

# TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN 2007

pp. 198402DC2604

ISSN: 0798-9601

23 | III

INSTITUTO DE DESARROLLO  
EXPERIMENTAL DE LA  
CONSTRUCCIÓN / IDEC  
FACULTAD DE  
ARQUITECTURA  
Y URBANISMO  
UNIVERSIDAD CENTRAL  
DE VENEZUELA  
INSTITUTO DE  
INVESTIGACIONES / IFAD  
FACULTAD DE  
ARQUITECTURA Y DISEÑO  
UNIVERSIDAD DEL ZULIA  
DECANATO DE  
INVESTIGACIÓN  
UNIVERSIDAD NACIONAL  
EXPERIMENTAL DEL TÁCHIRA

## Indizada en

**REVENCYT.** Apdo. 234. CP 5101-A.  
Mérida, Venezuela  
<http://bolivar.funmrd.gov.ve/listado.html>

**REDINSE.** Caracas

**PERIODICA** Índice Bibliográfico  
Índice de Revistas Latinoamericanas  
en Ciencias. Universidad Nacional  
Autónoma de México  
<http://www.dgbiblio.unam.mx/periodica.html>

**Latindex** <http://www.latindex.org/>

**Scielo** <http://www.scielo.org.ve>

## Suscripciones

Tres números anuales

Venezuela: Bs. 30.000 / Bs. F. 30

Extranjero: US\$ 100

Costo unitario: Bs. 10.000 / Bs. F. 10

## Envío de materiales, correspondencia, canje, suscripciones y administración IDEC/FAU/UCV

Apartado Postal 47.169

Caracas 1041-A. Venezuela

Tel: (58-212) 605.2046 / Fax: 605.2048

Enviar cheque a nombre de:

IDEC Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UCV

## Envío de materiales y correspondencia IFAD/LUZ

Apartado postal 526

Telfs.: (58-261) / 759 85 03

Fax: (58-261) 759 84 81

Maracaibo, Venezuela

Enviar cheque a nombre de:

IFAD Facultad de Arquitectura, LUZ

## Envío de materiales y correspondencia UNET

Apartado postal 436

Telfs.: (58-276) 353 04 22 / 353 24 54 ext. 372

Fax: (58-276) 3732454

San Cristóbal-Táchira, Venezuela

## Planilla de suscripción

-----  
Nombre y Apellido: \_\_\_\_\_

Profesión: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Apartado Postal: \_\_\_\_\_

Teléfono/Fax: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

Adjunto cheque por la cantidad de (Bs. / Bs. F. / US\$): \_\_\_\_\_

correspondiente a los números: \_\_\_\_\_

Venezuela:  Bs. 30.000 / Bs. F. 30

Extranjero:  US\$ 100

Cheque a nombre de: IDEC Facultad de Arquitectura UCV

Depósito a nombre de: IDEC - Facultad de Arquitectura - UCV Banco Provincial, Cta. Cte. N° 0108-0033-11-0100035278

Favor enviar esta planilla a:

IDEC/UCV Apartado Postal 47.169, Caracas 1041-A, Venezuela. Fax:(58-0212) 605.20.48 / 605.20.46 ó

Página en el Internet: <http://www.arq.ucv.ve/idec/> – e-mail: [tyc\\_fau@arq.ucv.ve](mailto:tyc_fau@arq.ucv.ve)



Volumen 23. Número III  
septiembre - diciembre 2007  
Depósito Legal:  
pp. 198402DC2604  
ISSN: 0798-9601

Portada: Foto de vivienda transformable de Mongolia, Rafa, 2004. Revista Altair. Editorial Altair. Barcelona.  
Dibujo: Gasparini, G. (1992) Arquitectura Popular en Venezuela. Armitano Editores. Caracas.

### Tecnología y Construcción

Es una publicación que recoge textos inscritos dentro del campo de la Investigación y el Desarrollo Tecnológico de la Construcción:

- sistemas de producción;
- métodos de diseño;
- requerimientos de habitabilidad y calidad de las edificaciones;
- equipamiento de las edificaciones;
- nuevos materiales de construcción, mejoramiento de productos existentes y hallazgo de nuevos usos;
- aspectos históricos, económicos, sociales y administrativos de la construcción;
- análisis sobre ciencia y tecnología asociados a los problemas de la I&D en el campo de la construcción;
- informática aplicada al diseño y a la construcción;
- análisis de proyectos de arquitectura;
- reseñas bibliográficas y de eventos.

### Tecnología y Construcción

Is a publication that compiles documents inscribed in the field of Research and Technological Development of Construction:

- production systems;
- design methods;
- habitability and human requirements for buildings;
- building equipment;
- new materials for construction, improvement and study of new uses of existing products;
- historical, economic, social and administrative aspects of construction;
- analysis of science and technology associated with research and development problems in the field of construction;
- computers applied to design and construction;
- analysis of architectural projects;
- bibliographic briefs and events calendar.

### Comité Consultivo Editorial Internacional:

#### Alemania

Hans Harms

#### Argentina

John M. Evans  
Silvia Schiller

#### Brasil

Paulo Eduardo Fonseca de Campos  
Gerardo Gómez Serra  
Carlos Eduardo de Siqueira

#### Colombia

María Clara Echeverría  
Samuel Jaramillo  
Urbano Ripoll

#### Costa Rica

Juan Pastor

#### Cuba

Maximino Boccalandro

#### Chile

Ricardo Hempel  
Alfredo Rodríguez

#### El Salvador

Mario Lungo

#### Estados Unidos de América

W. Hilbert  
Waclaw P. Zalewski

#### España

Julián Salas  
Félix Scrig Pallarés

#### Francia

Francis Allard  
Gerard Blachère  
Henri Coing  
Jacques Rilling

#### Inglaterra

Henri Morris  
John Sudgen

#### Israel

Mariano Golberg

#### Italia

Giorgio Ceragioli

#### Nicaragua

Ninette Morales

#### México

Heraclio Esqueda Huidobro  
Emilio Pradilla Cobos

#### Perú

Gustavo Riofrío

#### Venezuela

Juan Borges Ramos  
Alfredo Cilento S.  
Celso Fortoul  
Baudilio González  
Henrique Hernández  
Gustavo Legórburu  
Marco Negrón  
José Adolfo Peña U.  
Héctor Silva Michelena  
Fruto Vivas

### Editor

IDECC/UCV

Co-Editor

IFAD/LUZ

Decanato de Investigación UNET

### Director

Alberto Lovera

Co-Director

José Indriago

José Luis Rodríguez

### Directores Asociados

Milena Sosa G.

