

# PENSAR SOSTENIBLE

**Gemma Rodríguez\***

\* La Dra. Arq. Gemma Rodríguez es Profesora Titular del Instituto de la Construcción de la Facultad de Arquitectura-UdelaR. Colaboró en parte de este trabajo la M.Arq. Alicia Mimbacas, Profesora Adjunta del mismo instituto.

La industria de la construcción es un intenso consumidor de recursos naturales y generador de residuos. En cada una de las etapas de su ciclo de vida -extracción de los materiales, procesamiento, traslado a las obras, puesta en obra, uso de los edificios, demolición y deposición final- se puede identificar una intensa demanda de energía y agua, y emisión de residuos.

Sería parcial analizar los efectos ambientales de estos procesos sin considerar el efecto multiplicador de esta industria en la generación de mano de obra e implicancias sociales, por lo cual el abordaje de sus efectos ambientales debe necesariamente incorporar la dimensión social y económica, necesitando una nueva sensibilidad, para lo cual se debe empezar a atender la idea de pensar sostenible.

## 1. Introducción

El calentamiento global debido al efecto invernadero es un gran problema actualmente. Según el IPCC<sup>1</sup> los cambios climáticos traerán consecuencias irreversibles si no se toman medidas inmediatamente. La concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> tiene actualmente un valor que es récord histórico (390ppm), y crecerá exponencialmente, por lo que recomienda que las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> sean reducidas al nivel de 1990 en los próximos 20 años; como resultado, gobiernos y líderes de industrias que producen las mayores cantidades de CO<sub>2</sub> deben implementar medidas decisivas para reducir las emisiones globales de CO<sub>2</sub> desde 2010 hasta 2030.

En relación a medidas de mitigación de estos gases, se señala que es el sector edilicio quien posee el mayor potencial económico de mitigación al año 2030 en comparación a otros sectores como transporte, agricultura, silvicultura, etc. Según informe del PNUMA y la SBCI (Sustainable Building and Construction Initiative) la industria de la construcción consume de 25-40% del consumo global de energía, genera 30-40% de los

residuos sólidos y 20% de los residuos líquidos y emite 30-40% de los gases efecto invernadero<sup>2</sup>.

En nuestro país, la Unidad de Cambio Climático (UCC) elaboró un Plan Nacional de Cambio Climático e inventarios nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero. En la figura 1<sup>3</sup> se discrimina el origen de las emisiones nacionales de CO<sub>2</sub>, identificándose la industria manufacturera y de la construcción (13%), la producción de cemento Portland y cal (6%), el aporte del sector residencial y de servicios (10 y 3%, respectivamente). En la figura 2<sup>4</sup> se comparan emisiones anuales de CO<sub>2</sub> de diferentes países, observándose que el nuestro está muy por debajo de los restantes.

Según Sakay y Sordyl<sup>5</sup> la rápida industrialización y el aumento de la población desde la segunda guerra mundial son los causantes de los cambios ambientales a nivel mundial; afortunadamente fue reconocida la naturaleza del problema y se desarrolló el concepto de "sustainable development". En inglés *sustainability* es el sustantivo de *sustainable*, que presenta una definición prácticamente idéntica a la palabra española "sostenible" ("desarrollo que, cubriendo las necesidades del presente, preserva las posibilidades de que las generaciones futuras satisfagan las suyas"); con este significado, en este trabajo se usarán los términos sostenibilidad y sostenible.

Para el coordinador de la UCC, Uruguay no tiene una cantidad importante de emisiones que alteren el clima, pero sí está afectado por los cambios, sosteniendo que debemos "adaptarnos" pues la contaminación atmosférica no respeta fronteras políticas, por lo que nuestro país deberá reducir emisiones que provocan cambios climáticos. Por ello debemos empezar a atender la idea de pensar sostenible el mundo a través de la construcción de cualquiera de sus piezas, tenga la escala que tenga.

<sup>1</sup> IPCC, 2007, *Cambio climático 2007: Informe de síntesis*. Contribución de los Grupos I, II y III al Cuarto Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático, Pachauri, R.K. y Reisinger, A. eds., IPCC, Ginebra, Suiza.

