lloberas y la simulación numérica a cargo del doctor Alejandro Hernández y del MSc. Nahel Salvo, estos últimos del INENCO-Universidad Nacional de Salta.

El objeto del edificio es el de asistir la guarda y gestión de consulta de 450.000 Protocolos de Actuaciones Notariales de la Provincia de Buenos Aires. El predio de localización del edificio, se sitúa en la localidad de M.B. Gonnet en las cercanías de la ciudad de La Plata.

El proyecto contempla un diseño basado en consideraciones bioclimáticas, eficiencia energética y ambiental, con lo cual se busca lograr las condiciones ambientales interiores de temperatura, humedad relativa e iluminación (acorde a las exigencias de conservación de los Protocolos); reducción del consumo de energía para climatización y la capacidad termomecánica instalada. La propuesta se conforma a partir de la implementación de una tecnología constructiva apropiada, recurriendo a sistemas pasivos de climatización por autorregulación y sistemas adicionales tradicionales que tengan las situaciones climáticas extremas, así como la calidad de aire interior.

MEMORIA DESCRIPTIVA

El proyecto para la sede central del Archivo de Actuaciones Notariales fue concebido bajo los siguientes lineamientos:

1. Imagen institucional e integración con el entorno circundante.
2. Eficiencia funcional, de mantenimiento y operación del edificio.
3. Seguridad y protección de los Protocolos.

El edificio está conformado por dos sectores bien definidos, uno compuesto por: atención al público, sala de consultas, sector administrativo y de curado del “Libro” y servicios (2.200 m²); el otro como área de guardado de los Protocolos compuesto por siete cofres autónomos de 15 x 42 ml (628 m² cada uno) unidos por una circulación lineal de 105 ml de longitud. Estos espacios autónomos brindan las condiciones de seguridad (ante robo, incendio, etc.) y calidad ambiental para el cuidado de los protocolos, área que corresponde al 69% del total de la superficie cubierta.

IMAGEN INSTITUCIONAL E INTEGRACIÓN CON EL ENTORNO CIRCUNDANTE

La localización de la Sede del Archivo Actuaciones Notariales plantea el desafío de resolver un edificio público en un área periférica de la ciudad.

Se propone reforzar el carácter público institucional del edificio creando un frente claro sobre calle 508, resolviendo el acceso principal mediante un atrio urbano que se abre hacia el espacio público, otorgándole identidad y presencia en el lugar.

El edificio se integra al entorno a partir de la puesta en valor de los espacios libres que posee la totalidad del predio del Colegio de Escribanos. Se buscó jerarquizar los usos públicos del programa potenciando una gran área parquizada que concentre la superficie libre disponible. Se incorporó incluso el sector destinado al futuro

crecimiento del Archivo, procurando evitar la existencia de un espacio residual destinado a una función hipotética, cuyo uso podría verificarse a partir de un tiempo estimado en 30 años.

La propuesta de incorporar un “jardín” rodeando la sala de consultas, completa el enriquecimiento ambiental y paisajístico, conformando una gran área verde que valoriza el vacío sobre el lleno, reforzando la cualidad sobresaliente del tejido urbano que predomina en el sitio.

De este modo, el parque se relaciona directamente con: la sala de lectura, el *hall* de acceso, el área de estar y exposiciones, las cuales se integran visual y espacialmente con los jardines propuestos. El edificio se concibió como un gran cofre rodeado por un “ring” de árboles que lo protege de la incidencia solar y al mismo tiempo armoniza con las características predominantes del lugar.

EFICIENCIA FUNCIONAL, DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DEL EDIFICIO

El proyecto fue realizado priorizando un esquema funcional claro, sencillo y eficaz en el encadenamiento de los usos y actividades que se desarrollarán en la futura sede del Archivo. Se plantea una clara articulación entre el funcionamiento del público y las áreas de trabajo, evitando interferencias en los circuitos técnicos y procurando establecer recorridos claros.

Para la materialización del edificio se propuso un sistema constructivo mixto: tradicional racionalizado (húmedo) para los tabiques y prefabricado (montaje en seco) para las losas. De este modo se busca garantizar:

- La rapidez y facilidad de montaje, con la consecuente economía.
- La durabilidad y bajo costo de mantenimiento, por la elección de los materiales.
- La flexibilidad y adaptabilidad a distintas distribuciones, por disponibilidad de planta libre.

Desde el punto de vista de la operación y el mantenimiento edilicio y dadas las grandes dimensiones del volumen a acondicionar, consideramos adecuado utilizar un esquema mixto, compuesto por sistemas bioclimáticos pasivos (sin consumo energético) y sistemas tradicionales o activos (de alto consumo energético) para regular condiciones climáticas extremas. Esto permitirá optimizar costos operativos y de mantenimiento durante toda la vida útil del edificio, reduciendo el consumo de energía en un 40%.

SEGURIDAD Y PROTECCIÓN DE LOS PROTOCOLOS: EL “CONFORT DEL LIBRO”

Para la preservación y protección de los Protocolos se propusieron siete “cofres blindados” autónomos, con sistemas de seguridad y control de las condiciones ambientales que garanticen el máximo confort y cuidado de los documentos durante toda su vida útil.

Para lograr este objetivo se utilizan sistemas de ambientación pasivos que permiten el control de la temperatura y la humedad, por estabilización de la onda térmica y doble sistema de ventilación natural.

Asimismo, con la finalidad de hacer eficiente el sistema y los procesos involucrados se busca obtener un ambiente “sano” para la conservación del bien, con un ahorro como beneficio adicional, se han propuesto una serie de pautas de diseño para construir el concepto del “confort del libro”:

- 1. Incorporación de masa térmica** en la envolvente edilicia para estabilizar la onda térmica y aprovechar la propia masa de papel.
- 2. Incorporación de la aislación térmica** en la envolvente edilicia, para independizar lo más posible las variaciones térmicas del interior del recinto en relación con las variaciones exteriores.
- 3. Incorporación de un sistema natural de envolvente ventilada**, con el fin de controlar la humedad del ambiente interior (sobre todo en el período invernal), e incorporar aire filtrado.

4. Incorporación de un sistema de acondicionamiento mecánico complementario, para equilibrar las situaciones climáticas extremas.

5. Incorporar dispositivos de aprovechamiento de la iluminación natural controlada en concordancia con la artificial, para evitar la proliferación de agentes biológicos dañinos.

El diseño arquitectónico está pensado para autorregular los indicadores de temperatura, humedad y luminosidad en condiciones climáticas normales, reduciendo el consumo energético por el menor uso de instalaciones de climatización termomecánicas. A partir de una concepción de diseño bioclimático con criterios de eficiencia energética (para reducir el consumo de energía y su consiguiente emisión de gases de efecto invernadero –GEI– a la atmósfera), incorporamos criterios de sustentabilidad ambiental, accionando de manera consciente y positiva sobre el cambio climático global.

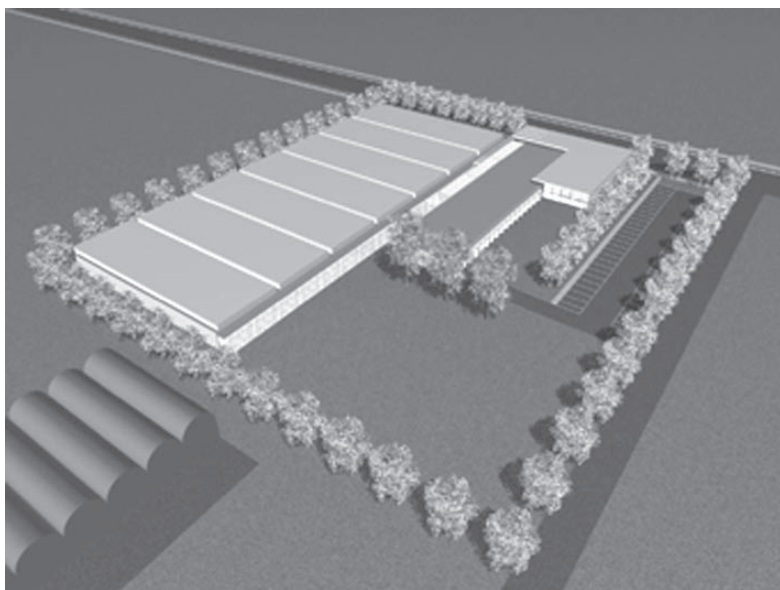


Fig. N° 1: perspectiva general aérea.

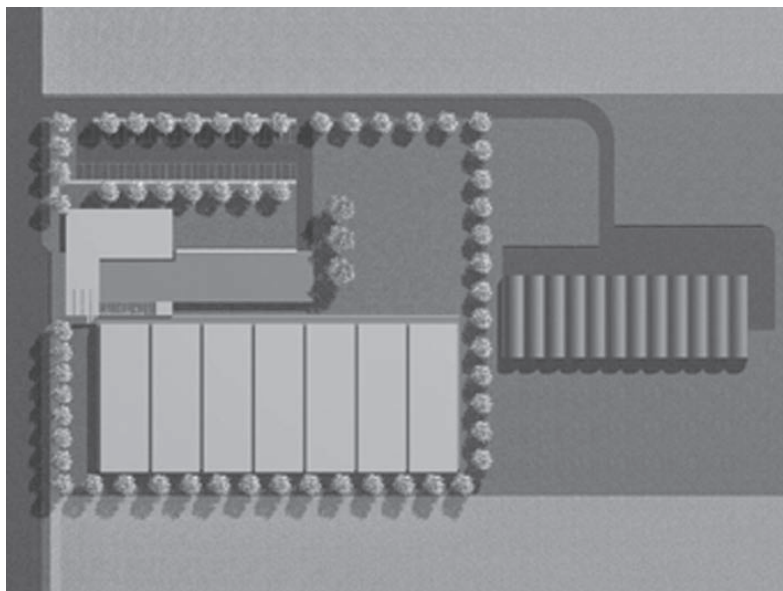


Fig. N° 2: planta.



Fig. N° 3: vista de la cafetería.



Fig. Nº 4: vista del sector de mostrador.

CONFORT DEL LIBRO DISEÑO BIOCLIMATICO PASIVO DEL ARCHIVO

MASA TERMICA - DOBLE ENVOLVENTE VENTILADA - ACONDICIONAMIENTO MECANICO COMPLEMENTARIO

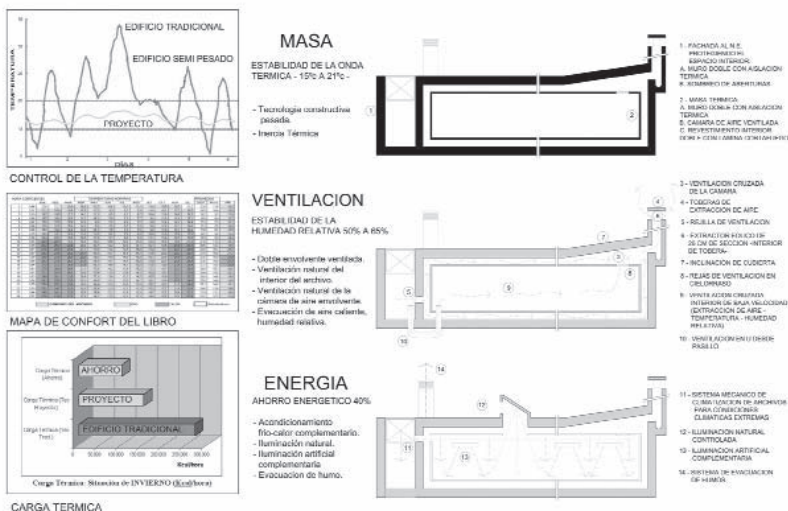


Fig. Nº 5: esquema bioclimático del confort del libro.

EL CONCEPTO BIOCLIMÁTICO

La ciudad de La Plata, está localizada en la zona bioambiental IIIb de la Argentina, “templada cálida”, con valores anuales promedio de temperatura de 16°C, pero con mínimas medias en invierno de 5,5°C y máximas medias en verano de 28°C, con una humedad relativa media en invierno de 82% y en verano de 70% (SMN), (IRAM).

Estos valores climáticos dibujan una realidad donde se hace necesario la estabilización y control de las variables higrotérmicas, en función de las necesidades de conservación del libro. Los rangos de temperatura entre 18°C +/- 2°C, con un mínimo de 15°C, y humedad relativa (no mayores a 65%), así como una iluminancia media entre 50 y 100 lux, son necesarias para la preservación en cuanto a la estabilidad estructural del documento y la de evitar la proliferación de agentes de biodegradación, en particular, en los materiales de base celulósica (según el Centre for Study of the Preservation and Restauration of Cultural Property [ICCROM]).