Gaudy Bravo

Michela Baldi

### Consejo Editorial

Alfredo Cilento

Irene Layrisse de Niculescu

Juan José Martín

Luis Marcano González

Eduardo González

Carlos Quiros

Melín Nava

Virgilio Urbina

### Editor

Alberto Lovera

Coeditor

José Indriago

Luis Villanueva

### Coordinación editorial

Michela Baldi

Diseño y diagramación

Rozana Bentos

Corrección de textos

Helena González

Traducciones

Desirée Méndez

Impresión

Impresos Minipres C.A.

Esta publicación contó con el apoyo financiero de las siguientes instituciones



Fondo Nacional de Ciencia,  
Tecnología e Innovación

Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico  
Universidad Central de Venezuela



Decanato de Investigación  
Universidad Nacional Experimental del Táchira



---

**Hugo Gerardo Botasso**

Ingeniero en Construcciones, Ingeniero Civil (Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata, Argentina, 1992) Master en Ingeniería Ambiental (Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata, 2007). Profesor Titular. Investigador categoría B. Director del LEMaC, Centro de Investigaciones Viales (Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata, Argentina) gbotasso@frlp.utn.edu.ar

---

**Nelson Rodríguez**

Arquitecto (Universidad Nacional Experimental de Táchira, 1993) Doctor, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. España (2007) Profesor Agregado. Área de investigación: Desarrollo experimental en tenso-estructuras. Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UCV. nelsonalexander2@gmail.com nelson@grupoestran.com

---

**Gustavo Izaguirre**

Arquitecto (Universidad Central de Venezuela, 1983) Profesor del Sector de Tecnología. Investigador en el área de la calidad de construcción de edificios de la Escuela de Arquitectura "Carlos Raúl Villanueva" EACRV Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UCV. gizaguirrel@fau.ucv.ve

---

**Cecilia Soengas**

Ingeniera Civil en Vías de Comunicación (Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata, Argentina, 2007) Investigador LEMaC Centro de Investigaciones Viales (Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata, Argentina) Área de investigación: Emulsiones Asfálticas e Inclusión de caucho reciclado en mezclas asfálticas. csoengas@frlp.utn.edu.ar

---

**Luis Leiva**

Ingeniero Civil (Universidad Santiago de Chile, 1981) Master of Science, Chalmers University of Technology, Suecia. Áreas de Investigación: Estructuras de madera, acero y ferrocemento. Departamento de Ingeniería en Obras Civiles, Universidad de Santiago de Chile. lleiva@usach.cl

---

**María Eva Sosa**

Estudiante de 4º año de la Carrera de Ing. Civil en la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata, Argentina. Área de investigación: Lechadas Asfálticas e Inclusión de caucho reciclado en mezclas asfálticas. mesosa@ec.gba.gov.ar

Construction and productive pattern change	<b>editorial</b>	Construcción y cambio del patrón productivo <i>Alberto Lovera</i>	6
The light construction. Inventions in the firstborn architecture	<b>artículos</b>	La construcción ligera. Invencciones en la arquitectura primogénita <i>Nelson Rodríguez</i>	9
Constructions Quality in Chile		Calidad en las construcciones en Chile <i>Gustavo Izaguirre</i>	21
Characterization of a tire recycled rubber microdiffusion on asphalt		Caracterización de una microdispersión de caucho reciclado de neumáticos en asfalto <i>Eva Sosa / Cecilia Soengas / Hugo Gerardo Botasso</i>	39
Composite wooden beams with I- sections and rectangular hollow sections for use in housing		Vigas compuestas de madera de sección Doble T y sección cajón para uso en viviendas <i>Luis Leiva</i>	47
Integral evaluation of the Technological Development Master Program	<b>postgrado</b>	Evaluación integral del Programa de Maestría en Desarrollo Tecnológico <i>Argenis Lugo</i>	57
The urban sustainability	<b>documentos</b>	La sustentabilidad urbana <i>Arnoldo José Gabaldón</i>	59
“Habilitación Física de Barrios” Program Selected in the “Seminario Cities, Science and Sustainability” Trieste, Italy	<b>eventos</b>	Programa de Habilitación Física de Barrios seleccionado en el “Seminario Cities, Science And Sustainability” Trieste, Italia. Septiembre 2007. <i>Josefina Baldó / Federico Villanueva</i>	85
First National Sustainable Design Colloquium UNAM-CIEP, México D. F.		Primer Coloquio Nacional de Diseño Sustentable UNAM-CIEP, México D. F. <i>Ernesto Lorenzo</i>	87
Magazines and Books	<b>reseñas</b>	Revistas y libros	89
Index		Índice acumulado	92
Norms for Authors		Normas para autores	94

## Construcción y cambio del patrón productivo

*Alberto Lovera*  
IDEC / FAU / UCV

Estamos en medio de una mutación civilizatoria. Las formas de producción y consumo a las que estábamos acostumbrados no son ya sostenibles. O emprendemos el cambio o el cambio se nos impone porque ya no puede extenderse el patrón productivo que se impuso en el mundo, no importa si se hizo en nombre del capitalismo o del socialismo. Su lógica era la misma, insostenible en el largo plazo, y el futuro ya se hizo presente.

Por demasiado tiempo se hicieron dominantes unas reglas de producción y consumo que consideraban que los recursos de la naturaleza eran inagotables, desconociendo las reglas de generación de los recursos naturales renovables e ignorando los límites de los recursos naturales no renovables.

Se consideró que la naturaleza era un subsistema de la economía, desconociendo que se trataba de lo contrario, que la actividad económica es un subsistema de la naturaleza cuyas reglas y leyes no se pueden ignorar sin consecuencias. Ahora se nos hace evidente.

Desde hace muchas décadas los estudios científicos han alertado sobre la necesidad de repensar las formas dominantes de producción y consumo, mostrando que si se hace caso omiso de sus efectos, nos encontraremos, más temprano que tarde, en una encrucijada sumamente problemática. Sin embargo, se pospone afrontar este reto porque demanda una reorganización radical del entramado de la producción en el mundo, lo cual afecta muchos intereses.

El asunto no es sencillo porque supone una radical transformación de los patrones de producción en el mundo, pero sin dejar de considerar el enorme déficit que otra parte de la humanidad sufre en sus necesidades básicas. Hay que atender al mismo tiempo la deuda social de los países de la periferia y aplicar correctivos radicales

en los países dominantes, los mayores responsables del cambio climático y la degradación medioambiental, junto a algunos de los países emergentes (como China e India). Pero todas las sociedades estamos obligadas a apurar una transición en la producción y el consumo sostenible, tanto en lo económico, como en lo social y ambiental.

Una de las actividades más agresivas desde el punto de vista ambiental es la de la construcción, que se mantiene a todo lo largo de su ciclo de vida (extracción y procesamiento de insumos, construcción propiamente dicha, mantenimiento y sustitución) por su intenso consumo de materiales, energía y producción de desechos.