<sup>2</sup> <http://www.unepsbci.org/SBCINews/latestNews/>

<sup>3</sup> Unidad de Cambio Climático, *Programa Nacional de Cambio Climático*, DINAMA, MVOTMA, 2007 y CLAES, PNUMA, DINAMA, EcoPlata, PNUD, 2008, Informe GEO, disponible en <http://www.universidad.edu.uy/retema/archivos/ Acceso abril 2009>.

<sup>4</sup> Id.

<sup>5</sup> Koji Sakai, Douglas Sordyl, 2009, ACI St. Louis Workshop on Sustainability: *Planning for the effects of green building and international standards*, Concrete International, ACI, Farmington Hills, USA, February 2009, vol.31, No.2

<sup>6</sup> International Organization for Standardization, ISO: la serie ISO 14000, ISO 15686-6, ISO 21930

<sup>7</sup> [www.breeam.org](http://www.breeam.org), [www.thegbi.org](http://www.thegbi.org), [www.usgbc.org](http://www.usgbc.org), [www.cagbc.org](http://www.cagbc.org)

## 2. Métodos disponibles para la sostenibilidad

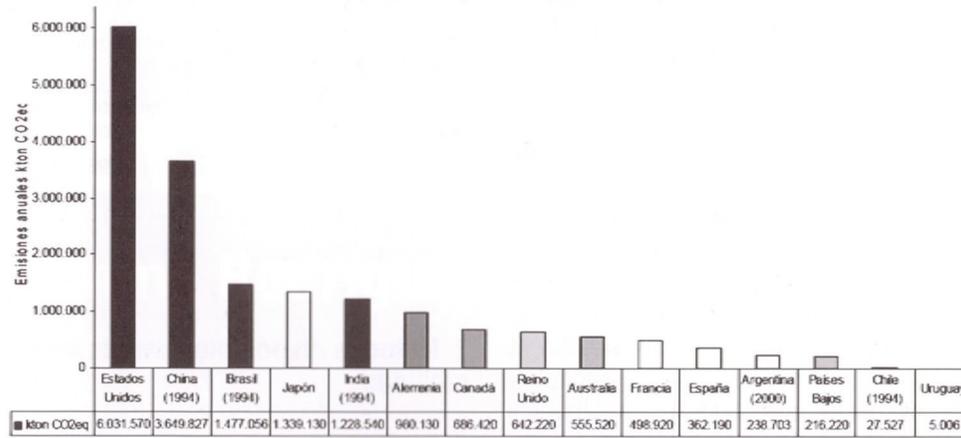
Organizaciones internacionales de normalización tienen publicaciones pertinentes a sostenibilidad y desarrollo sostenible<sup>6</sup>. También existen sistemas que proveen herramientas para realizar un diseño sostenible y mediciones de alcance ambiental para edificaciones<sup>7</sup>. Todos estos sistemas fueron diseñados para ayudar a profesionales y usuarios a minimizar impactos en los ecosistemas locales, lograr eficiencia del uso del agua, energía y recursos de otra naturaleza; y preservar el aire puro.

Dichos sistemas difieren en terminología, estructura, métodos para alcanzar las prestaciones, importancia relativa a las categorías de prestaciones ambientales, y documentación requerida para certificación. Con ellos se pueden seleccionar materiales que minimicen efectos ambientales, siendo Green Globes el único que proporciona herramientas relativas a ciclo

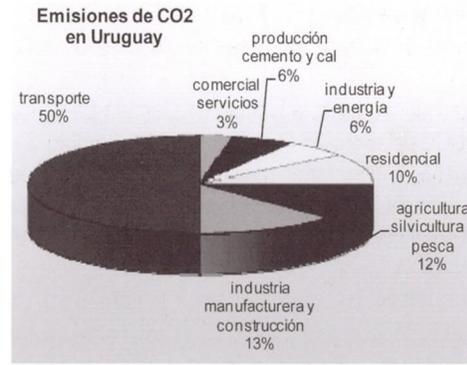
Figura 1 – Emisiones nacionales netas de CO<sub>2</sub>

Figura 2 – Emisiones anuales de CO<sub>2</sub> de diferentes países

Figura 3 - Líneas principales de acción del proyecto TESCO (Cleaner Technology Solutions in the Life Cycle of concrete Products)