La conceptualización del problema planteado produjo a la realización de un “mapa de confort del libro”, del período anual y de funcionamiento (según el modelo de Guillermo Gonzalo, UNT), el cual determinó la situación de confort y no confort en relación con los parámetros térmicos según la Norma. Esta visualización permitió establecer las pautas de diseño bioclimático.

Una opción es la de apelar a un acondicionamiento tradicional, supereditado al accionar mecánico de los equipos, sabiéndose que producen –debido a la magnitud de la potencia solicitada– una situación energo-intensiva, onerosa y que se contrapone a la realidad energética nacional. Otra opción es la de hacer eficiente el sistema y los procesos involucrados a modo de obtener un ambiente “sano” para la guarda del bien, con un ahorro como beneficio adicional.

A partir de la experiencia nacional e internacional¹ se han propuesto una serie de pautas de diseño con lo cual construir el concepto de “confort del libro”.

HORA	COEFICIENTES	TEMPERATURAS HORARIAS												PROMEDIOS		
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	D-E-F	M-J-J	AÑO
1	0,46	22,6	22,3	20,0	16,8	13,7	10,6	10,3	11,1	13,0	15,5	18,7	21,2	22,0	11,6	16,3
2	0,32	21,1	20,9	18,6	15,5	12,5	9,5	9,2	9,9	11,6	14,2	17,3	19,7	20,5	10,4	15,0
3	0,19	19,7	19,5	17,3	14,2	11,3	8,5	8,2	8,7	10,4	13,0	16,0	18,3	19,2	9,3	13,8
4	0,08	18,5	18,4	16,2	13,2	10,3	7,6	7,3	7,7	9,4	11,9	14,9	17,1	18,0	8,4	12,7
5	0,02	17,8	17,8	15,6	12,6	9,8	7,2	6,9	7,2	8,8	11,4	14,3	16,4	17,3	7,9	12,1
6	0,00	17,6	17,6	15,4	12,4	9,6	7,0	6,7	7,0	8,6	11,2	14,1	16,2	17,1	7,8	12,0
7	0,06	18,3	18,2	16,0	13,0	10,1	7,5	7,2	7,5	9,2	11,8	14,7	16,8	17,8	8,3	12,5
8	0,15	19,2	19,1	16,9	13,8	11,0	8,2	7,9	8,4	10,0	12,6	15,6	17,8	18,7	9,0	13,4
9	0,26	20,4	20,3	18,0	14,9	11,9	9,1	8,8	9,3	11,1	13,6	16,7	19,0	19,9	9,9	14,4
10	0,44	22,4	22,1	19,8	16,6	13,6	10,5	10,2	11,0	12,8	15,3	18,5	21,0	21,8	11,4	16,1
11	0,79	26,2	25,7	23,4	20,0	16,7	13,2	12,9	14,1	16,1	18,5	21,9	24,7	25,5	14,3	19,5
12	0,91	27,5	26,9	24,6	21,1	17,8	14,2	13,9	15,2	17,2	19,7	23,1	26,0	26,8	15,3	20,6
13	0,97	28,2	27,5	25,2	21,7	18,3	14,7	14,4	15,7	17,8	20,2	23,7	26,7	27,4	15,8	21,2
14	1,00	28,5	27,8	25,5	22,0	18,6	14,9	14,6	16,0	18,1	20,5	24,0	27,0	27,8	16,0	21,5
15	0,98	28,3	27,6	25,3	21,8	18,4	14,7	14,4	15,8	17,9	20,3	23,8	26,8	27,6	15,9	21,3
16	0,94	27,8	27,2	24,9	21,4	18,1	14,4	14,1	15,5	17,5	19,9	23,4	26,4	27,1	15,5	20,9
17	0,91	27,5	26,9	24,6	21,1	17,8	14,2	13,9	15,2	17,2	19,7	23,1	26,0	26,8	15,3	20,6
18	0,87	27,1	26,5	24,2	20,8	17,4	13,9	13,6	14,8	16,9	19,3	22,7	25,6	26,4	15,0	20,2
19	0,83	26,6	26,1	23,8	20,4	17,1	13,6	13,3	14,5	16,5	18,9	22,3	25,2	26,0	14,6	19,8
20	0,80	26,3	25,8	23,5	20,1	16,8	13,3	13,0	14,2	16,2	18,6	22,0	24,8	25,6	14,4	19,6
21	0,75	25,8	25,3	23,0	19,6	16,4	12,9	12,6	13,8	15,7	18,2	21,5	24,3	25,1	14,0	19,1
22	0,70	25,2	24,7	22,5	19,1	15,9	12,5	12,2	13,3	15,3	17,7	21,0	23,8	24,6	13,8	18,6
23	0,64	24,6	24,1	21,9	18,5	15,4	12,1	11,8	12,8	14,7	17,2	20,4	23,1	23,9	13,1	18,0
24	0,57	23,8	23,4	21,2	17,9	14,7	11,5	11,2	12,1	14,0	16,5	19,7	22,4	23,2	12,5	17,4

CONFORT DEL ARCHIVO
 FRIO
 CALOR
 Período de uso

Gráfico N° 1: “Mapa de confort del libro”: temperatura entre 15°C y 21°C.

Datos en función de las condiciones climáticas exteriores.

Verde: zona de confort anual del Archivo.

Rojo: zona a proteger de la temperatura interior en el período estival, fundamentalmente de tarde al Oeste.

Celeste: zona a climatizar en el período Invernal, fundamentalmente en las horas nocturnas y a la mañana.

PAUTAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO

El objeto de proyecto corresponde básicamente a los espacios de guarda de los libros, los cuales deben ser preservados ambientalmente según los siguientes criterios:

1. Control de la temperatura interior del recinto.
2. Control de la humedad interior del recinto.
3. Control de la iluminación, basándose en la natural.

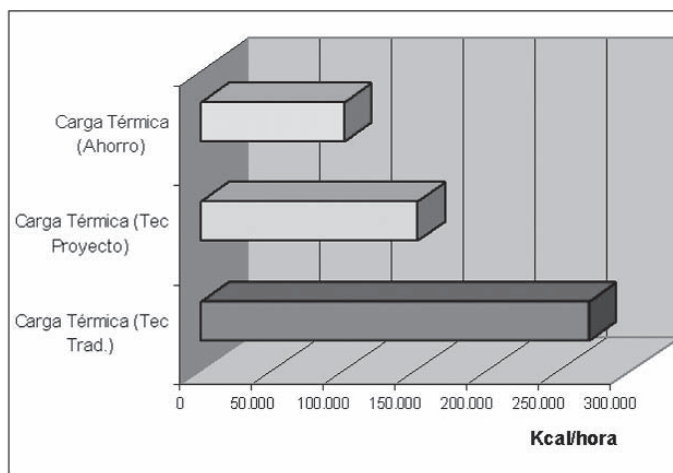
Por lo tanto, cuando se pensó en este edificio, se trabajó sobre una clara convicción de incorporar un “diseño energéticamente eficiente”. Esto implica pensar un edificio tradicional *versus* un edificio que incorpore ciertas pautas de diseño consciente, para el hoy y aquí. Estas decisiones permiten amortizar el capital inicial invertido en un tiempo prudencial en función de:

1. **Reducción del tamaño inicial del equipamiento de acondicionamiento de aire, frío-calor:** comparando la carga térmica (o necesidades energéticas) de la situación del edificio utilizando una tecnología tradicional frente a la del proyecto, con reducciones importantes de la carga térmica anual (44% en invierno y 65% en verano). Si bien no se aconseja realizar este edificio con un sistema tradicional, la comparación es válida como para dimensionar el problema.
2. **Disminución del período de funcionamiento:** la estabilidad térmica producida por el propio edificio requerirá menos horas de uso diario y anual, lo que redundará en un menor consumo de energía y menor costo de mantenimiento.
3. **Verificación del costo incremental:** a partir de la aplicación de las medidas tecnológicas y de uso propuestas. Sobre la base del presupuesto del proyecto este costo incremental rondará el 15% del monto de la obra, número correcto en este tipo de emprendimientos.

4.Verificación del recupero de la inversión: en función del periodo de amortización de la inversión en relación con el valor (\$) por unidad de energía ahorrada, si se trabaja bajo la hipótesis de una reducción del equipo en un 40% a una tasa constante, esta inversión se amortizará entre los 12 ó 15 años. A esto se le tiene que adicionar la reducción por menor consumo en el período, asociado al incremento de la tarifa de gas y electricidad, hoy subsidiada, lo que redunda en un saldo favorable.

CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS

Control de la temperatura interior del recinto, estabilizando la onda térmica: el sector destinado a los archivos está compuesto por una doble piel, de hormigón armado hacia el exterior (estructura resistente) y muro de ladrillo común hacia el interior. Los cofres propiamente dichos de cada uno de los siete archivos fueron resueltos por



Carga térmica: situación de INVIERNO (Kcal/hora)

Gráfico N° 2: carga térmica.



Fig. N° 6a: masa térmica.

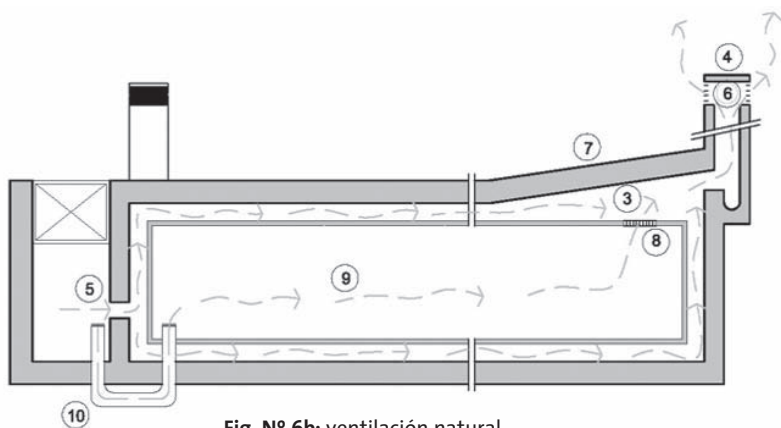


Fig. N° 6b: ventilación natural.

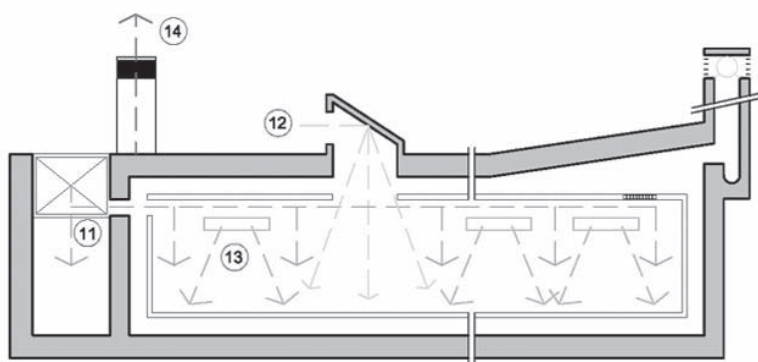


Fig. N° 6b: iluminación natural y artificial.

una estructura liviana en roca de yeso dispuesta en el interior de cada cofre, sin contacto con la envolvente exterior antes mencionada a través de una cámara de aire continua. El piso se resolvió con una estructura de hormigón premoldeado flotante. El control de la temperatura interior se logró mediante la incorporación de masa y aislación térmica en la envolvente edilicia y el aprovechamiento de la propia masa del papel, a fin de mitigar el efecto de las variaciones del clima exterior sobre la temperatura interior. Se propuso un sistema de ventilación natural en la cámara de aire con lo cual reducir la carga térmica, fundamentalmente en el período estival y tratamiento del aire en el período invernal e intermedios, evitando la condensación. Estas intervenciones producirán la estabilidad de las condiciones ambientales interiores (temperatura y humedad), en función de la variación estacional exterior. Las situaciones que exceden los rangos medios serán provistas por equipos de acondicionamiento mecánico tradicional. Se controlará la calidad del aire filtrando microorganismos, material particulado y regulando los componentes químicos del aire (fase gas) que pudieran dañar al papel. Se prevé un manejo de presiones, evitando el ingreso de aire no tratado a los recintos de archivo.

Los parámetros de temperatura para papel según el ICCROM, son: 18°C +/- 2°C. Para otras normas la temperatura aconsejada es de 20°C a 22°C, con un mínimo tolerable de 15°C.

Control de la humedad interior del recinto: se realiza a partir de la incorporación de un sistema de ventilación natural interior en la cámara de aire, a fin de eliminar la humedad ambiente, en el período invernal e intermedios. Los rangos de humedad relativa no mayores a 65% son requeridos para la preservación en cuanto a la estabilidad estructural del documento y para evitar la proliferación de agentes de biodegradación, en particular en los materiales de base celulósica (según ICCROM, con un rango entre 45 a 55%).