De allí la importancia de someter la actividad de la construcción a una reingeniería que la haga más amigable con el medio ambiente, lo que se ha venido llamando la construcción sostenible.

Esto supone un trabajo intenso para orientar el trabajo de Investigación y Desarrollo hacia innovaciones con un patrón diferente al dominante, pero también plantea la necesidad de que esta nueva óptica se instale en las políticas del Estado y en los agentes productivos. De otra manera el tránsito urgente hacia la construcción sostenible no pasará de buenos deseos o de modificaciones superficiales que con el remoque de "construcción verde" no vayan a las raíces del asunto: un nuevo esquema de producción y consumo, necesariamente más austero y más sensible a los determinantes medioambientales de las actividades que dan lugar a los bienes y servicios.

Esto es un reto y una obligación para evitar que la degradación del medio ambiente y de la calidad de vida en este mundo sigan su curso, lo cual supone construir una nueva óptica de la producción y el consumo, también en lo que se refiere a la actividad de la construcción.



**CDCH-UCV**  
**1958 - 2008**

**50 AÑOS**

fomentando, financiando  
y promocionando  
la investigación, la formación  
de recursos humanos  
y la difusión  
del quehacer científico

## **PUBLICACIONES 2007**

Altez, Yara

**LA PARTICIPACIÓN POPULAR Y LA REPRODUCCIÓN DE LA DESIGUALDAD**  
(2ª. Edición)

Arenas, Nelly y Luis Gómez Calcaño

**POPULISMO AUTORITARIO: TRANSICIÓN POLÍTICA EN VENEZUELA 1999-2005**  
Coedición con el CENDES

Blanco, Carlos Eduardo

**EN RESUMEN: DISCURSO Y CONOCIMIENTO EN LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA**  
Coedición con el Vicerrectorado Académico

Calvo Albizu, Azier

**VENEZUELA Y EL PROBLEMA DE SU IDENTIDAD ARQUITECTÓNICA**  
Coedición con la Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Cerrolaza, Miguel

**EL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS PARA INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**

Espinoza, Martha

**LA ANATOMÍA ORIENTADA EN EL DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO  
DE LAS COMPLICACIONES LOCALES EN CIRUGÍA BUCAL**

Pacheco, José Germán

**AGRICULTURA, MODERNIZACIÓN Y CIENCIAS AGRÍCOLAS EN VENEZUELA.  
DE LA ILUSTRACIÓN BORBÓNICA A LOS ILUSTRADOS DEL GOMECISMO 1770-1935**

Paz Yanastacio, Francisco

**LAS ECONOMÍAS DE OPCIÓN COMO INSTRUMENTOS DE CONTROL DE RIESGO FISCAL**

Nuestras publicaciones pueden ser adquiridas en el Departamento de Relaciones y Publicaciones del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, ubicado en la Av. Principal de La Floresta, Quinta Silenia, La Floresta, Caracas.  
Teléfonos: 286.8648 (Directo) 284.7077 - 286.7666  
Fax: Ext. 244  
E-mail: publicac@movistar.net.ve

Igualmente, están a la venta en la librería de la Biblioteca Central, PB. Ciudad Universitaria, UCV.

Toda la información inherente al Programa de Publicaciones puede ser consultada en: [www.cdch-ucv.org.ve](http://www.cdch-ucv.org.ve)



## La construcción ligera. Invenciones en la arquitectura primogénita

Nelson Rodríguez

Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, Facultad de Arquitectura y Urbanismo,  
Universidad Central de Venezuela

### Resumen

Las invenciones tecnológicas de los refugios nómadas de las culturas primigenias son un excelente ejemplo de arquitecturas ligeras, flexibles y adaptables en las que podemos encontrar soluciones constructivas importantes cuyo estudio es de gran relevancia porque todas las características arquitectónicas de las construcciones ligeras contemporáneas se encuentran presentes en estas construcciones primigenias. El trabajo no pretende una visión histórica de esos cobijos, más bien intenta una lectura distinta de las viviendas llamadas "vernáculos" tratando de encontrar el principio tecnológico en el que se basa su construcción.

### Abstract

*The technological inventions of the original cultures nomad refuges are an excellent example of light architecture, flexible and adaptable in which can be found important constructive solutions that are of a great importance study because all the architectonic characteristics of the contemporary light constructions are present in these original constructions. The paper does not pretend to show an historical view of those shelters, but a different interpretation of the housing called "vernacular" trying to find the technological principle in which is based its construction.*

El desarrollo de estilos de vida nómada y móvil trasciende fronteras, culturas e idiomas. El deseo o necesidad de vivir con flexibilidad y movilidad ha llevado a desarrollar soluciones constructivas que prefieran la utilización de materiales ligeros con capacidad para deformarse, transformarse y plegarse, y que satisfagan las exigencias de movilidad y cambio de función asociados a acciones como plegar, enrollar, estirar, apilar, almacenar, rotar o deslizar. Así aparecen una serie de invenciones, entendida ésta como un acto mediante el cual se reconoce una nueva posibilidad técnica trabajada en su forma más rudimentaria (Parker, 1974). Es decir, la invención como una idea, esbozo o hallazgo.

Vivir en movimiento se presenta como un fenómeno en todas las culturas independientemente de su grado de desarrollo tecnológico, económico o social, incluso en la actualidad. Es ampliamente conocido que la mayoría de los pueblos y tribus nómadas se movilizan por la caza, el pastoreo y cosecha o por razones climáticas. Este modo de vida ha consolidado en el tiempo la necesidad de disponer de habitáculos que puedan transportarse de un sitio a otro, y con ello han aparecido una serie de invenciones que caracterizan el movimiento integrado a la identidad de los pueblos nómadas, por ejemplo, para los Kirguiz (de Kirguizistán ex-república soviética de Asia Central) quienes poseen una gran tradición nómada. La palabra nómada es *kochmon*, que significa literalmente "persona en movimiento"<sup>1</sup>.

### Descriptores

Arquitecturas ligeras,  
flexibles y adaptables;  
Construcciones textiles.

### Descriptors

*Light architectures,  
flexible and adaptables;  
textile constructions.*

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN | Vol. 23-III | 2007 |  
pp. 09-20 | Recibido el 11/05/06 | Aceptado el 24/04/08

En este artículo se describen invenciones encontradas en la arquitectura primitiva que han permitido a estas culturas desarrollar cobijos móviles y flexibles como los tejidos de las alfombras como elemento de división entre espacios o como articulación entre el terreno y el espacio interior. Las mallas, en las cubiertas de fibra natural o artificial, divisiones con láminas de papel que pueden deslizarse casi sin roce. Estas culturas utilizan materiales con capacidad para ser traccionados, comprimidos o flectados, con un orden de ligereza en el aprovechamiento de las formas geométricas y los intercambios energéticos, así como materiales con altas resistencias a compresión-tracción y alto módulo de elasticidad, como la madera, el bambú o las fibras naturales.