Tecnología limpia	Ciclo de vida. FASE	Impacto ambiental a ser reducido o mejorado	Nivel de desarrollo
Reciclado de agua para uso en fábrica de hormigón	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo de agua</li> <li>Sustancias nocivas en agua sucias</li> </ul>	En desarrollo
Hormigón autocompactante	2 y 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabajo ambiental</li> <li>Consumo de recursos materiales</li> </ul>	En desarrollo, producción piloto
Proceso de construcción industrializada	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabajo ambiental</li> <li>Consumo de recursos materiales</li> <li>residuos</li> </ul>	En estudio, producción piloto
Hormigón y acero	1 y 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo de recursos materiales</li> <li>residuos</li> </ul>	En estudio
Clinker enriquecido con Belita	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emisión CO<sub>2</sub></li> <li>Emisión NO<sub>2</sub></li> </ul>	Estudio en Laboratorio
Agregados livianos con residuos de acero	1 y 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energía</li> </ul>	Estudio en Laboratorio
Uso directo de residuos en hormigón	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Residuo</li> <li>Consumo de recursos materiales</li> </ul>	Estudio en Laboratorio



de vida, que cuantifican las implicaciones de la selección de los materiales de construcción en términos de emisiones potenciales de CO<sub>2</sub>, informando primariamente energía, polución de aire y agua, y cuantificando el uso de recursos en el ambiente.

Corrientemente las edificaciones son el foco de discusiones ambientales, pero la construcción de infraestructura no está cubierta por sistemas como el LEED. Por ello para mitigar los efectos negativos de los sistemas infraestructurales, fue desarrollado en Estados Unidos el sistema GHP (Green Highways Partnership). Éste es usado a nivel estatal y federal para lograr el desarrollo sostenible de la infraestructura vial. Se incluyen como puntos focales el gerenciamiento de aguas, reciclado y reuso, y la conservación y preservación ambiental.

Según Herreros<sup>8</sup> "A simple vista los planteamientos que acompañan el cuerpo teórico de la sostenibilidad son sumamente tecnológicos y muy interesados en aspectos económicos -reducir la factura de la luz- y responsables -reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. Apenas se ha explorado el potencial arquitectónico que las tecnologías asociadas a la sostenibilidad pueden desarrollar, y los pocos casos que se han visto ofrecen una moda que salva su conciencia a través de la ingenua naturalización de la arquitectura -añadir verde- o un comportamiento eficaz que no deja huella en su organización, imagen o espacialidad".

### 3. Ejemplos de sostenibilidad

A continuación se presentarán dos ejemplos de sostenibilidad que permitirán comprender mejor las implicancias de esa palabra e ir, más allá de la conciencia sostenible, a la idea de pensar sostenible. Para ello se recurrirá a ejemplos de escalas y connotaciones muy diferentes, primeramente relativos a la sostenibilidad global de la industria del hormigón, luego en relación a la vivienda popular.

### 3.1. Sostenibilidad de la industria del hormigón

El hormigón es el material de construcción de mayor difusión y empleo en todo el mundo. Las prácticas de producción tradicionales han implicado un fuerte impacto negativo para el medio ambiente, vinculado a la importante emisión de CO<sub>2</sub> durante la producción de clínquer y al consumo de combustibles fósiles, cuya explotación viene agotando los recursos naturales.

Los efectos perjudiciales desde el punto de vista ambiental que esta actividad industrial produce, son fácilmente reversibles, si se tiene en cuenta que existe la posibilidad de incorporar como insumo en la producción de hormigón, grandes volúmenes de residuos industriales que constituyen actualmente factores de riesgo de contaminación ambiental. Integrandos estos residuos es posible minimizar el consumo de cemento y agregados, reduciendo significativamente las emisiones contaminantes y las acciones degradatorias producidas por la explotación de las canteras. Ya desde los '70 pueden encontrarse propuestas relacionadas con el empleo de residuos en producción de hormigones y morteros, para minimizar el gasto de recursos naturales en la producción de cemento y la disposición o eliminación de residuos.

Desde 1990 se está trabajando, con énfasis en países europeos como Dinamarca (ej.: Danish Technological Institute), para establecer las condiciones necesarias para producir hormigón de bajo impacto ambiental, el denominado *hormigón verde*, que optimiza el empleo de los materiales, recursos energéticos y las estructuras que lo emplean. En este marco se inscribe el Proyecto Europeo TESCO (1997-2000) para desarrollar tecnologías limpias para producir hormigón, reduciendo la formación de CO<sub>2</sub> y el consumo de recursos en extinción (combustibles fósiles).