Iluminación natural: se incorpora la iluminación natural a partir de perforaciones en la cubierta, la cual se corresponderá a un nivel medio de iluminancia. El ICCROM aconseja los siguientes valores para el papel: de 50 a 100 lux. Se adoptó un sistema de lumiductos o conductos de iluminación, sin producir ventilación interior ni incorporación de rayos ultravioletas y calor.

Cámara de aire ventilada: el espacio entre la piel liviana interior de cada archivo y la envolvente de ladrillo y hormigón armado en paramentos verticales y piso, es de 20 cm. El espacio entre la estructura soporte del cielorraso y la cara inferior de la losa será de 100 cm. Tanto en las aristas verticales y horizontales se contará con una ochava a 45° con un cateto menor de 65 cm, con lo cual se disminuye las presiones del aire circulante. Esta cámara de aire continua impedirá puentes térmicos y controlará la humedad relativa y la temperatura, estabilizando las condiciones del aire en las diferentes épocas del año, fundamentalmente reduciendo la carga térmica y disminuyendo el exceso de humedad en las estaciones intermedias. El aire de acceso a la cámara será un aire tratado. Su extracción se realizará por medio de extractores eólicos, con ventilación a los cuatro vientos, colocados en la parte superior de una chimenea enclavada en la cara Sur-Oeste procurando un movimiento de aire a baja velocidad. Se incorporan tres extractores por módulo en el lado exterior con conductos cilíndricos de chapa galvanizada con dos ductos de acople por chimenea, conectados a la cámara de aire del mismo material. El sistema no requiere de motores eléctricos, ya que es accionado por el viento y las diferencias de presión entre el interior y el exterior. Los extractores serán de un diámetro de 500 mm (3.500 m³/hora cada uno), contemplándose 13 renovaciones de aire por hora de la cámara.

En los conductos de inyección (con toma de aire exterior por debajo del pasillo) se intercalará un intercambiador de calor que tiene por

objeto reducir el tenor de humedad del aire que ingresa a cada cofre. Se materializa con una resistencia eléctrica blindada montada en el conducto, controlada por un sensor de humedad, seteado a 75% HR. En los ductos de salida superior e inferior de cada extractor se colocará un dumper motorizado, calibrado en función de la temperatura interior de la cámara, para regular el caudal de aire (*off-on*). Este dumper consistirá de una aleta según las siguientes características: cuerpo y aleta de chapa galvanizada (BWG N° 24) y regulación con actuador termostático.

En la parte inferior de cada chimenea se colocará una persiana barométrica contrapesada, seteada en función de la temperatura interior de la cámara, para regular el caudal de aire (*off-on*) y producir un *by-pass* en los conductos (interior-exterior/exterior-exterior). Esta posibilidad permite el control de la ventilación de la zona correspondiente a la cámara de aire interior cuanto la velocidad de aire exterior supere las condiciones de cálculo establecidas (sin incrementar las *ra/h*). Esta será del tipo de persiana circular de alivio barométrico con brazo de palanca y contrapeso deslizante para su regulación.

Condiciones de extracción:	Condiciones de acceso de aire:
Cantidad de extractores eólicos: tres por archivo Diámetro: 500 mm Altura de chimenea: 4,80 m Caudal de extracción: 3.500 m ³ /hora c/u Volumen de la cámara de aire: 847 m ³ Renovaciones del volumen de aire: 10 ra/hora Velocidad media de aire exterior: 13 km/h Sección de conexión con la cámara: 1 m ² Velocidad de salida: 4,95 m/seg. Distancia entre extractores: 4,20 m Pendiente de acople con la cámara: 18,4° Altura del acople inferior: 1,40 m sobre NPT Dumper: dos por chimenea Persiana barométrica: uno por chimenea	Sección de mando: 0,280 m ² en ductos rectos Sección de mando: 0,336 m ² en ductos curvos Altura de inyección: 0,55 m SNP terminado Altura del ducto de entrada: 1.10 m SNT terminado Tomas de aire exterior: ■ 0,28/0,336 m² ■ Regulación/malla antiinsectos Intercambiador de calor: ■ Resistencia eléctrica blindada ■ Potencia 14.100 Kcal/h ■ Accionamiento en dos etapas

Equipos de acondicionamiento:

Acondicionamiento higrotérmico: se instalará para cada archivo un equipo independiente del tipo “de precisión”, que controle la temperatura y la humedad interior, inyectando aire exterior tratado a razón de una renovación por hora (2.113 m³/h). Se adopta un sistema de autocontenido tipo Roof-Top condensado por aire, ubicado en el exterior sobre la azotea de la circulación con caseta de tratamiento de aire. La toma de aire exterior tendrá un prefiltro y una compuerta de regulación de caudal. Reja de retorno en los laterales de la antecámara, con conductos hasta la caseta de tratamiento, donde después de la serpentina se instalará un humectador por dispersión de rocío y una resistencia eléctrica para calefacción y deshumidificación. Finalmente se colocarán en cascada filtros de mediana eficiencia (plisado 2” 30%) y alta eficiencia (multibolsa 85-90%), para luego inyectar el aire al ambiente con rejillas de doble deflexión ubicadas en la pared superior de la antecámara de acceso. Complementa al sistema una reja de expulsión con persiana de regulación automática para alivio de presiones.

Análisis de requerimientos:
Frío-calor: por bomba inversora de ciclo.
Balance térmico: 14,8 Tr (verano) FCS 0,81- 35.000 Kcal/h (invierno).
CAE: 36 m ³ /min.
CAM: 150 m ³ /min.

Acondicionamiento complementario de filtrado de aire: en la cara opuesta al primer equipo se colocarán dos módulos complementarios de filtrado interno para controlar la calidad bioquímica del aire (retención de partículas en suspensión, bacteriológico y en Fase Gas). Este módulo realizará nueve filtraciones horarias del aire interior, complementando al equipo higrotérmico. Cada equipo consta de una toma inferior de aire, con prefiltro de mediana eficiencia 30/30 para partículas, módulo de ventiladores centrífugos y filtros

(0,60 m por 1,20 m) en batería de alta eficiencia para microorganismos, tipo Hi-flo o Riga-flo 85-90% y otro para fase gas de carbón activado.

Regulaciones y controles: en el área destinada a la guarda de los Protocolos se censa la temperatura ambiente, la humedad y la presión diferencial respecto a la antecámara de acceso que oficia de Air-lock. Dichos parámetros son los que gobiernan la actuación del equipo de acondicionamiento higrotérmico. Si no hiciere falta una adecuación de la temperatura y humedad del área igualmente se prevé la actuación en modo “ventilación” para que garantice la renovación mínima necesaria del aire interno, ajustándose a los parámetros de la Ley de Higiene y Seguridad. El sistema de filtrado interior complementario debe ser de actuación permanente o semi-permanente ajustándose su accionar por reloj programable hasta garantizar con su caudal que el conteo de partículas en suspensión de cada contaminante se encuentre en parámetros aceptables. Se instalarán sensores de presión diferencial en los filtros que indiquen el grado de ensuciamiento para prever su limpieza o recambio. Todo el control del sistema será integrado del tipo CCN o CC6400 y contará con comunicación remota por bus para alertar al control central del edificio sobre anomalías en el funcionamiento.

Iluminación natural, se adopta la solución de incorporar 12 lumiductos verticales por módulo de archivo, de un diámetro de 25 cm dispuestos según las siguientes características:

- Cúpula de inyección de policarbonato resistente al granizo y a los rayos UV, 3,2 mm de espesor y 92% de transmisión visible, sellada para evitar la filtración de corrientes de aire y la entrada de insectos.
- Especial “Roof Flashing”, pantalla de alta reflectividad que capta la luz del sol y la transporta al interior del tubo.
- Reflector para captar la máxima luz natural.

- Tubo reflexivo (99,7%) de aluminio anodizado con muy poca pérdida o ganancia del calor.
- Difusor curvo el cual distribuye la luz natural en forma uniforme en todos los lugares del ambiente.

Iluminación artificial, se adopta la iluminación artificial por medio de:

1. Fuente luminosa en el interior de cada lumiducto.
2. Luminarias como complemento de la iluminación dada por los lumiductos.
3. Iluminación general.
4. Iluminación por sectores de estanterías, con lo cual permitir la búsqueda individual de cada protocolo. Cada una de estas áreas de iluminación será comandada desde la antecámara de acceso de cada archivo.

SIMULACIÓN DE COMPORTAMIENTO

Se realizó la simulación térmica utilizando el programa SIMEDIF (INENCO, UNSa), para la zona bioambiental III-b según Norma IRAM 11.603. Los valores de temperatura ambiente, humedad, velocidad de viento e irradiación solar promedios mensuales figuran en la siguiente tabla:

Mes	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura máxima (°C)	HR (%)	Viento (km/h)	Irradiación solar* (MJ/día)	Heliofanía relativa (%)
Marzo	15	19,7	25,2	-	16	22,8	59
Junio	5,8	9,9	14,9	82	17	9,4	47
Septiembre	7,9	12,8	18	-	20	20,2	54
Diciembre	15,8	21,3	27	70	20	31	56

* Estimada con GEOSOL para día claro.

Datos meteorológicos del Servicio Meteorológico Nacional, 1970-1980.

Estos valores indican que el edificio requiere de calefacción y enfriamiento auxiliar para lograr condiciones térmicas apropiadas para los bienes que se pretende preservar en las estaciones más rigurosas. En función de las características tecnológicas y de diseño del edificio se simularon los siguientes espacios:

1. Pasillo de circulación.
2. Módulo 1 (con mayor exposición al exterior).
3. Módulo 2 (mediterráneo).
4. Cámara para circulación de aire succionado por extractores eólicos del Módulo 1 y 2 para invierno y verano.

Para la situación de **invierno**, las temperaturas medias del Módulo 1 y su cámara de ventilación son muy próximas a la media exterior, debido a que no poseen ganancia de energía (auxiliar o solar) y a que la cubierta tiene una gran resistencia al ingreso de calor. La amplitud térmica diaria en el Archivo es inferior a 1°C. El Módulo 2 y su cámara de ventilación presentan el mismo comportamiento que el Módulo 1, encontrándose sus temperaturas por debajo del rango de confort necesario para la conservación de los libros y requiriendo, en consecuencia, del aporte de energía auxiliar convencional. A fin de determinar las cargas de calefacción auxiliar necesarias, para mantener el pasillo y los archivos a 20°C, se simuló la termostatación de estos tres locales durante las 24 horas del día, funcionando los extractores eólicos y calentando el aire de ingreso a las cámaras ventiladas hasta un valor de 15°C.

Para la situación de **verano**, se observa que los locales se encuentran fuera del rango de confort de los libros notariales y se requiere entonces de energía auxiliar para enfriar el pasillo y los Módulos de Archivo. Las amplitudes térmicas de los gabinetes son pequeñas, del orden de 1,5°C en este caso.

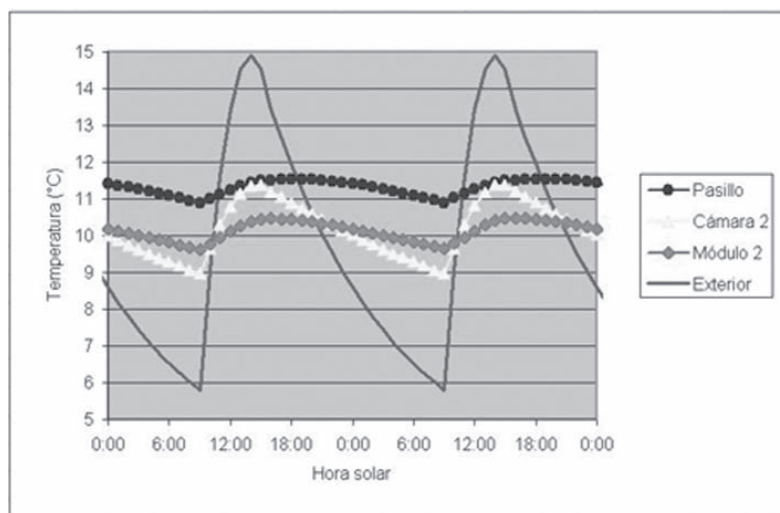


Gráfico N° 3: comportamiento térmico del Módulo 2, su cámara de ventilación y del pasillo en invierno.