Mencionaremos los cobijos de las tribus nómadas identificadas por la invención, tratando de encontrar coincidencias y diferencias entre sus características constructivas. Para este estudio hemos seleccionado la Churuata Yekuana del Amazonas venezolano, el Sadamo y el Tuareg de África, la Jaima árabe y la Yurta Mongol. Para la descripción y estudio de estos cobijos se hicieron levantamientos en sitio como en el caso de la Churuata, la Jaima y la Yurta, complementados con la revisión de bibliografía especializada.

### Lo primitivo significa primero

Los refugios de las tribus nómadas, dada su versatilidad, expresan con extraordinaria precisión la condición de movimiento y flexibilidad. Existen muchos ejemplos de arquitectura nómada, como las tiendas y chozas de los indígenas del continente americano, jaimas de las tribus nómadas árabes y africanas, y la yurta de los pueblos nómadas de Asia Central.

Estos refugios o cobijos los podemos definir desde el punto de vista constructivo como un habitáculo cuya cubierta puede montarse o desmontarse con una estructura de soporte que a su vez también es desmontable, pudiéndose transportar todo el conjunto. Son características que convierten estas arquitecturas en construcciones ligeras. Las construcciones primigenias acumulan un conocimiento detallado y preciso de sus materiales y cualidades arquitectónicas en términos de respuesta climática y de sus detalles constructivos, producto del conocimiento transmitido de generación en generación durante siglos y que

permiten generar soluciones claras y directas a los problemas tanto formales como constructivos y climáticos.

Al estudiar los cobijos de estas tribus y etnias observamos que éstas han desarrollado toda su cultura constructiva alrededor de la "tensión": toda su mecánica estructural dominante se basa en sistemas traccionados que recurren a las membranas realizadas con tejidos de fibras naturales. La tensión es quizás la primera invención de estas culturas, aunque ninguna de ellas haya sido capaz de formularla en términos teóricos, pero su aplicación práctica se ha caracterizado por la extraordinaria audacia en sus construcciones.

La tensión de tracción es una fuerza que tiende a separar las partículas de un elemento o componente. Mientras más pequeña es la sección mayor es su resistencia a la tracción. Esto lo podemos expresar matemáticamente como:

$$\sigma_t = \frac{F}{S}$$

Donde:  
 $\sigma_t$ : Tensión de tracción  
 F: fuerza  
 S: Superficie (área)

Bajo esta lógica constructiva el ahorro de peso es considerable y como las formas de las estructuras responden exactamente a la distribución de los esfuerzos sobre la superficie, por consiguiente, las formas son expresión del camino "natural" de las fuerzas. Es decir que, debido a su dependencia del estado de cargas, están sometidas a la estricta disciplina de la transmisión natural de los esfuerzos por lo tanto no se les puede otorgar una forma arbitraria. En esta lógica constructiva se ahorra material y son muy eficientes dado que en construcción mientras menos peso se mueva más eficiente es el proceso.

### El tejido

El tejido es una de las primeras invenciones encontradas en los cobijos. Es una membrana conformada por hilos dispuestos en trama y urdimbre formando una hilada de trama ortogonal. Los hilos de urdimbre son ubicados paralelamente y los hilos de trama son perpendiculares a la urdimbre y cruzados con lo que se conforma el tejido. La palabra latina "membrana" significa pergamino o piel y cuya característica principal es su poco espesor.

La disponibilidad de materiales es un factor determinante para la realización de la cubierta de los cobijos de las culturas nómadas. En los lugares donde abunda material

vegetal, como en la selva tropical amazónica de Sudamérica o en el trópico africano, los tejidos se hacen a partir de fibra vegetal y en los lugares donde escasea la vegetación, como los desiertos de los países árabes o en Asia Central los tejidos se desarrollaron a partir de fibra animal.

En el Amazonas, territorio que comparten Brasil, Colombia, Bolivia, Perú y Venezuela, se encuentran numerosos habitantes nómadas cuyos períodos migratorios varían de acuerdo a la etnia, siendo la velocidad migratoria lo que marca la complejidad o sencillez de la vivienda. Este nomadismo no desarrolla sistemas constructivos móviles, a diferencia de los nomadismos del desierto donde los materiales son escasos. En el Amazonas lo que se transporta y se hace portátil es “la idea de la casa”, su técnica constructiva, forma arquitectónica, orientación, implantación sobre el terreno y su organización interna. A ningún indígena del Amazonas se le ocurriría transpor-

tar por la densa selva amazónica materiales de un lado a otro, cuando con seguridad en el siguiente sitio encontrará en abundancia los materiales necesarios para la construcción. A medida que la velocidad migratoria es más lenta, la vivienda se vuelve más compleja, tanto en organización social como en técnica constructiva.

Una de las viviendas más complejas en técnica constructiva son las “churuatas” (gráfico 1) de las etnias Piaroa, Yekuana, Panare, Pemón, que son un tipo de vivienda colectiva de gran belleza formal formada por una gran cubierta tejida. Su ubicación se encuentra asociada al transporte fluvial y a la localización de tierras fértiles para la siembra organizados en “conucos”. Como son viviendas más consolidadas llegan a formar conjuntos de varias churuatas; el nomadismo se da entre los diferentes miembros de las comunidades.

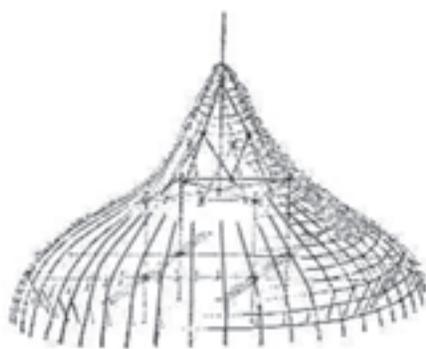
Gráfico 1  
La churuata: vivienda indígena de la selva amazónica venezolana



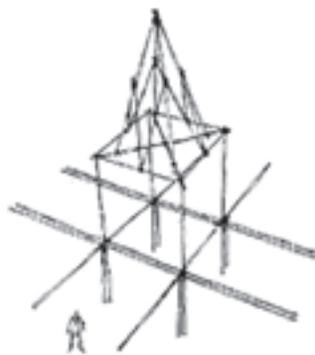
Vista general de la churuata Piaroa



Vista de la estructura



Isometría estructural



Esqueleto central



Conformación urbana

Fuente: Gasparini, 1992.