Existen múltiples antecedentes sobre hormi-

gones y morteros con fibras de coco, plátano, bagazo de caña henequén y algunos tipos de bambúes, etc., llevada a cabo en diferentes países de América. En nuestro país, empero, los estudios relativos a la incorporación de residuos en los hormigones son aún incipientes, tanto como el desarrollo de hormigones y morteros con fines constructivos no tradicionales.

Se han realizado proyectos sobre el empleo de ceniza de cáscara de arroz y polvo retenido en electrofiltros al producir clínquer, que han dado lugar a publicaciones que presentan resultados de propiedades de los hormigones (de alta resistencia, convencionales y autocompactantes) y desarrollos tecnológicos, con sustitución de distintos porcentajes de cemento por los residuos mencionados<sup>9</sup>, también se ha investigado en relación a empleo de residuos de demolición<sup>10</sup>, entre otros. En relación al *hormigón verde* todos los antecedentes proponen analizar la viabilidad de producirlo y caracterizarlo no sólo a través del estudio tradicional de sus propiedades mecánicas y de durabilidad, sino desde la óptica del desarrollo sostenible, que incluye consideraciones ambientales y productivas integrales.

Algunos de los avances alcanzados muestran la viabilidad del empleo de residuos para la producción de hormigones verdes cuyas propiedades mecánicas y de durabilidad son comparables e incluso superiores a las de los convencionales, y por otra parte, han contribuido a una diversificación de usos y aplicaciones posibles para nuevos hormigones, los cuales presentan propiedades particulares.

### 3.2. Sostenibilidad en la vivienda

En relación a la vivienda, primeramente se tratará como ejemplo la casa *Cushamen*, (fig. 4), para la Comunidad Mapuche de la Patagonia, primera vivienda "autosuficiente" de Argentina. El prototipo fue diseñado por técnicos del Instituto Provincial de la Vivienda (IPV) y Desarrollo Urbano (DU) de Chubut, para la zona de la mese-

ta; fueron construidas catorce viviendas rurales dispersas en zona de emergencia hídrica. Estas viviendas son totalmente autónomas permitiendo a sus ocupantes cocinar, lavar ropa, ventilar y caleccionarse utilizando el adobe, el viento y el sol como fuentes de energía y materiales de la zona, de manera inédita en Argentina.

Cada propietario levantó su vivienda por autoconstrucción y tres grupos de vecinos realizaron trabajo asociativo. La clave del éxito fue la organización: el programa incluyó capacitación de los destinatarios para utilizar las unidades correctamente e investigación para que fueran eficientes en relación al diseño de las viviendas, mediante convenios del IPV con Universidades, y pos-ocupación para monitorear la eficiencia de la propuesta, y ver opciones de optimización.

IPV y DU también diseñaron prototipos para otras zonas (El Maitén, Tecka, etc.)<sup>11</sup>. En la fig. 5 se presenta la casa Champa, para la comunidad tehuelche, mostrándose las viviendas anteriores de los ocupantes y la vivienda construida. El diseño de la vivienda en champa de mallín recupera técnicas tradicionales vernáculas.

Veremos ahora un proyecto finalista de los Premios Mundiales del Hábitat de la Building and Social Housing Foundation (BSHF)<sup>12</sup>. Estos pre-

<sup>8</sup> Juan Herreros, 2007, *Transferencias*, Revista de Arquitectura, Sociedad Central de Arquitectos, Buenos Aires, Argentina, Junio 2007, No.225.