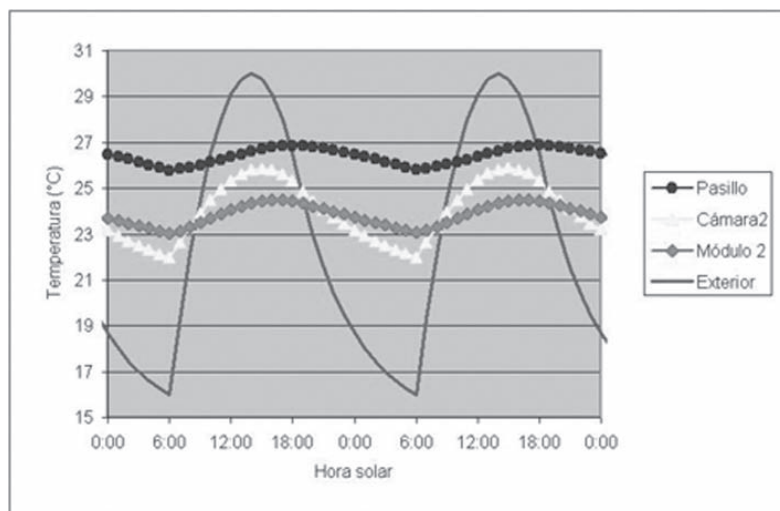


Gráfico N° 4: comportamiento térmico del Módulo 2, su cámara de ventilación y del pasillo, en verano.

Para la verificación de **ventilación de la cámara de aire** se realizó la simulación dinámica del fluido determinando velocidades y presiones en distintos sectores y puntos críticos, bajo el siguiente planteo de su geometría:

- El sistema a simular se consideró en 3D, a escala real.
- Se solucionan numéricamente las ecuaciones básicas de la mecánica de fluido:
 - Ecuación de continuidad (conservación de masa).
 - Ecuación de balance de fuerzas (Ec. de Navier Stokes).
 - Modelo de viscosidad Smagorinsky (para adaptabilidad de elementos).
- Se implementó el método de elementos finitos.
- La malla de elementos contiene una estructura de 9.574 nodos (16.424 elementos).

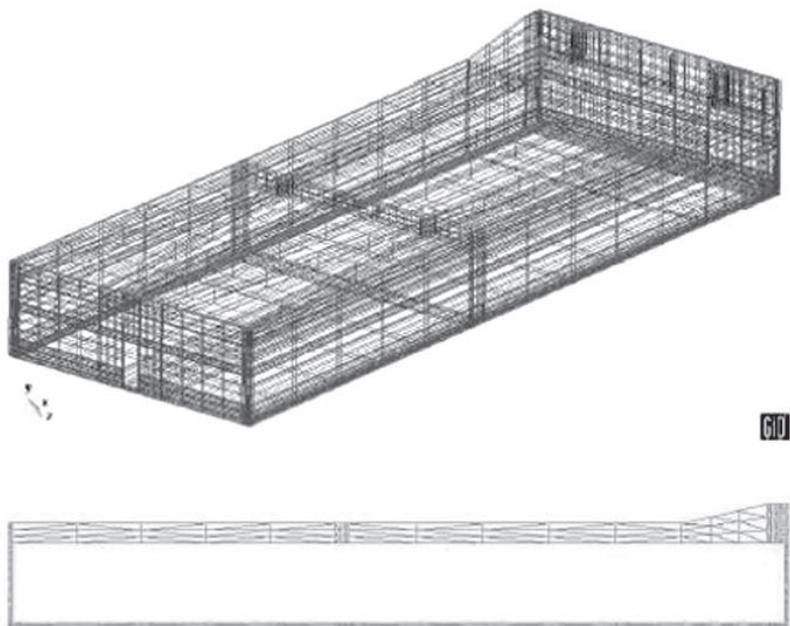


Fig. N° 7a y b: vista de la malla de elementos finitos en 3D. Vista de un corte de la malla de elementos finitos; conducto simulado.

Esta simulación permitió diseñar las secciones óptimas de la cámara de aire, detectar puntos de mayor presión y velocidad adecuándose su conformación formal y estructural; determinación de secciones de ductos y rejillas de entrada de aire por debajo del pasillo; determinación de la ubicación y el tamaño de secciones de los ductos de extracción eólica.

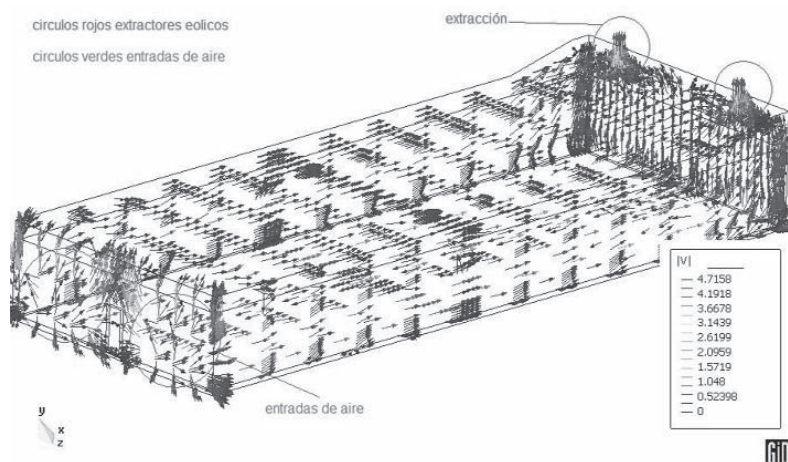


Fig. N° 8: distribución de velocidad a los 30 minutos (tiempo real) para todo el recinto.

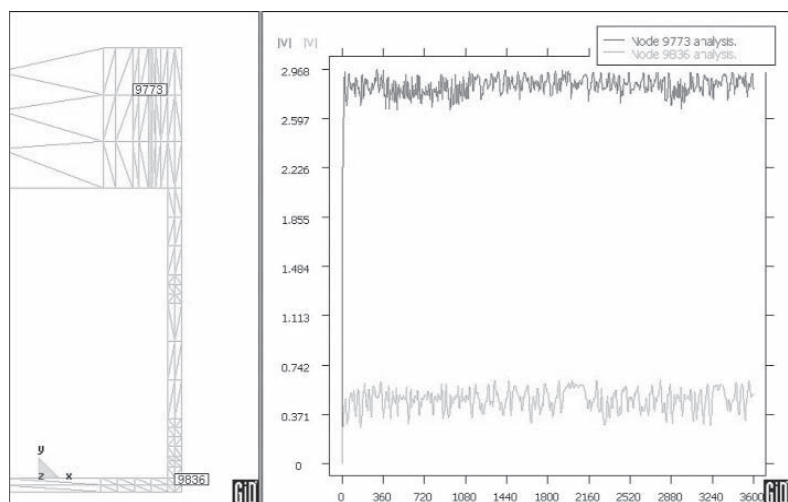


Fig. N° 9: simulación dinámica de velocidad de aire.

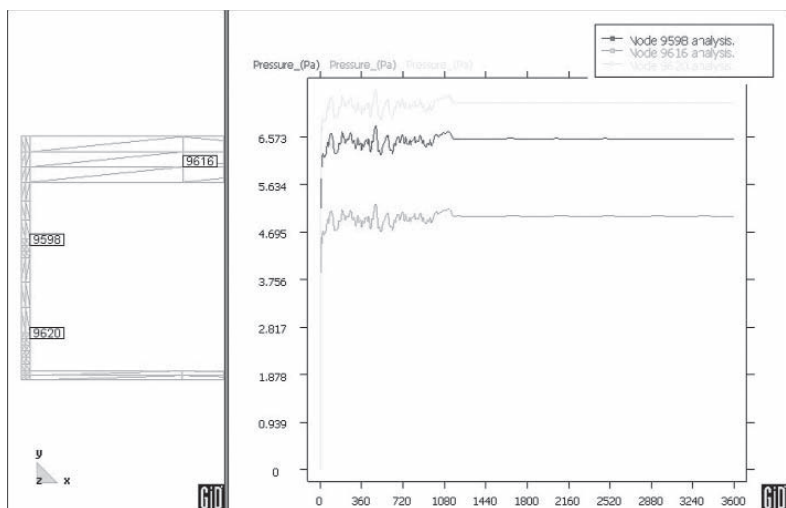


Fig. N° 10: simulación dinámica de presión de aire.

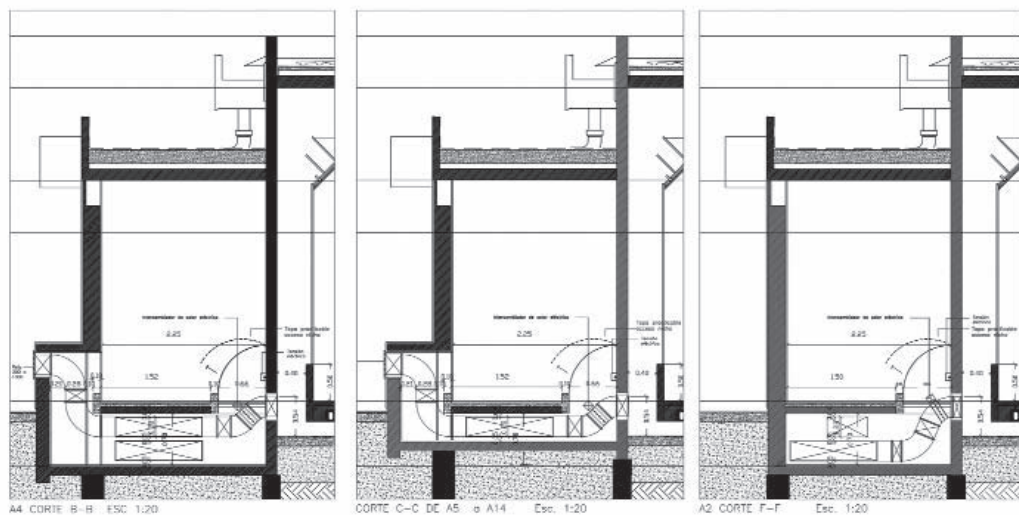


Fig. N° 11a, b y c: sistema de inyección de aire a los Módulos de Archivo.

SÍNTESIS

Durante el invierno dentro del Módulo de Archivo se mantiene una temperatura estable con una amplitud térmica menor a 1°C , con una media de 10°C , igual que la media exterior pero eliminando los picos de máxima y mínima de ocurrencia diaria. Esto implica que es preciso incorporar la climatización para elevar la temperatura de confort interior (18°C a 20°C). Esto se debe a que al Archivo no se recomienda la incorporación de ganancia directa solar (o calentamiento debido a la incidencia de la radiación solar), lo que aportaría el calor requerido. Debido a este comportamiento se incorporan en cada archivo un equipo independiente del tipo de precisión que controla la temperatura y la humedad interior. Además un equipo de triple filtrado del aire (1. Particulado; 2. Biológico; 3. Fase Gas). Para evitar la posibilidad de que durante el período de mayor humedad relativa se produzca una condensación superficial, se incorporó un intercambiador de calor para calentar el aire de mando a la cámara. Durante el verano, en el Módulo de Archivo, la temperatura media interior se encuentra a 24°C con una amplitud térmica de $1,5^{\circ}\text{C}$. Esto

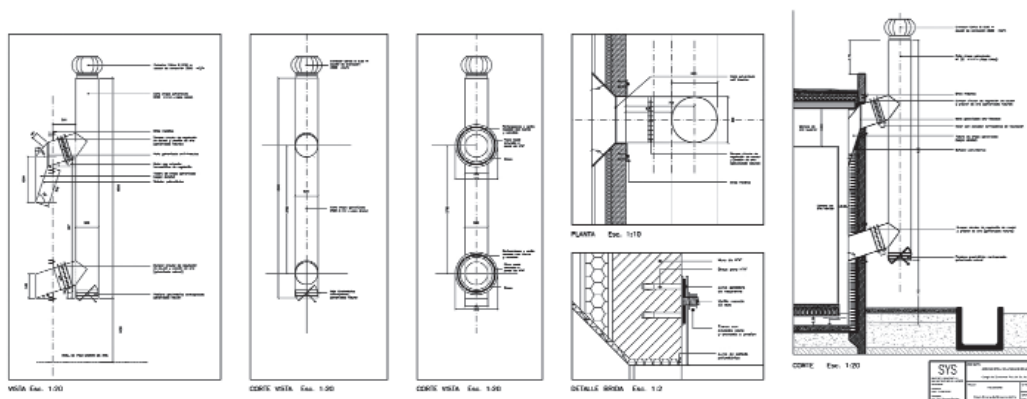


Fig. N° 12: sistema de extracción de aire de los Módulos de Archivo.

implica que es necesario incorporar la climatización para reducir la temperatura de confort interior (20°C a 22°C). Durante las estaciones intermedias (otoño y primavera) se minimizan los requerimientos de refrigeración o calefacción gracias a la bondad del clima de la zona en esas épocas del año, favoreciendo la circulación de aire a temperaturas muy próximas a las de confort de los libros. Debido a lo antedicho se ha diseñado un sistema de ventilación natural que incorpora aire fresco desde el patio técnico sombreado y aprovecha la inercia térmica del pasillo incorporando aire pretratado térmicamente.