La churuata varía de acuerdo a cada etnia pero todas son de planta circular, manteniendo siempre su carácter colectivo. Aspecto importante es su cubierta por la geometría anticlástica, superficie alabeada de doble curvatura en sentidos opuestos, en este caso, en forma de "S" (cóncavo y convexo). La planta es circular de 17 mts. de diámetro por 12 mts. de altura, totalmente libre de tabiquería, demarcando el espacio de cada familia con las hamacas y los fogones. En el centro del círculo se construye una armadura en forma de cruz realizada en palos de madera. Este esqueleto portante define el punto alto de la cubierta. Estructura que además sirve para colgar objetos y las hamacas que demarcan el espacio.

La construcción de la cubierta comienza en el perímetro, en cuyo círculo se "siembran" horcones flectados en forma de meridianos radiales que van a unirse en el punto alto central del esqueleto. Estos horcones se amarran entre sí –con un tejido vegetal denominado "bejuco"– en forma de paralelos que aseguran la disposición estructural de la cubierta impidiendo el libre movimiento de los elementos.

A la altura del hombre se colocan unos contrafuertes conformados por palos de madera que, junto a la forma anticlástica de la cubierta, estabilizan la estructura contra los esfuerzos horizontales del viento que puede alcanzar unos máximos entre 20 m/s a 30 m/s. Sobre este entramado de malla radial se coloca un cerramiento de tejido muy delgado de hoja de palma o paja cuya puntada de tejido se realiza de tal forma que no pueda entrar el agua pero sí el aire, logrando así un espacio internamente confortable.

La única abertura del cobijo hacia el exterior es el acceso, que suele ser de reducidas dimensiones "*para que espíritu malo no entre, porque espíritu malo no se agacha...*" (conversaciones con un Piaroa. Entrevista personal, Amazonas, 1997).

La forma anticlástica de la gran cubierta, antes mencionada, y los objetos tejidos como cestas, hamacas e instrumentos de uso cotidiano para la caza o la preparación de alimentos de las culturas amazónicas, son unos de los legados culturales de estos pueblos (gráfico 2).

Al otro extremo, en Etiopía (al sureste de África) encontramos cobijos con características similares en formas arquitectónicas y técnicas de construcción aunque con ciertas variaciones conocidos como "Sidamo", también llamados "Colmenas de abejas" por su similitud formal con las moradas de las abejas (gráfico 3).

Estos cobijos son monofamiliares, con una organización espacial funcional donde la cantidad de ganado que se tenga determina la ubicación e importancia social de la familia. Son de planta circular entre 7 a 8 metros de diámetro y como el material básico de construcción es el bambú supone la localización de estos cobijos en áreas donde crece esta planta.

El Sidamo dispone de un mástil central de apoyo a toda la cubierta; en el perímetro del círculo se siembran varas de bambú para realizar un tejido en dos sentidos de trama y urdimbre, donde la urdimbre es la vara colocada en forma de meridianos radiales y la trama de lajas de bambú se teje de manera ascendente en forma de aros paralelos que van teniendo diámetros más pequeños en la medida en que van subiendo, como en una cesta de mimbre.

El mismo tejido se utiliza como andamio para los tejedores en la medida en que la altura va subiendo, una altura total del cobijo que suele alcanzar entre 6 y 8 metros. Posteriormente se coloca el cerramiento con hojas de bambú que le sirven de impermeabilización conformando una cubierta tipo *sandwich* de varias capas con funciones diferentes. La única abertura es el acceso pero como la piel está tejida deja unos orificios de tamaño suficiente para que el humo del fogón salga.

Gráfico 2  
Cestería y hamaca indígena



Cesta de forma anticlástica tipo "S"



Cesta de forma sinclástica



Hamaca tejida

Fuente: Gasparini, 1992.

Cabe destacar que estos cobijos (tanto la Churuata como el Sidamo), a pesar de estar ubicados en continentes distintos y pertenecer a diferentes culturas, mantienen características similares desde el punto de vista arquitectónico, entre las cuales podemos mencionar:

1. Techos alabeados que permiten escurrimiento de las aguas de lluvia.
2. Cubiertas perimetralmente apoyadas, con lo que, además de proteger la morada de animales y de los factores ambientales como la lluvia y el sol, se logra repartir toda la carga que llega al suelo, además del peso propio, las sobrecargas producto de las ventiscas o ráfagas de vientos.
3. El tejido constituye una piel que ventila el espacio interior.
4. Las formas geométricas globales anticlásticas contribuyen a la estabilización de la estructura.
5. La organización de las actividades internas responde a requerimientos funcionales, tales como el fogón, que a su vez actúa como ignífugo del tejido vegetal que lo protege de insectos depredadores.

### El pantógrafo

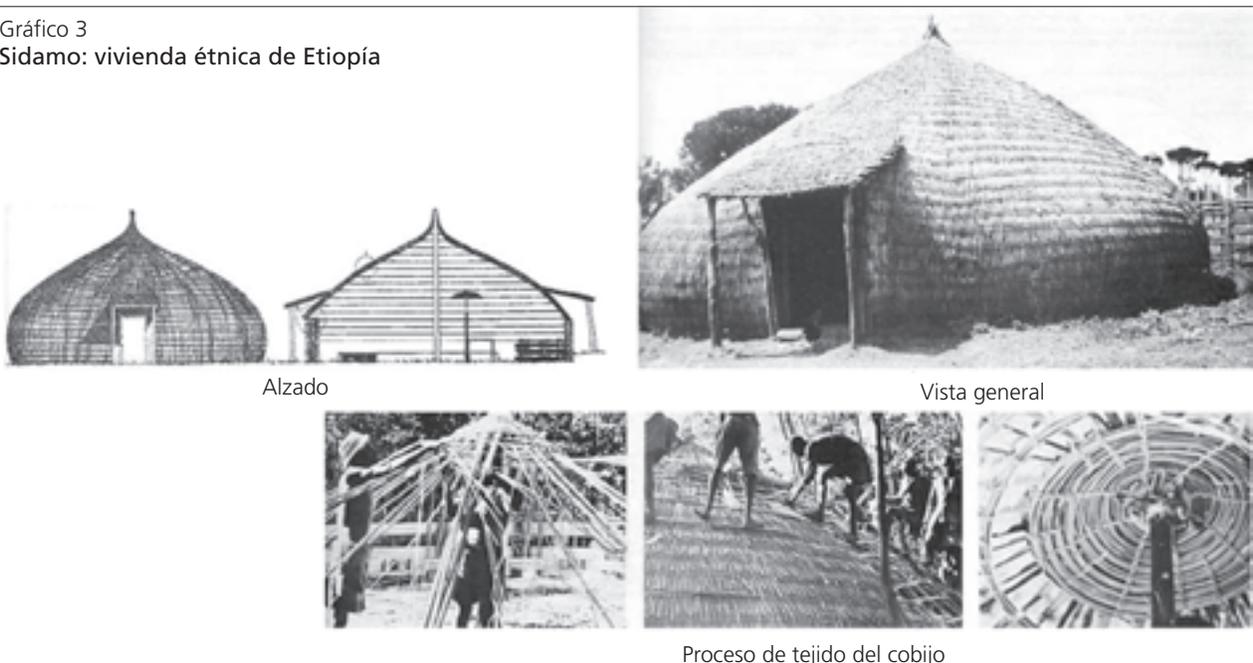
Como ya hemos mencionado, la falta de material obliga a desarrollar estrategias para sobrevivir y una