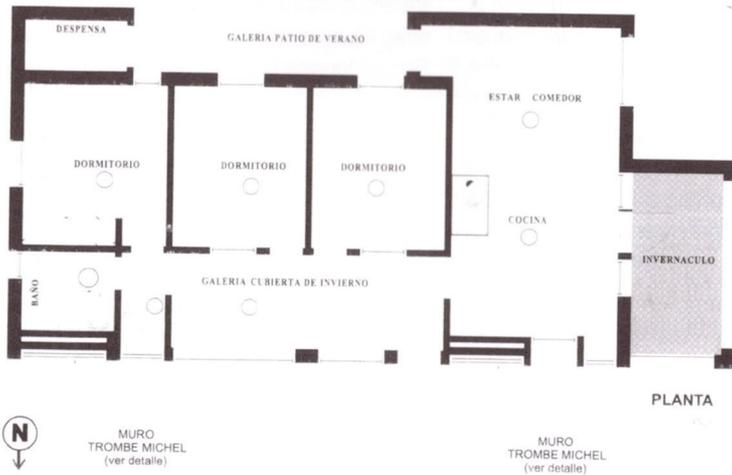
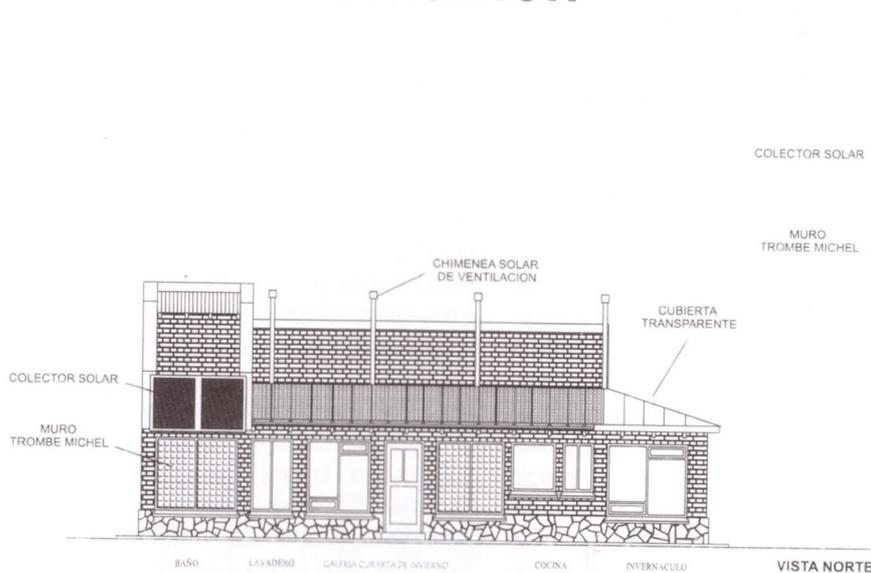
<sup>9</sup> Gemma Rodríguez et al, 2008: *Avances en la producción de hormigón verde en el Uruguay*, ALCONPAT, 2008.

<sup>10</sup> Duilio Amándola, 2008: *Gestión de Residuos de la Construcción y Demolición de edificios*, Revista de la Cámara de la Construcción del Uruguay, Abril 2008.

<sup>11</sup> [www.chubut.gov.ar/ipv](http://www.chubut.gov.ar/ipv)

<sup>12</sup> María López de Asiain Alberich, 2007, *Aspectos de la sostenibilidad en la docencia de la arquitectura y el urbanismo*, Congreso Internacional de Construcción Sostenible, Sevilla, Nov.2007.

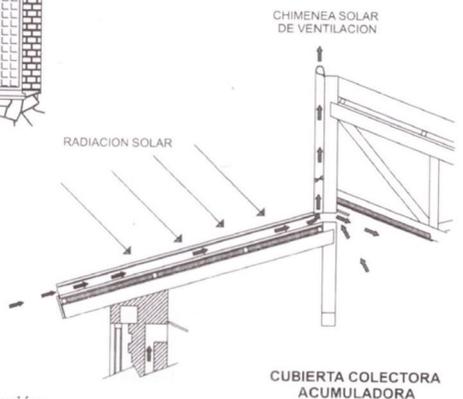
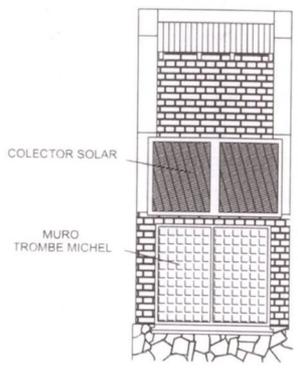
# casa cushamen



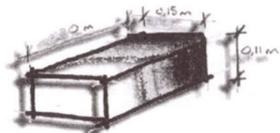
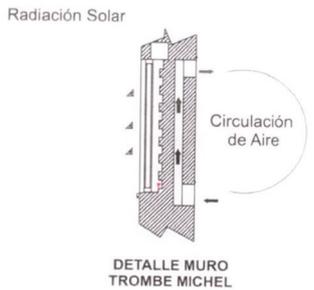
**Agua Caliente:**  
Por medio de un colector comercial con acumulador de agua en un tanque aislado.