Se desprende de lo expuesto que, se reduce considerablemente las necesidades energéticas y se estabilizan las condiciones de variabilidad higrotérmica. El sistema de extracción natural de aire se ha diseñado en función de una autorregulación de las condiciones higrotérmicas, evitando en días extremos o de fuerte viento la salida de los parámetros de confort. De tal modo se han incorporado dumper motorizados y cierres gravimétricos en cada conducto con lo cual producir la regulación (cierre o apertura) del sistema.

El edificio que se ha propuesto incluye la aplicación del concepto de “confort del libro” y resoluciones técnicas sencillas conocidas, en combinación con aplicaciones nuevas y diferentes del conocimiento técnico-científico en la actualidad. En este sentido, la objetividad de la forma y el funcionamiento se encuentran asociados no solo a una idea de utilidad sino específicamente a la “eficiencia de los procesos involucrados”. Este pensamiento se sustenta sobre tres puntos esenciales de la realidad que nos compete:

1. Gasto operativo.
2. Valor del Protocolo.
3. Condición de sustentabilidad ambiental.

Es por lo expuesto que sería de suma importancia entender que este edificio pueda transformarse en “modelo” de futuras iniciativas en el ámbito público, asistiendo como ejemplo vivo a la transformación del paradigma actual, hacia uno más cercano a las necesidades reales de nuestro tiempo.



Fig. N° 13: perspectiva de acceso.



Fig. N° 14: perspectiva de la fachada.



Fig. N° 15: perspectiva general.

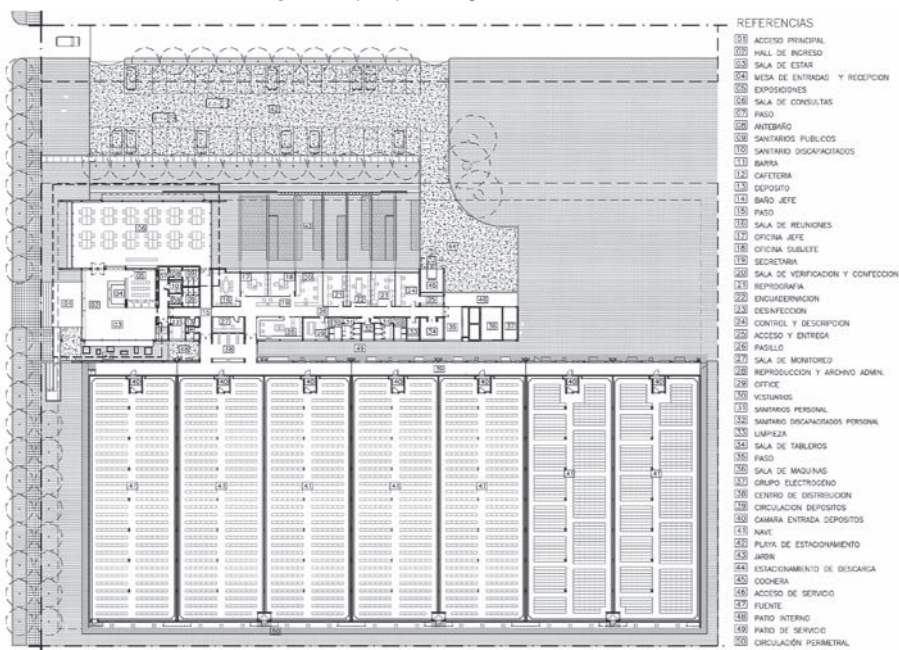


Fig. N° 16: planta general.

NOTA

¹ Al respecto el proyecto ha tenido en cuenta algunos desarrollos edilicios como por ejemplo: “El edificio normalizado para la red ferroviaria de Suiza (NGB)”, realizado por los arquitectos Morger y Degelo (1995); “La Reserva del Museo del Holocausto, Shoá”, 20 m²), realizada por la arquitecta A. Gómez en la ciudad de Buenos Aires (2004); el proyecto para el “Hospital Materno Infantil de Tucumán”, realizado por el Estudio Sessa-Ripari, con el asesoramiento bioclimático de la UI 2, IDEHAB-FAU-UNLP (1993); y el “Pabellón educativo y de laboratorios en la Universidad de Misiones”, realizado por el Estudio Pagani y Asociados con la asesoría bioclimática del arquitecto Gustavo San Juan (2006).

CAPÍTULO 9

CASA KYOTO

Felipe Pich-Aguilera | Teresa Batlle

Equipo de arquitectura: Pich-Aguilera

Arquitectos: Felipe Pich-Aguilera, Teresa Batlle

Área de Investigación y Desarrollo:

Responsable: Pau Casaldaliga, Max Radt

Colaboradores: Thaïs Lara, Joan Vitoria, Mari Carme París, Natalie Meric

Colaboradores especialistas: Prefabricados Pujol: Sol y Clima, instalaciones de energía renovable Alder, instalación de geotermia

Asesor externo y aparejador: Andreu Muñoz, ITL Institut Tecnològic Lleida

Promotor/Constructor: PMP

MEMORIA

La estrategia establecida en el diseño del proyecto incluye una metodología de aplicación de criterios sostenibles. Se divide en tres etapas: comportamiento pasivo (diseño bioclimático), sistemas de energías renovables y recursos naturales y materiales; y soluciones constructivas. En esta estrategia se busca la optimización del

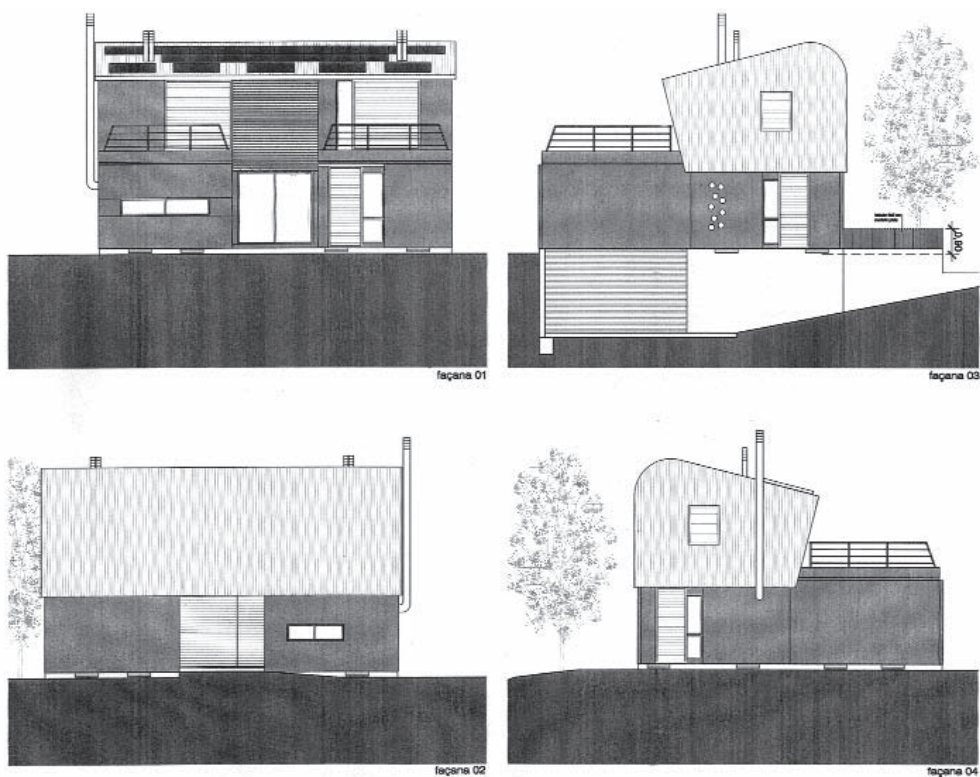


Fig. N° 1a, b, c y d: fachadas del frente, atrás y perfiles.

comportamiento pasivo del edificio disminuyendo el impacto medioambiental y la demanda de energía. Se buscan los sistemas constructivos industrializados e innovadores mejorando la calidad, los plazos de ejecución y la gestión de los residuos de la obra y la elección de materiales según criterios medioambientales. El ahorro del agua y el reciclaje de las aguas pluviales y residuales es otro tema central en el diseño de las instalaciones del edificio.

foto exterior

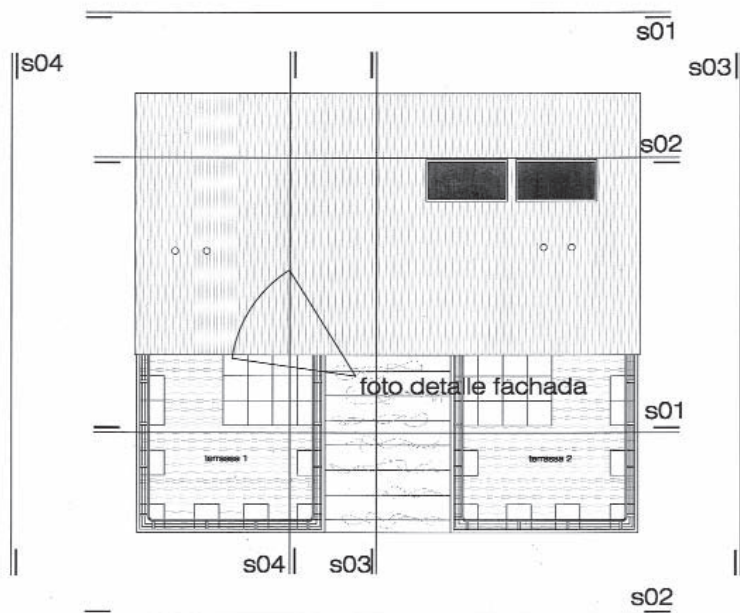


Fig. N° 2: detalle de la fachada del frente.

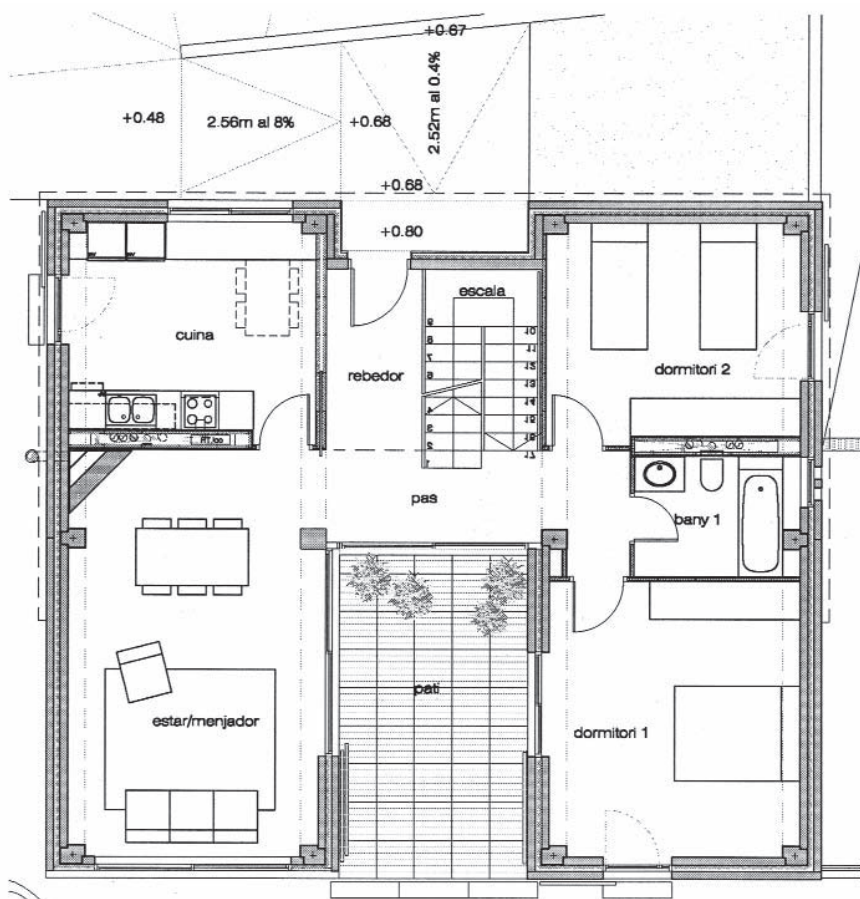


Fig. N° 3: planta baja.