de estas estrategias fue la invención del pantograma. El "Pantógrafo" es un sistema articulado de barras llamado también sistema tijera que se basa en un nudo intermedio pivotante y dos ubicados en los extremos. Estos puntos pivotantes tienen total grado de libertad entre dos barras en el eje perpendicular del plano del pantógrafo. Las barras tienen igual dimensión de ambos lados del nudo central, con lo que se logra una estructura que se pliega y se despliega, cumpliéndose la condición geométrica que muestra el gráfico 4.

En el campo de la rapidez de montaje los cobijos nómadas de las culturas ubicadas en desiertos, praderas y explanadas constituyen una importante referencia de diseño e inventiva en función de su capacidad transportable y portátil de poco peso, dado que han desarrollado mecanismos para el traslado del cobijo. En este sentido, hay que hacer mención a la Yurta de Asia Central que constituye, sin duda, uno de los más interesantes y elaborados ejemplos de arquitectura de rápido montaje (gráfico 5).

La Yurta está ampliamente reseñada en la bibliografía, sin embargo, lo más destacable de este refugio es su enrejado plegable plano que luego es curvado uniendo sus lados extremos generando una planta circular. Está formado por listones de madera entre 4 a 6 cm de sección que al ser desplegados conforman un cerramiento vertical circular de 4 a 6 metros de diámetro. El mecanismo que

Gráfico 3  
Sidamo: vivienda étnica de Etiopía



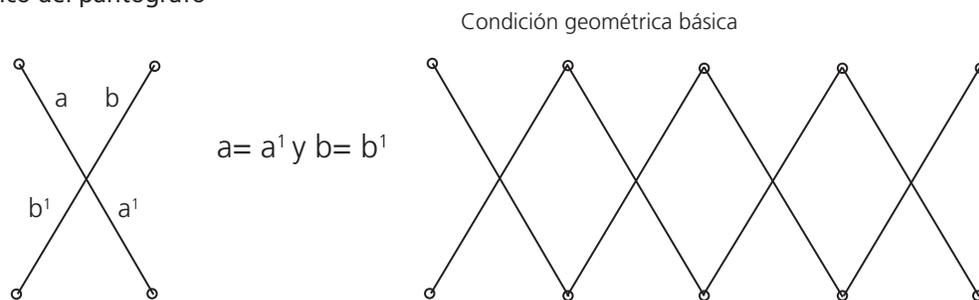
Fuente: Oliver, 1978.

hace posible este desplegado es un nudo formado por las barras pasantes, articulado en la unión por un hilo grueso y flexible de piel de camello. La cubierta es un cono truncado formado por barras de madera dispuestas en forma radial y unidas en el perímetro inferior con el cerramiento plegable mediante ataduras. En la parte superior las barras radiales se encuentran con un anillo de compresión rígido similar a una rueda de bicicleta, que a su vez sirve de respiradero e iluminación del espacio interior. Sobre este

esqueleto soportante se colocan esterillas, lonas y fieltros que varían de acuerdo al clima: en invierno se colocan tres capas y en verano se deja medio metro sin cubrir en la parte inferior del enrejado para aumentar la ventilación.

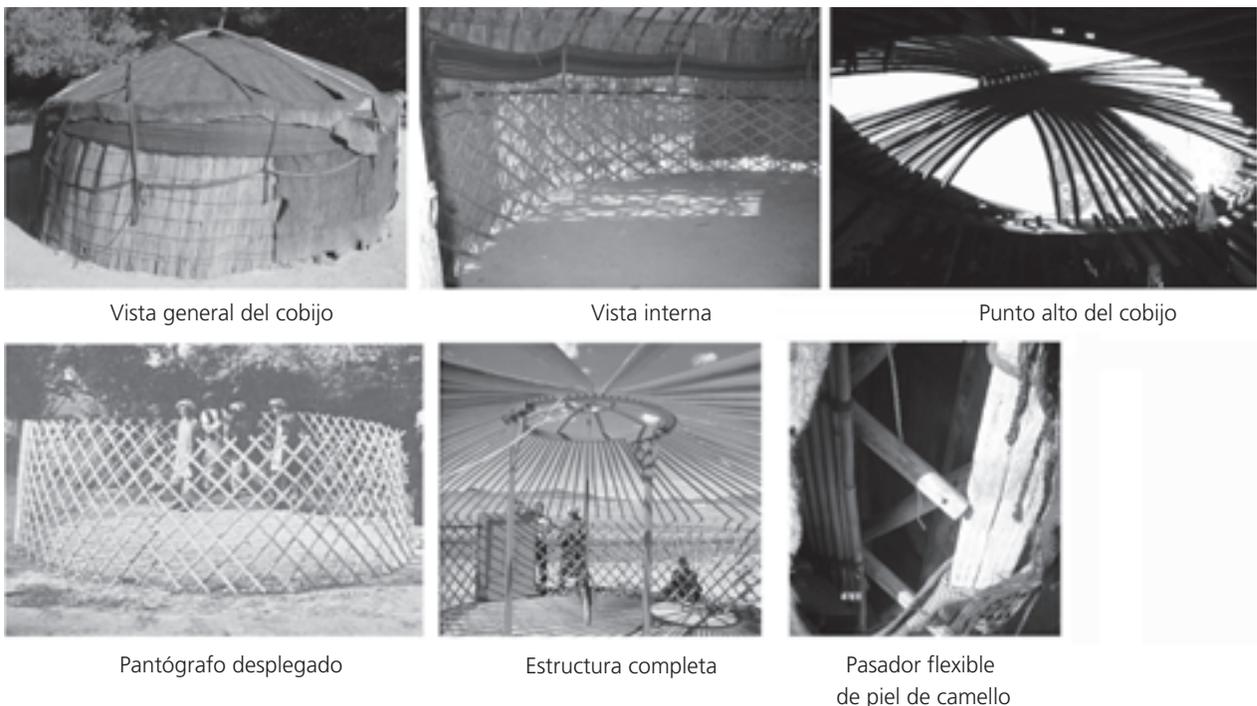
Estos cerramientos son atados con cuerdas que mantienen unida la piel a la estructura y le otorgan continuidad estructural, aunque en este caso el cerramiento no contribuye a la rigidización de la estructura y sólo cumple su misión de filtro ambiental. Todo este conjunto

Gráfico 4  
Esquema geométrico del pantógrafo



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 5  
Yurta: vivienda efímera y transformable de Mongolia, Asia Central



Fuente: Rafa, 2004.

es transportado por dos camellos cuya capacidad de carga es aproximadamente de 700 Kg. y el tiempo de montaje es de media hora.