**Energía Eólica:**  
Un Molino Generador Eólico de 700 w genera una corriente continua de 12 V que se complementa con una batería de 180 A



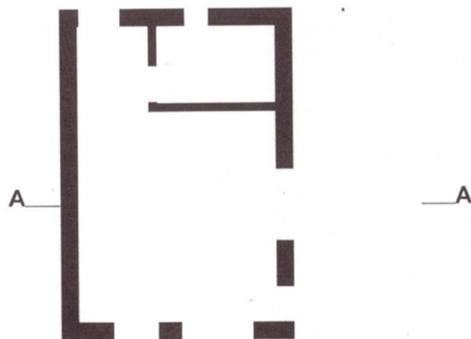
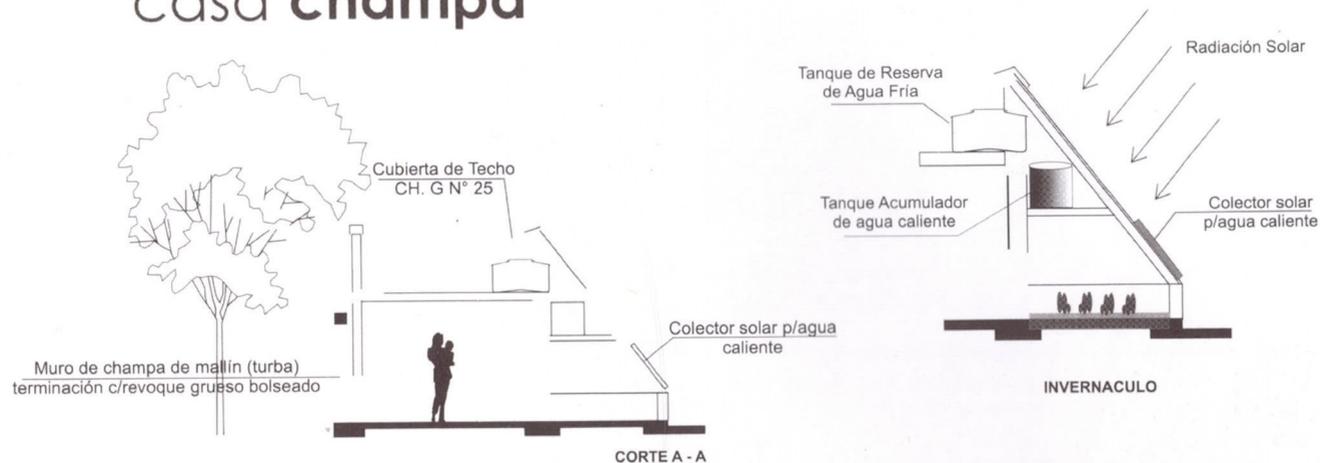
**Funcionamiento Calefacción:**  
Parte con ganancia directa con acumulación en muros interiores.  
Parte por muros colectores- acumuladores tipo TROMBE-MICHEL modificado.  
Parte por colector de aire en cubierta.  
Parte por ganancia directa en invernáculo con cámara de convección a temperante de pérdidas y aprovechando el sobrecalentamiento del Oeste a la tarde.



**Método constructivo:**  
Fabricación de Ladrillos in situ con suelo del lugar mezclado con cemento. Unidad 11 cm x 15 cm x 30 cm macizo. Pared doble de 15 cm de espesor c/u con cámara de aire de 5 cm rellena con poliestireno expandido

Figura 4- Vivienda Cushamen, Com. Mapuche de Patagonia, Chubut, Argentina

# casa champa



## DETALLES CONSTRUCTIVOS

**Método constructivo**  
Mampuesto de champas de mallín.  
Extracción "in situ".  
Unidad 30 cm x 50 cm x 10 cm  
asentado en barro. Nivelación de la  
fundación con piedra del lugar.  
Aprovechamiento de energía eólica y solar.