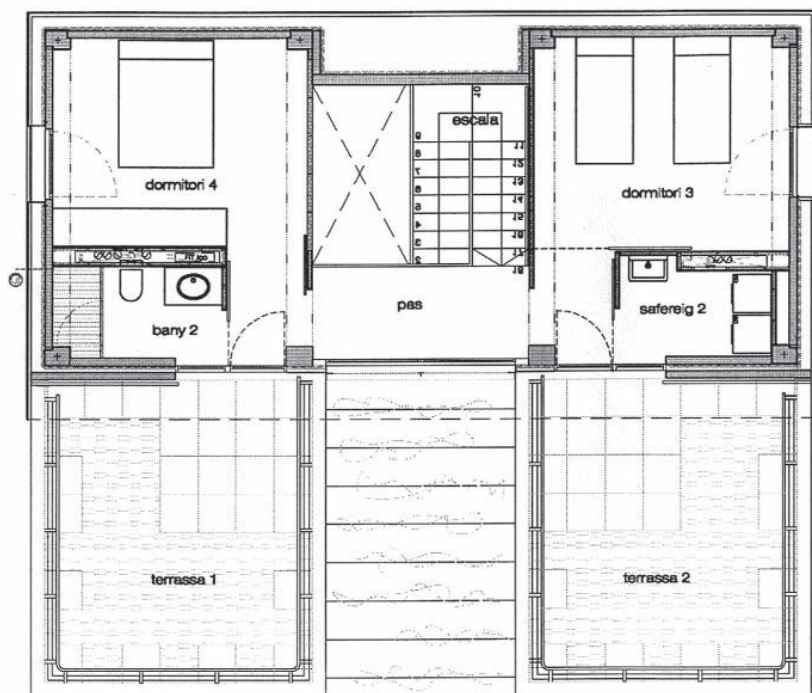


Fig. N° 4: planta del primer piso.

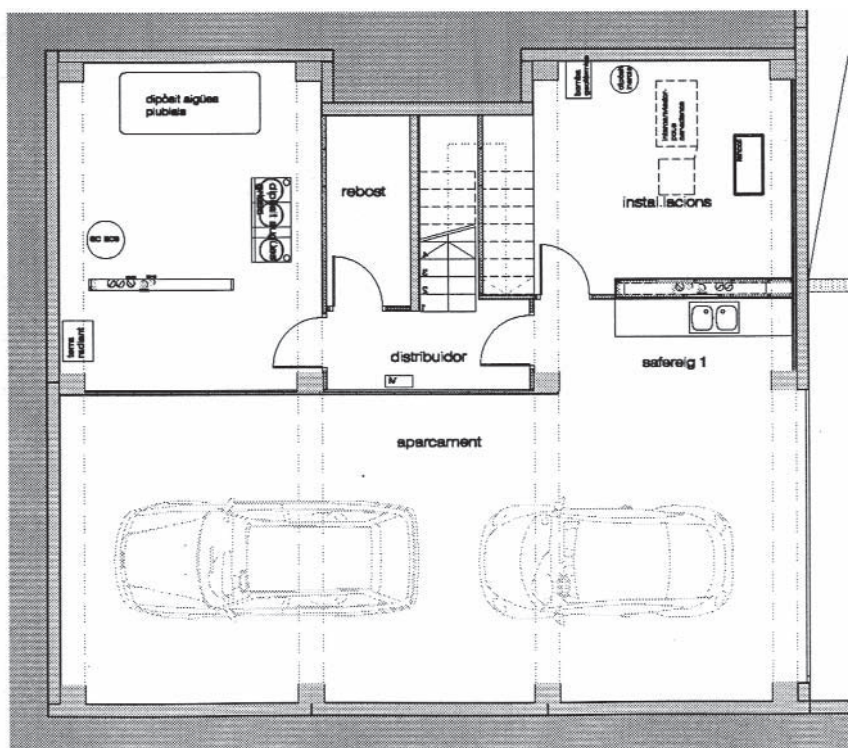


Fig. N° 5: planta del subsuelo.

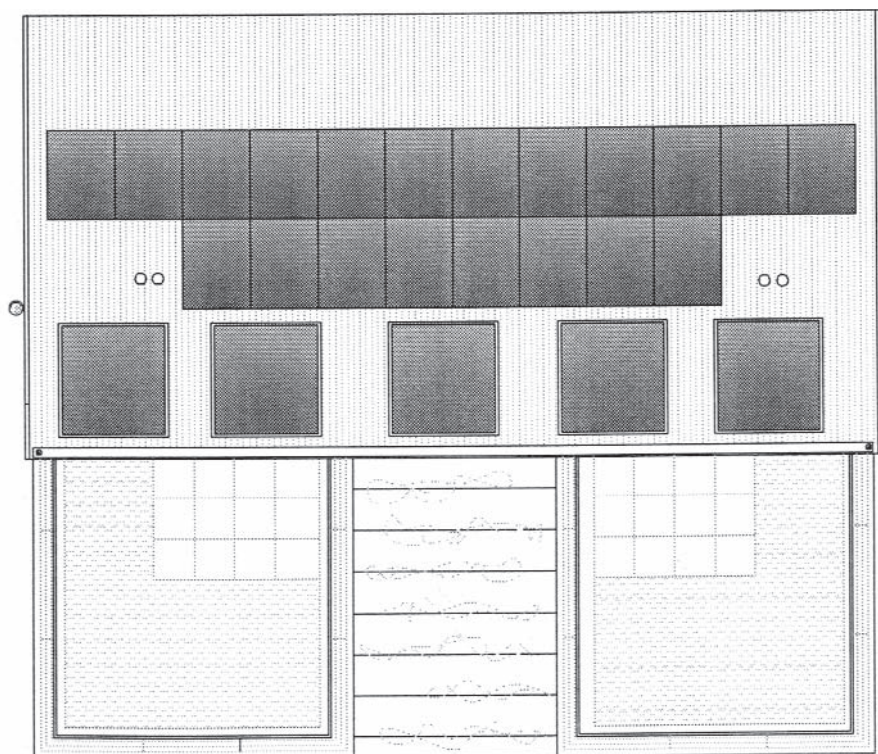


Fig. N° 6: planta cubierta.

COMPORTAMIENTO PASIVO (DISEÑO BIOCLIMÁTICO)

El objetivo es reducir la demanda de energía para lograr las condiciones de confort de la casa aprovechando las condiciones del entorno del edificio:

Al tratarse de un proyecto de una casa unifamiliar prefabricada no se conoce la ubicación exacta de la casa y los condicionantes de cada terreno. La casa tiene una planta en forma de “H” que estará orientada con el patio central hacia el Sur. El diseño permite una desviación

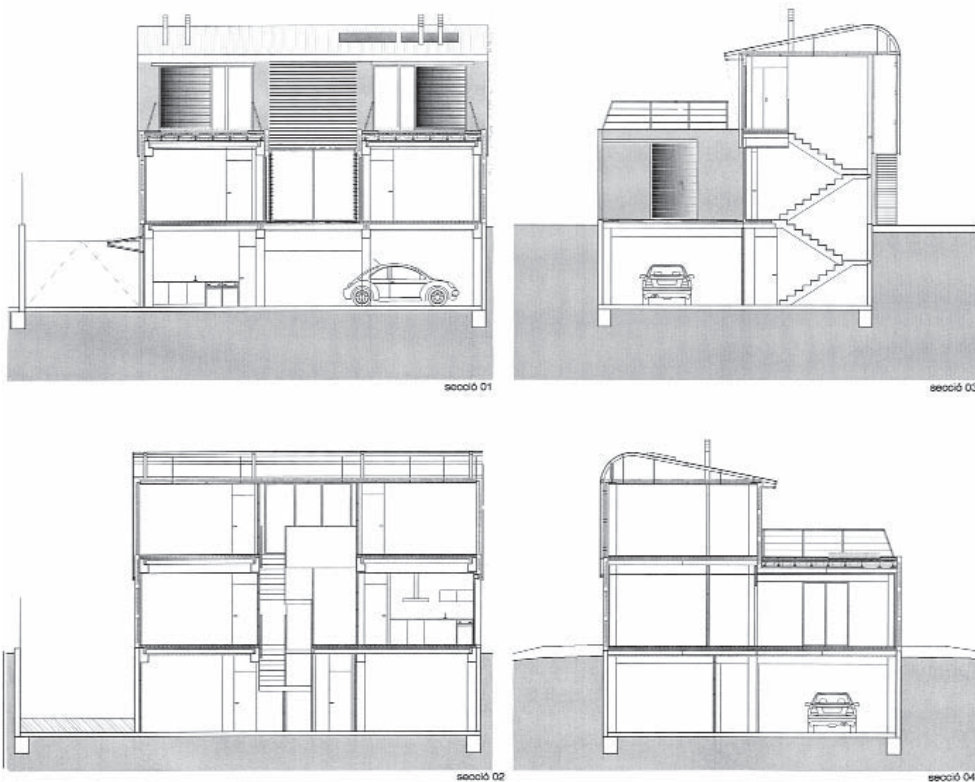


Fig. N° 7a, b, c y d: vista de las secciones.

máxima de 45° a Este o Oeste. Con esta condición se cubren todas las posibilidades de las diferentes orientaciones y geometrías de los posibles solares.

Protección de las ganancias térmicas:

- La casa está organizada alrededor de un patio central abierto hacia el Sur. Este elemento permite extender la vida de la casa al patio en primavera y verano. El ambiente fresco del umbráculo se consigue con una pérgola de plantas trepadoras. El mismo patio quedará abierto en otoño e invierno cuando las plantas trepadoras pierden la hoja. En estas épocas del año se trata de un lugar protegido del viento aprovechando al máximo la radiación solar. El patio será un lugar cálido y agradable respecto al exterior. Las fachadas interiores del patio se pueden abrir y de esta forma incluir el patio en la vivienda. Todas las fachadas interiores del patio disponen de una segunda piel de lamas horizontales orientables que permiten protegerse de la radiación solar y de las vistas cuando haga falta.
- Las fachadas exteriores de la casa están relativamente cerradas y las aperturas disponen de lamas orientables horizontales para poder controlar la radiación solar.
- La fachada Sur de la primera planta, prácticamente toda acristalada, está protegida por un voladizo de la cubierta y de lamas correderas horizontales orientables.
- La fachada de la planta baja estará protegida de la radiación solar mediante una “pérgola solar” integrando los captadores de la energía solar térmica.

Modulación de las ganancias térmicas:

- Todos los elementos de protección solar delante de las ventanas son orientables para poder modular la entrada de la radiación solar en cada momento.

- En las partes opacas de la casa se trata de una fachada ventilada de paneles delgados de hormigón de gran formato en el exterior, una cámara de aire ventilada, una capa continua de aislamiento térmico y un panel grueso de hormigón sin revestimiento hacia el interior.

Ventilación natural:

- La ventilación natural de la casa está pensada para poder evitar el uso del aire acondicionado en verano y suponer una renovación de aire mínima en invierno. El patio central con su microclima respecto al ambiente exterior funcionará sobre todo en las épocas no extremas del año. En el mes de agosto y en los meses

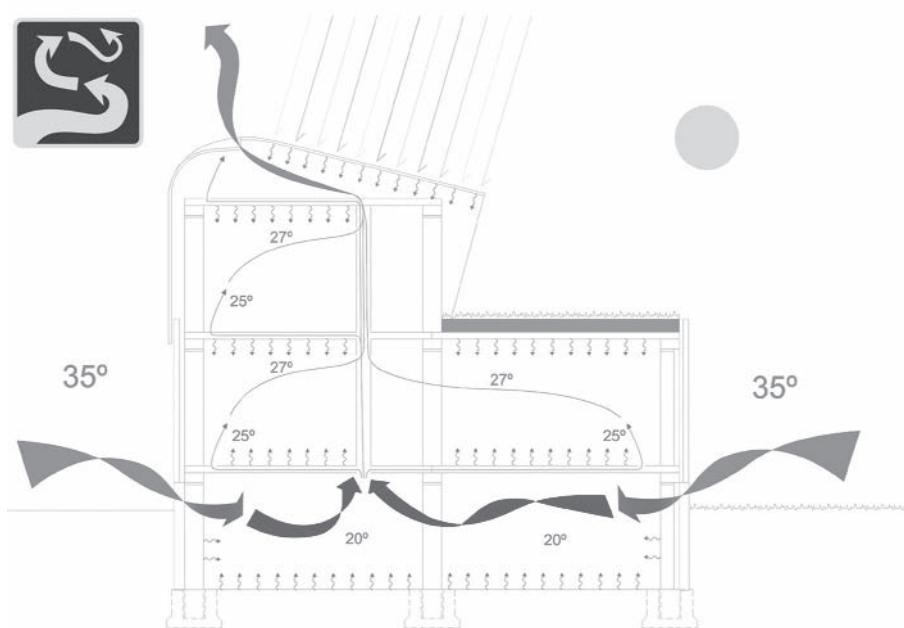


Fig. N° 8: ventilación.

de enero y febrero es probable que el patio quede excluido de la casa. Se han previsto unas chimeneas de extracción de aire en la pared de instalaciones y unas rejillas en la carpintería exterior. La cubierta ventilada de chapa metálica está diseñada como una chimenea solar. El “sobrecalentamiento” es intencionado y se pronuncia más con las placas fotovoltaicas integradas. Este calor produce el efecto chimenea necesario en verano y se aprovecha para calentar la cámara en invierno.