### El arco

Según Eduardo Torroja en su libro *Razón y ser de los tipos estructurales* (2000) “[el arco] es una pieza curva que, resistiendo sólo o principalmente a compresión, transmite los pesos propios, y los que sobre él insisten, a dos apoyos distanciados entre sí”.

### Cobijo de las tribus nómadas Tuareg

Ubicados en el África septentrional en el desierto del Sahara con más de 8.000 kilómetros cuadrados, un espacio que pasa las fronteras de Marruecos, Argelia, Libia, Nigeria y Sudán, estos cobijos menos documentados por la

bibliografía especializada son tiendas de “Bóveda”, extremadamente móviles y ligeras que se construyen a partir de arcos formados por palos de madera flectados, anclados en el terreno y unidos o atados cerca de la clave del arco. Se atan debido a las pequeñas dimensiones de las ramas de los árboles del desierto (gráfico 6).

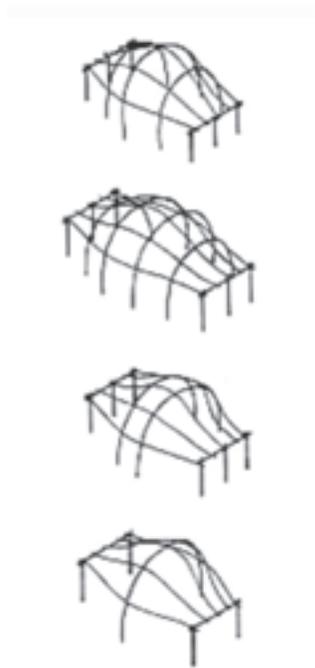
Por tratarse de arcos flectados, estos están previamente cargados con la fuerza inicial aplicada para flectar el palo de madera, y el radio de curvatura dependerá de las propiedades de la sección y longitud del palo de madera, por supuesto de la carga externa aplicada para lograr flectar el palo. Por lo tanto, en su estado más simple, el momento máximo de flexión de estos arcos empotrados en sus extremos, se puede expresar como:

$$M_{\max} = \frac{q L^2}{12}$$

Donde:

- M: es el momento máximo de flexión
- q: es la carga uniformemente repartida incluyendo el peso propio
- L: es la longitud del palo.

Gráfico 6  
Vivienda efímera de los Tuareg en el desierto de Sahara



Diferentes tamaños de cobijo



Vista general del cobijo



Proceso de montaje



Amarre en la clave del arco



Montaje del tejido

Fuente: Oliver, 1975.

Hay que destacar que estos arcos al estar flectados no responden a un radio de circunferencia. Los arcos del cobijo de los tuareg son de diferentes tamaños, crecen hacia el centro y decrecen hacia la periferia del cobijo alcanzando una luz entre 8 y 10 metros. Sobre estos arcos se colocan otras barras de menor sección que forman un entramado en ambos sentidos, tipo malla ortogonal muy ligera, sobre la cual se extienden lonas de pelo de cabra y esterillas para su cobertura, resultando una combinación de formas anticlástica y sinclástica que contribuye a su estabilización estructural y otorgan una extraordinaria belleza formal. Es de destacar que el proceso constructivo lo realizan las mujeres por lo tanto la flexión inicial de los arcos responde a la tracción humana.

### La catenaria

“-Mira la cuerda, bagdalí, dijo el calculador cogiéndome del brazo. Mira la curva perfecta. ¿No te parece digna de estudio? -¿A que te refieres? ¿A la cuerda acaso?, exclamé. No veo nada extraordinario en esa ingenua diversión de niños que aprovechan las últimas luces del día para su recreo... -Pues bien amigo mío. Convéncete de que tus ojos son ciegos para las mayores bellezas y maravillas de la naturaleza. Cuando los niños alzan la cuerda, sosteniéndola por los extremos y dejándola caer libremente por la acción de su propio peso, la cuerda forma una curva que tiene interés, pues surge como resultado de fuerzas naturales. Ya otras veces observé esa curva, que el sabio Nô-Elim llamaba *marazan* (cuerda), en las telas y en la joroba de algunos dromedarios. ¿Tendrá esta curva analogía con las derivadas de la parábola? En el futuro, si Allah lo quiere, los geómetras descubrirán medios de trazar esta curva punto por punto y estudiarán con rigor todas las propiedades”.

Malba Tahan. *El hombre que calculaba*.

Como bien intuía el calculista de M. Tahan, la catenaria es producto, por un lado, de las fuerzas actuantes sobre un tejido y, por otro, de la flecha y la separación entre los puntos fijos de soporte. Si se deja caer un tejido o una cuerda y se sujeta por sus bordes y extremos, éste tomará forma de catenaria adoptando por sí mismo unas líneas de suspensión. Es decir que una catenaria sucede cuando un elemento flexible, como un cable o un tejido, es sometido a una carga uniformemente repartida a lo largo de su longitud. Esta forma es también llamada forma funicular, porque viene de la palabra latina “*funis*” que significa cuerda (gráfico 7).

Dependiendo de cómo incidan las cargas sobre la cuerda ésta adoptará una forma dada. Si la carga es normal a la cuerda y uniforme a todo lo largo, como el peso propio, la forma es una catenaria.

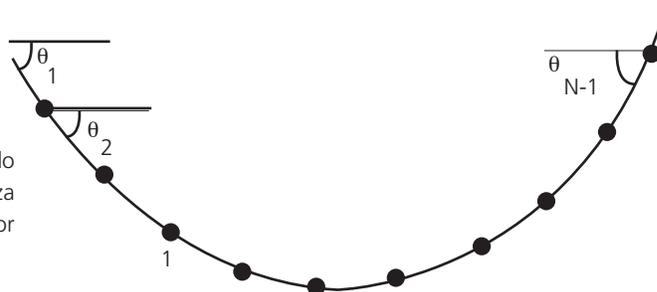
En este principio se basan las cubiertas colgantes, que consisten en un tejido o membrana tendida entre puntos firmes que es, al mismo tiempo, estructura y cerramiento y tiene como requisito mínimo que al menos tenga una curvatura negativa en un sentido.