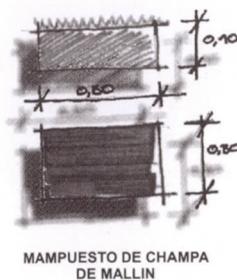
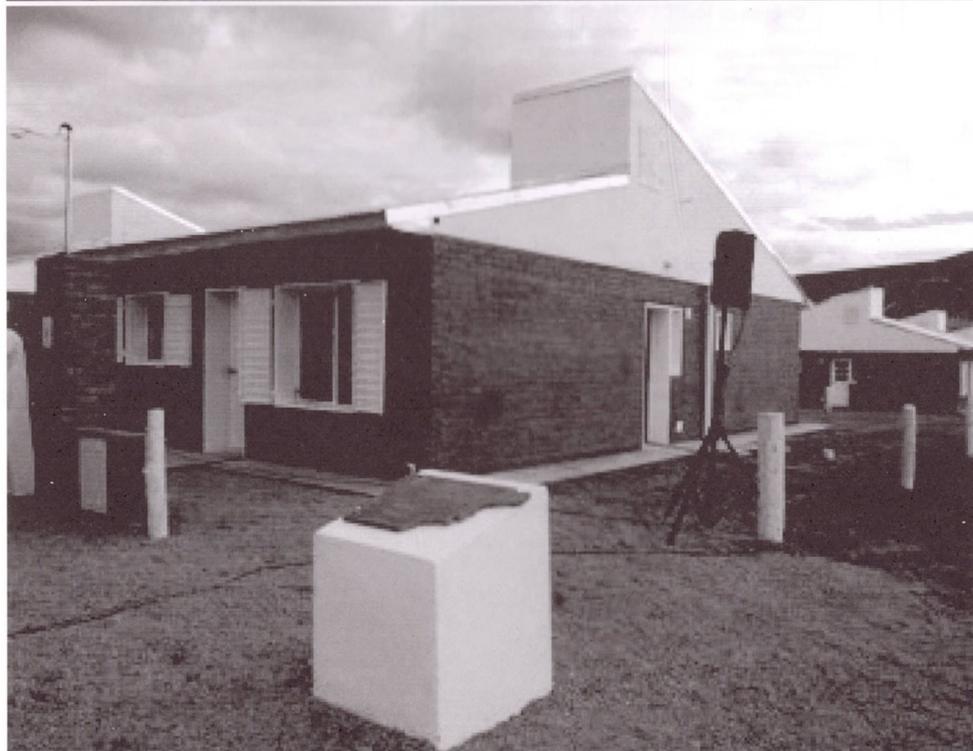


Figura 5- Vivienda Champa, Comunidad Tehuelche Patagonia, Chubut, Argentina; vivienda anterior y vivienda Champa construida



mios son entregados cada año, desde 1985, a proyectos de asentamientos humanos que proporcionen soluciones prácticas e innovadoras a los actuales problemas de vivienda en todo el mundo en la celebración anual del Día Mundial del Hábitat de las Naciones Unidas.

El ejemplo corresponde al programa de vivienda popular mexicano finalista en 2004, desarrollado por UCISV-VER; comenzó en 1997, es incremental, combina recursos de familias participantes con esquemas de ahorros conjuntos tradicionales y microcréditos para ayudar a familias que no tienen acceso a créditos formales para construir nuevos hogares o mejorar su vivienda actual.

El proyecto se basa en un proceso de construcción en fases múltiples para evitar que las familias sufran una presión económica excesiva. Durante el período de ahorro, cada familia diseña su casa junto con un arquitecto en talleres comunitarios. Los diseños de la casa usan características tradicionales del lugar.

El programa procura fomentar el desarrollo urbano en las zonas de bajos ingresos de Veracruz a través de la producción de viviendas populares; consolidar la organización de la comunidad, la capacidad para el ahorro y la solidaridad, especialmente entre las mujeres; generar sostenibilidad económica para la producción social de procesos de la vivienda, y participar en el desarrollo de políticas públicas relacionadas con la producción social de viviendas para grupos de bajos ingresos.

Se contemplan en el proyecto aspectos de sostenibilidad medioambiental, financiera y económica. En relación a la primera, se crearon materiales de construcción y tecnologías alternativas, en algunos casos utilizando el bambú en la estructura.

En relación a sostenibilidad financiera, la formación brindada en técnicas de construcción per-

mitió que miembros de la población mejoraran su ocupación y estrategias de vida en empleos de esta rama. Además el programa concede micropréstamos para apoyar pequeñas empresas comerciales. Se activó la capacidad de ahorro e inversión de las familias, que no pueden recurrir a ninguna otra fuente de crédito. Y como la vivienda es diseñada para ser construida en fases, las familias podrán extender así la unidad básica (sala grande, terraza exterior y aseo).