Masa térmica y aislamiento:

- El proyecto está basado en un sistema constructivo pesado de hormigón. En el proyecto se aprovecha al máximo la masa térmica de la estructura y de los cerramientos de la casa.
- Fachada: se trata de una fachada ventilada de paneles delgados de hormigón de gran formato en el exterior, una capa continua de aislamiento térmico y un panel grueso de hormigón sin revestimiento hacia el interior. Se invierte el sistema tradicional de la fachada prefabricada con el aislamiento y el trasdosado en el interior para aprovechar la masa térmica en el interior de la vivienda.
- La carpintería de la vivienda es de aluminio anodizado con doble cristal y rotura del puente térmico.
- Forjados: se prevé un sistema de calefacción por suelo radiante interactuando con la masa térmica del forjado de hormigón.
- Cubierta-aljibe: la capa de agua de la cubierta-aljibe es un buen aislante que mantiene una temperatura del forjado constante durante todo el año. Se evita así el sobrecalentamiento característico de estancias situadas debajo de cubiertas planas tradicionales.
- Cubierta metálica: la cubierta metálica ventilada está diseñada como una chimenea solar. El “sobrecalentamiento” es intencionado y se pronuncia más con las placas fotovoltaicas integradas.

Este calor produce el efecto chimenea necesario en verano y se aprovecha para calentar la cámara en invierno.

- El valor de la transmitancia térmica del material aislante deberá ser inferior al valor límite indicado en el Código Técnico de la Edificación (actualmente en aprobación), según la zona geográfica de la vivienda. En Cataluña cumplirá como mínimo el valor de la zona geográfica más restrictiva (la zona D3, Lleida), según situación del aislante:

Fachada: transmisión térmica límite = $0,66 \text{ W/m}^2\text{K}$

Cubierta: transmisión térmica límite = $0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$

Techo sótano: transmisión térmica límite = $0,49 \text{ W/m}^2\text{K}$

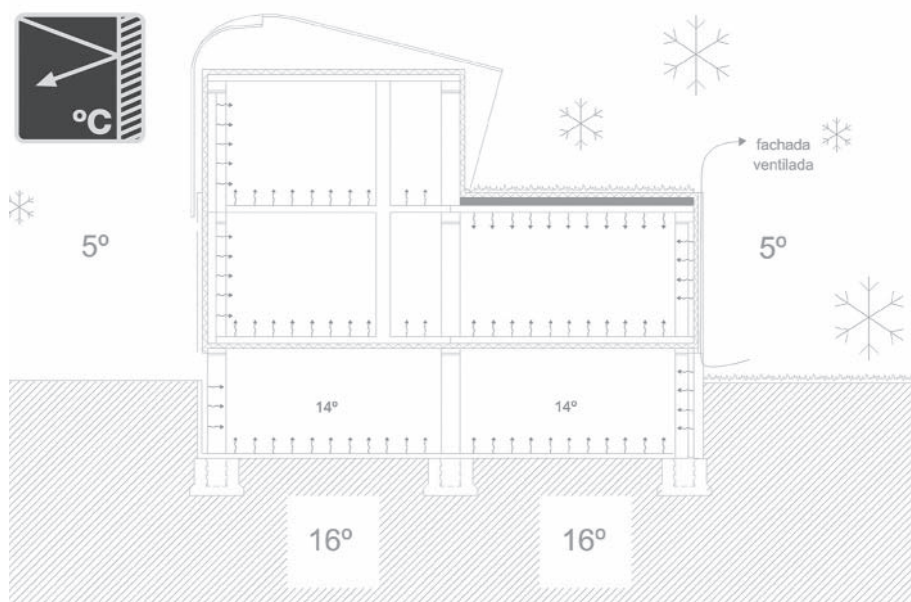


Fig. Nº 9: masa térmica.

SISTEMAS DE ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA:

El objetivo es cubrir la mayor parte de la demanda energética con energías renovables y bajar las emisiones de CO₂ como uno de los principales objetivos del Protocolo de Kyoto. Aprovechar los recursos naturales, reciclarlos y reutilizarlos.

Todos los sistemas de energías renovables se han pensado desde su integración arquitectónica en el proyecto. No se trata de elementos añadidos posteriormente sino de una parte íntegra del concepto de la casa.

ENERGÍAS RENOVABLES

Solar térmico: los colectores solares están integrados en una “pérgola solar” en la fachada Sur.

El sistema solar térmico estará dimensionado para cubrir las necesidades de ACS de la casa incluyendo los consumos de la lavadora y del lavavajillas. Además, apoyará el sistema de calefacción por suelo radiante.

Según la disponibilidad del lugar, el sistema de apoyo será de gas, de gasoil o mediante bomba de calor.

Fotovoltaico: el sistema de captación estará integrado en la cubierta de chapa. Existen diferentes sistemas de captación desde láminas flexibles hasta colectores cristalinos. El sistema estará pensado para conectarlo a la red.

Existe también la posibilidad de aprovechar la energía en la propia casa en el caso de no disponer de una conexión a la red eléctrica.

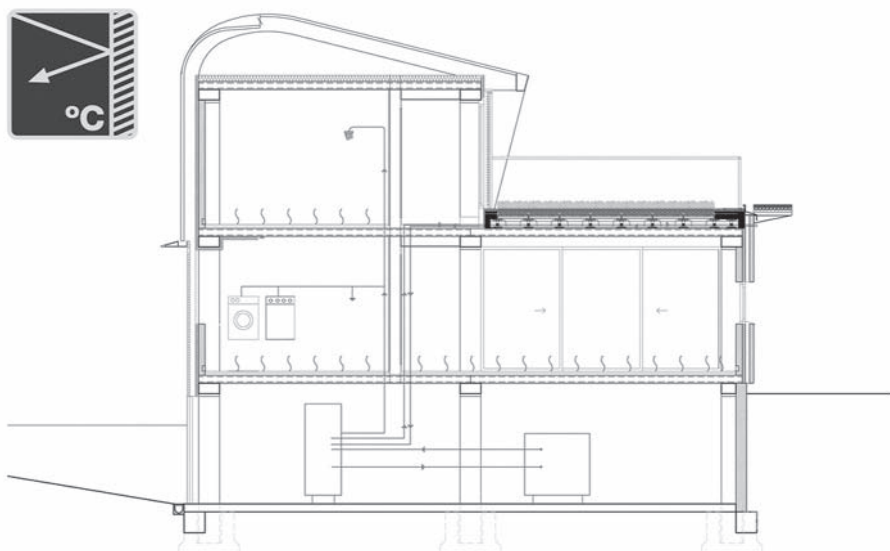


Fig. Nº 10: térmico.

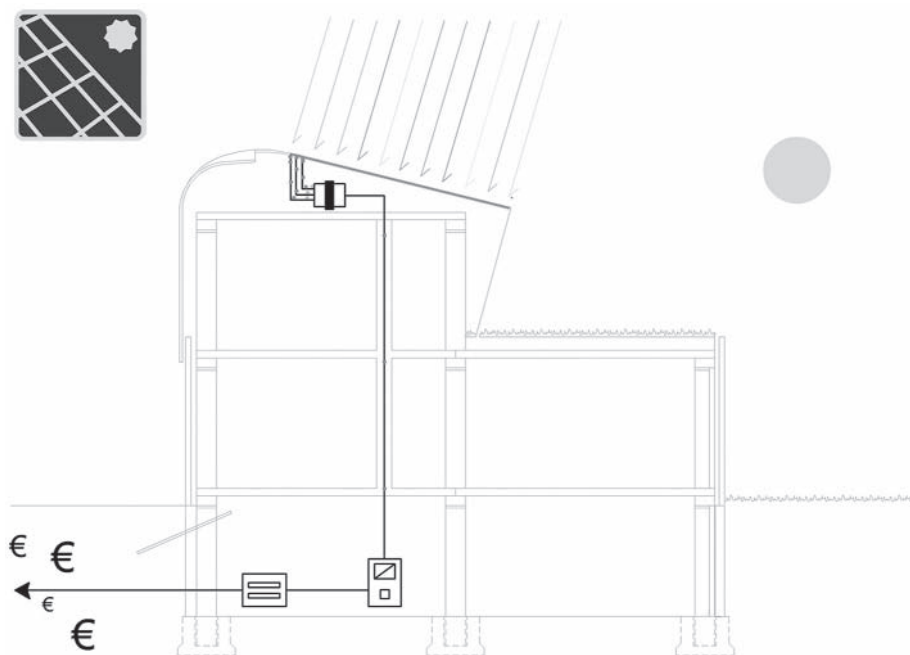


Fig. Nº 11: campo fotovoltaico.

AGUA

Aprovechamiento de aguas pluviales: se instalará una red separada de recogida de aguas pluviales en el edificio. Se recogerá el agua de todas las cubiertas y terrazas de la casa en un depósito pluvial en el sótano. Habrá un mínimo de cuatro depósitos que almacenarán 1.000 litros cada uno, pudiendo ampliarse con más depósitos adicionales, llegando a los 20 depósitos en total. Este depósito se dimensionará en función de la demanda del jardín contando con soluciones de plantas autóctonas y riego por goteo. El sistema de la cubierta-aljibe formará junto con el depósito en el sótano un sistema cerrado independiente de la red.

Aguas grises: se instalará una red de recogida de las aguas grises de las duchas y lavamanos. Con este sistema se produce un ahorro entre un 30-45% del consumo anual de agua potable. El agua se

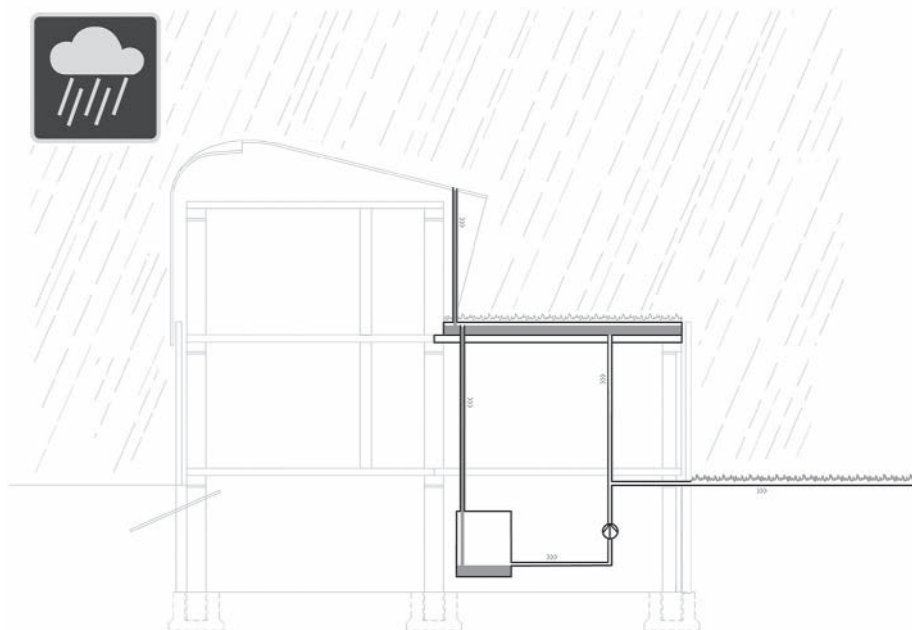


Fig. N° 12: aguas pluviales.

depurará y almacenará en un depósito de aguas grises antes de ser reutilizado en las cisternas de los WC.

Medidas de ahorro: en todos los aparatos sanitarios de los baños y aseos y en las cocinas se prevén mecanismos de ahorro de consumo. Los grifos monomandos utilizados disponen de limitadores de caudal, de 6 litros/min. (ahorro del 65%) y reductores en las duchas de 9 litros/min. a una presión de 3 bar. La cisterna del WC dispone de doble descarga (descarga de 3 ó 6 litros = ahorro del 60%) u descarga interrumpible (con pulsador elevado o enrasado = ahorro del 50%).

Se prevén tomas de ACS en la lavadora y el lavavajillas (tener en cuenta la compra de estos electrodomésticos bitérmicos). Además de ahorrar energía para calentar el agua estos aparatos tienen un consumo de agua inferior a los aparatos de la clasificación A del mercado.

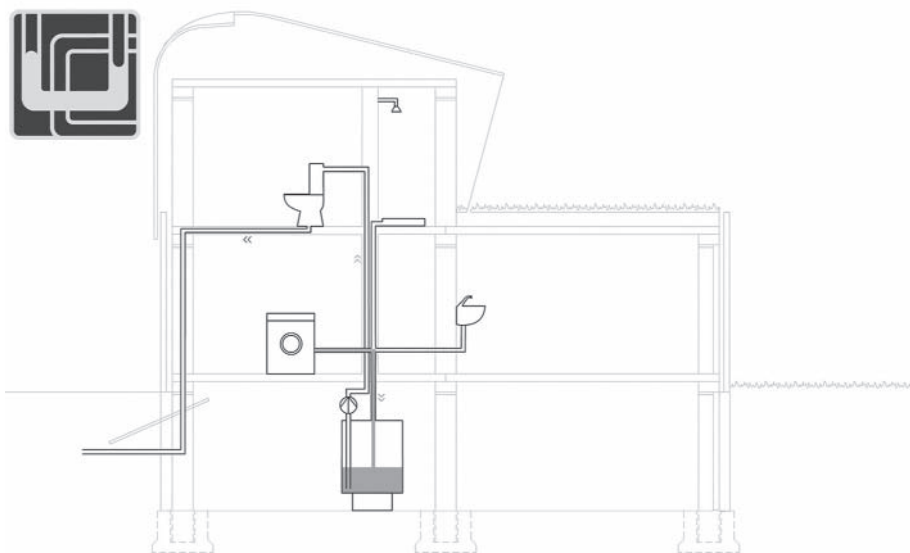


Fig. Nº 13: aguas grises.

MATERIALES Y SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Se utilizan materiales sostenibles que cumplan unos requisitos mínimos (sellos y certificaciones de calidad nacional o europeo). Los sistemas constructivos están pensados para optimizar los procesos de construcción, deconstrucción y posterior reciclaje mediante su montaje en seco.

Estructura: toda la estructura y composición de la vivienda se realiza con elementos prefabricados de hormigón (pilares, jácenas, losas alveolares y paneles de fachada). El resultado es un mejor acabado, mejor control de todo el proceso, menor generación de residuos en la construcción y mayor rapidez de ejecución. Todos los elementos están montados en seco, lo cual hace que sea totalmente desmontable y reciclable.

Cerramientos: la fachada tiene un acabado de paneles de hormigón de 8 cm de grosor. La casa está resuelta con solo dos tamaños de paneles prefabricados, unos de 1,20 m y los otros de 2,30 m de anchura. Entre los paneles exteriores e interiores hay una cámara ventilada con aislante, beneficiando la masa térmica de la vivienda con el panel grueso en el interior.

Acabados exteriores y carpintería: la carpintería de la vivienda es de aluminio anodinado, con doble cristal y rotura del puente térmico. El aluminio utilizado tendrá un alto porcentaje de material reciclado. La protección solar se realiza mediante lamas orientables de aluminio o madera, con bastidores correderas o corrugables.

Acabados interiores: todos los elementos prefabricados se dejan sin revestimientos, ya que el acabado del panel interior tiene la textura y acabado deseado.

Debido a la estructura de la vivienda existen muy pocas partes de tabiquería interior. Ésta se resuelve mediante sistemas de montaje en seco permitiendo una gran flexibilidad de distribución.

El parquet utilizado dispondrá de certificación energética sostenible FSC.

Instalaciones: los conductos de instalaciones discurren por una “pared de instalaciones” vertical, en relación directa con las estancias húmedas de la vivienda. Esta pared agrupa todos los conductos, permitiendo su distribución al resto de la vivienda.

Un zócalo registrable discurre por la parte inferior de los paneles de hormigón interiores, incorporando todos los mecanismos totalmente integrados en la canal, con conexiones de tubos metálicos para los interruptores de superficie.

La calefacción de la vivienda se resuelve mediante sistemas integrados de suelo radiante.

Se recomienda utilizar electrodomésticos de clasificación energética A, ya que su gasto energético es mucho menor, y que la lavadora y lavavajillas sean bitérmicos.

Aislamientos: se utiliza un material aislante de bajo impacto ambiental, como la lana de vidrio o preferiblemente de materia prima regenerable como el corcho o la madera, y que no genere gases tóxicos en su combustión.



Fig. N° 14: colocación de los primeros pilares de la construcción.



Fig. N° 15: vista lateral.



Fig. N° 16: construcción de la casa Kyoto en una etapa bastante avanzada.



Fig. N° 17: vista desde el interior de la casa.



Fig. N° 18: vista de aberturas del primer piso.



Fig. Nº 19: vista de la casa Kyoto terminada.

AUTORES

ENRIQUE BROWNE es arquitecto (1965) y *magister* en Planificación Urbana (1968), ambos obtenidos con “distinción máxima” en la Universidad Católica de Chile. Posee estudios avanzados en Estados Unidos, Inglaterra y Japón. Obtuvo becas de PUC - F. Ford (1967), Ford Foundation (1969-1971), Social Science Research Council (1975) y Guggenheim Foundation (1983).

Tiene 32 premios y 30 menciones de Honor en concursos y bienales de Arquitectura. Ha sido jurado en 53 concursos nacionales e internacionales. Es autor de nueve libros sobre arquitectura y urbanismo (seis de ellos en colaboración). Ha escrito 60 ensayos sobre temas relacionados en revistas internacionales. Sus obras han sido materia de tres monografías bilingües y han sido publicadas 261 veces en libros y revistas de distintos países.

LUZ ALICIA CÁRDENAS JIRÓN es arquitecta de la Universidad de Chile (MSc). Doctora en Arquitectura y Urbanismo (Universidad Politécnica de Madrid). MSc in Urban Development Planning (University of London). Profesora asociado del Departamento de Urbanismo de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (Universidad de Chile). Ha realizado varias publicaciones en libros, revistas y ponencias, nacionales e internacionales. Es investigadora del FONDECYT-CONICYT. Líneas de investigación: acceso solar en edificios y entorno urbano; modelaciones energéticas, evaluaciones energéticas de morfología urbana. Ha realizado asesorías a empresas privadas y a organismos públicos en planificación ambiental y desarrollo urbano sustentable.

E-mail: lcardena@uchile.cl

HERNÁN BUGUEÑO RUBIO es arquitecto de la Pontificia Universidad Católica de Santiago de Chile. *Master* en Medio Ambiente y Arquitectura Bioclimática en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid de la Universidad Politécnica de Madrid. Funcionario a cargo de proyectos de Edificios Públicos del organismo estatal en área de Políticas Públicas del Programa País Eficiencia Energética, Comisión Nacional de Energía (Gobierno de Chile). Trabajó en la Oficina de Arquitectura Ruiz-Larrea Asociados de Madrid (España), como arquitecto director del Departamento de Innovación + Bioclimatismo colaborando en proyectos de Arquitectura Bioclimática.

CELINA FILIPPÍN es arquitecta egresada de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (UNLP). *Magíster* en Energías Renovables y doctora en Ciencias, egresada de la UNS (Argentina). Investigadora independiente del CONICET en el Área de Uso Eficiente de Energía en Edificios. Participa en actividades de transferencia de tecnología. Es coautora del diseño arquitectónico y responsable del diseño térmico de edificios bioclimáticos.

LEÓN MAREK es arquitecto egresado de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (UNLP). Desarrolla actividades de proyecto, dirección técnica, administración y representación técnica de obras de arquitectura: viviendas unifamiliares, departamentos, escuelas, hospitales, centros de salud, entre otros. Es responsable de más de 60 obras.

BEATRIZ GARZÓN arquitecta de la FAU-SeCyT (Universidad Nacional de Tucumán). Investigadora de CONICET.

HERNÁNDEZ A. UNSA. INENCO.

EDGARDO MELE del Instituto Provincial de la Vivienda de Chubut.

E-mail: edmele@hotmail.com

LILIANA DEBENITO del Instituto Provincial de la Vivienda de Chubut.

MARCELO HERNÁN HUENCHUÑIR BUSTOS es arquitecto con distinción máxima de la Universidad de Chile. Doktor Ingenieur de la Universidad de Hannover (Alemania).

Prestó servicios en el Instituto de la Construcción como Secretario Técnico para la “Elaboración de la 2ª Etapa de la Reglamentación Térmica en Chile”, y en el Instituto de la Construcción, donde se desempeñó como investigador de la contraparte chilena para el proyecto “Comportamiento Global y Certificación Energética para los Edificios de Vivienda en Chile”.

Es profesor asistente en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile y dicta la cátedra “Tecnologías en Arquitectura Sustentable”. Es coordinador del Diplomado en Arquitectura Eficiente. Es miembro de la Red Iberoamericana para el Uso de las Energías Renovables y diseño Bioclimático en Viviendas y Edificios de Interés Social (CYTED, Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, España), el Comité de Certificación Ambiental de Edificios del Instituto de la Construcción.

GABRIEL ENRIQUE LEAL arquitecto, egresado de la Pontificia Universidad Javeriana. Magíster en Planificación Urbana y Regional de la Pontificia Universidad Javeriana, Máster en Ecoauditorías y Planificación Empresarial del Medio Ambiente del Instituto de Investigaciones Ecológicas, Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Málaga (España). Consultor en Arquitectura, Ordenamiento Territorial y Planificación Ambiental. En el sector público ha ocupado diversos cargos, ha sido docente de la Universidad INCCA y de la Universidad Piloto de Colombia. Actualmente, es docente e investigador de la Pontificia Universidad Javeriana. Autor del libro ECOURBANISMO, el nuevo paradigma.

DAVID MORILLÓN GÁLVEZ es ingeniero civil de la Universidad de Guadalajara, posee una Maestría en Diseño Bioclimático de la Universidad de Colima y es doctor en Ingeniería por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Fue subdirector, director y asesor en la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, también fue director del Programa Universitario de Energía de la UNAM, asesor de la Comisión Nacional de Vivienda, presidente de la Asociación Nacional de Energía Solar. Actualmente se desempeña como profesor titular en las maestrías y doctorados en Energía, Diseño Bioclimático y Tecnología Ambiental de la UNAM y en varias instituciones nacionales e internacionales. Es investigador y coordinador de Mecánica y Energía en el Instituto de Ingeniería de la UNAM, y miembro del Comité de Normas para Equipos y Sistemas Solares en NORMEX.

Es representante de México en la Red Iberoamérica de Diseño Bioclimático y Energías Renovables del CYTED, miembro del Renewable Energy Expert Committee, y del Grupo Consultivo en Edificación Sustentable para América del Norte de la Comisión de Cooperación Ambiental para América del Norte.

GUSTAVO SAN JUAN es profesor titular de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (UNLP). Investigador del CONICET. Director del Laboratorio de Modelos y Diseño Ambiental (LAMbDA) e integrante del IIPAC (FAU-UNLP). *Master* en Ambiente y Patología Ambiental, Universidad de Siena-UNLP. Especialista en Diseño Bioclimático y temáticas en la relación Hábitat-Energía-Ambiente.

ADRIANA TOIGO es profesora titular de Instalaciones en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU-UNLP). Especialista en Instalaciones termomecánicas, sanitarias e incendio. Como profesional independiente integra el Estudio A/C.

JOSÉ LUIS LLOBERAS es profesor titular de Instalaciones en las facultades de Arquitectura de La Plata (FAU-UNLP), Belgrano (UB) y docente en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (UBA). Asesor en Instalaciones termomecánicas, sanitarias e incendio.

ALEJANDRO HERNÁNDEZ es licenciado en Física y doctor en Ciencias (Área de Energías Renovables). Profesor de Transferencia de Calor y Materia de la Facultad de Ciencias Exactas (Universidad Nacional de Salta). Especialista en Diseño y Monitoreo de Edificios Bioclimáticos.

NAHUEL SALVO es licenciado en Física y *master* en Métodos Numéricos y Diseño en Ingeniería. Profesor de Mecánica de Fluidos de la Facultad de Ciencias Exactas (Universidad Nacional de Salta). Especialista en Mecánica de Fluidos Computacionales.

GABRIEL SANTINELLI es profesor adjunto de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (UNLP). Especialista en Gerenciamiento de Proyecto y Diseño del Politécnico de Milán (Italia) - Facultad de Arquitectura y Diseño (UBA). *Master* en Paisaje-Medio Ambiente-Ciudad (Universidad de Chile-Instituto Universitario de Arquitectura de Venezia-Ecole d'Architecture de París, La Villette-UNLP).

SALVADOR SQUILLACIOTTI es profesor de la Facultad de Bellas Artes (UNLP). Consultor *senior* PNUD en Arquitectura para el desarrollo infantil y director del Estudio SyS arquitectos.

DIEGO RÍOS es arquitecto de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (UNLP). Como profesional independiente integra el Estudio o4.

FELIPE PICH-AGUILERA y **TERESA BATLLE PAGÉS**, apoyados por un amplio equipo pluridisciplinar forman el estudio “Equipo Arquitectura Pich-Aguilera”. Una de las características que define su estudio es su apuesta por la arquitectura sostenible y respeto al medio ambiente, así como la búsqueda de nuevos sistemas constructivos basados en la industrialización de los procesos. Ambas características les han valido diversos premios, siendo el más destacado el “Premi Medi Ambient 2006” de la Generalitat de Catalunya a la mejor trayectoria en la sostenibilidad en la edificación, concedido por primera vez a un despacho de arquitectura.