Respecto a sostenibilidad social, se implementaron programas de formación y concientización, que aumentaron la cooperación en las comunidades locales y la conciencia política mediante la participación en el gobierno de la organización. Las mujeres demostraron su capacidad de organizar y administrar, tuvieron participación constante y ello afectó positivamente su autoestima y pasaron a realizar actividades dentro y fuera de la familia que antes no realizaban.

#### 4. Aspectos de la sostenibilidad para transferir

Según Herreros, la conciencia sostenible constituye una de las inquietudes colectivas asumibles por el proyecto, pero también una buena agenda para reorientar nuestra práctica. Para ello, sin renunciar a la arquitectura como la conocemos, ni sustituirla radicalmente por una especialidad de corte puramente tecnológico que sólo atiende a su propio radicalismo "ecológico", se necesitan nuevos paradigmas resultantes de los nuevos conocimientos y recursos, y componer con todo ello nuevas técnicas de proyecto. Por eso importa considerar tres aspectos de la sostenibilidad para transferir al proyecto, la vivienda popular y la enseñanza: reciclabilidad, energía e integración.

##### 4.1. Reciclabilidad

La *reciclabilidad* se puede tomar en sentido literal como un programa asociado a construir con materiales reciclados, reciclables o elimi-

nables sin dejar residuo y asumir pautas en tal dirección, pero también se puede extender la idea más allá de la recuperación material: reciclar nuestros conceptos, métodos de trabajo, métodos pedagógicos, sistemas constructivos, nuestro compromiso con la vida futura de los edificios, y nuestra propia posición frente a la sociedad. Esto implica un programa completo de investigación que tiene múltiples derivaciones: conceptuales, metodológicas, materiales, culturales y estéticas, y que acerca la arquitectura a los usos cotidianos y la reintegra como pieza importante de un futuro deseable.

##### 4.2. Energía

La definición de energía remite a la idea de algo activo y puede ser considerada junto al tiempo y la materia como ingredientes fundamentales de los procesos de cambio. Su proceso es muy interesante: producción, transporte, almacenaje, consumo, residuo, reciclaje; cómo apropiarnos de ella, será un guión especial del pensar en nuestra profesión.

Programas asociados al ciclo de la energía y nuevos elementos (paneles, generadores, acumuladores) surcarán el territorio, al igual que ideas como autosuficiencia, vertido cero, etc., que vienen del otro extremo: del consumo. Para controlar realmente la creación arquitectónica es necesario conocer y controlar las relaciones energéticas producidas en ella, los efectos energéticos provocados por ella, y en general, las consecuencias energéticas de la misma en todo su contexto.

Todas estas situaciones energéticas dependen directamente de la materia que participa en ellas y de igual forma de nuestra manera de apreciarla desde un contexto espacio-temporal, es decir, de la información contenida en las mismas. Así, la energía, la materia y consecuentemente, la información, estarán presentes en casi la totalidad de los aspectos que hay que definir tanto en el proceso de creación arquitectónica como en el de construcción. Si consideramos el

control de los flujos de energía, la materia y la información, controlaremos la habitabilidad en el espacio-tiempo.

##### 4.3. Integración

Integración sería el resultado de cruzar, por ejemplo, energía y sostenibilidad con el propósito de proyectar un medio simbiótico a todas las escalas. Supone asumir órdenes mayores (naturaleza, tiempo, ciclo de vida de edificios y ciudades...). *Recuperar la unidad perdida entre la materia, la forma y la energía, respondiendo a los retos ecológicos y sociales de nuestro tiempo, es el compromiso ético y estético que debe alentar nuestro trabajo*<sup>13</sup>.

#### 5. Conclusión

Si bien la conciencia sostenible constituye una buena agenda para reorientar nuestra práctica, si se sustituye la palabra conciencia por pensar, se convierte en pensar sostenible.

Pasar de la conciencia sostenible al pensar sostenible no es tan fácil, y este trabajo procura constituir una introducción para ello. A partir del estudio de los tres aspectos considerados en la sección anterior, el conocimiento, y con él la docencia, se deben estructurar de manera de comenzar con una serie de principios que constituyan la base del conocimiento en la que se apoyará el desarrollo de experiencias; a partir de estos principios, se deberán buscar ciertas estrategias que posibiliten concretar las necesidades e intenciones arquitectónicas desde las que se intente solucionar los problemas planteados, aportando soluciones o sistemas arquitectónicos concretos.

<sup>13</sup> Disponible en <http://www.ruizlarrea.com/> Acceso abril 2009.