Las tribus Tekna del norte de África del suroeste marroquí se desplazan con sus rebaños de cabras, ovejas y camellos por una región semi-desértica, sus lanas están hechas de pelo de animal tejido transportadas por camellos. El cobijo de estas culturas es llamado “Jaima” en homenaje a Jyyam, matemático y poeta constructor de tiendas del siglo XI (gráfico 8).

La Jaima constituye un cobijo unifamiliar y es totalmente transportable, teniendo un peso limitado a la capacidad de carga de un camello (700 kg. aproximadamente). En planta es de forma rectangular, de 13 metros de longitud por 7 de ancho y 3,50 de alto. La jaima, al ser com-

Gráfico 7  
Catenaria descrita por una cadena

En la catenaria cada punto estará sometido a tres fuerzas: su propio peso, la fuerza que ejerce el hilo a su izquierda superior y a su derecha inferior o viceversa.



Fuente: Elaboración propia.

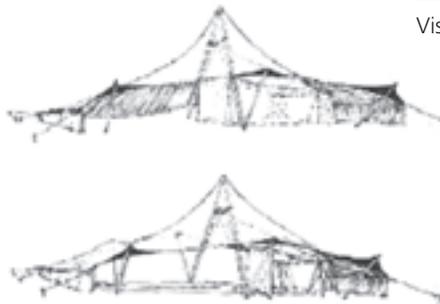
pletamente transportable, optimiza los recursos y reduce al mínimo la estructura soportante al no necesitar de un esqueleto tridimensional soportante como el Tipis norteamericano (estructura cónica formada por palos colocados radialmente sobre un perímetro circular y unidos en un punto alto), la Churuata amazónica o la Yurta mongol.

La jaima configura un espacio rectangular único, cuenta con un mástil central en forma de "V" invertida y unos palos de una altura de entre 1,50 a 1,70 metros ubicados en el perímetro del rectángulo y tiene un tiempo de montaje de entre media hora y una hora aproximadamente.

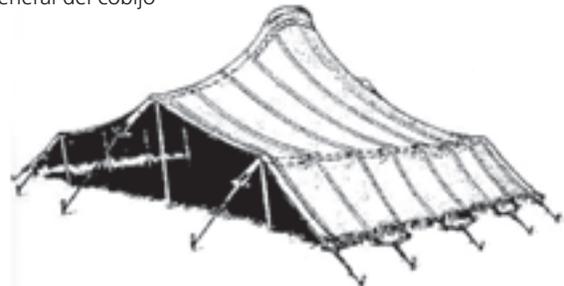
Gráfico 8  
**Jaima (Marruecos).**  
 Vivienda efímera y transportable



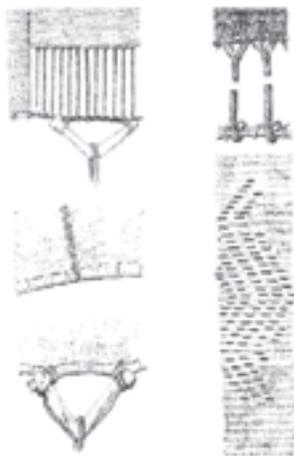
Vista general del cobijo



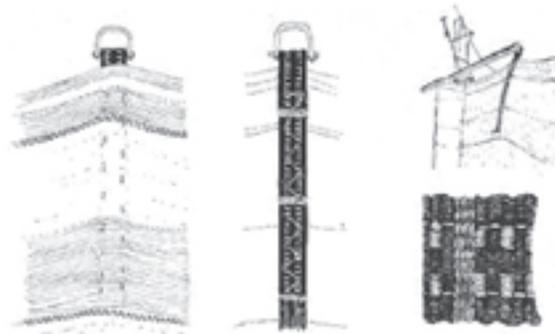
Estructura interna



Se observan los patrones que forman la membrana y los anclajes de estacas clavadas en el terreno.



Esquinas y bordes para entregar el tejido a los soportes



Cintas de unión entre los patrones que conforman la membrana.

Fuente: Oliver, 1975.

La cubierta es una lona única de lana tensada hacia el perímetro a través de unas cintas que se prolongan hasta el piso con una cuerda; esta tensión provoca una compresión en los palos del borde. La lona única está formada por paños de tela tejida de lana que tienen una anchura entre los paños de 45 cm a 65 cm, por una longitud de 13 a 15 metros. A estos paños se les denomina patrones y son de color marrón café y negro. Son elaborados por las mujeres, y aproximadamente unos 10 patrones se cosen entre sí a través de unas cintas tensoras de 3 a 4 cm de ancho para conformar toda la cubierta. Aunque los patrones de la lona son rectos la lona que conforman tiene una forma global trapezoidal. Las costuras se realizan sobre las líneas de máxima tensión y se hallan reforzadas con las cintas resistentes, mencionadas anteriormente, que además son objeto de decoración de la cubierta.

Las fibras de la lana son resistentes a la tracción y por ser de origen vegetal tienen un comportamiento bioclimático. El punto alto de la jaima lo conforma el mástil en forma de "V" invertida cuyos palos tienen una sección entre 4 a 5 cms y una longitud de 4,40 metros. Como los palos están inclinados la altura total de la jaima es de 3,50 metros. En el vértice de la "V" se coloca un pieza de madera de 28 cm de longitud, redondeada en su parte superior –que es la que tiene contacto con la lona– para que no la corte ni la desgare por efecto del roce producto de la presión a que estará sometida la lona al ser atirantada por el perímetro. En la parte inferior esta pieza tiene unos orificios por donde entran los palos del mástil en "V", otros dos palos inclinados colocados a los extremos inferiores de la "V" pero de menor altura que llegan al borde de la cubierta en su perímetro y producen los accesos.

La cubierta resiste al viento gracias a la combinación de formas alabeadas y como está atirantada por el perímetro evita que aparezcan compresiones, es decir arrugas. En este caso, la lona contribuye notablemente a la rigidización y estabilidad estructural ya que, como se ha dicho, forma parte de la estructura y está tensada. El profesor Frei Otto, en su tesis doctoral "Cubiertas colgantes", plantea que la tienda árabe "es el más antiguo soporte de la cultura transmitida conscientemente de generación en generación" (Frei, 1958). Y desde nuestra óptica constituye un tipo primario de vivienda humana para protegerse de la lluvia, el viento y el calor, que deja penetrar, en cantidad suficiente, la luz y el aire fresco para su ventilación.

## Conclusión

De los cobijos estudiados se puede concluir que las formas arquitectónicas y su estructura conforman una tendencia al conjugar una sola unidad, lo cual proporciona ventajas en la transmisión de las cargas. Estas son geometrías estructurales que, al funcionar tridimensionalmente, disminuyen de manera notable las secciones de los elementos y componentes estructurales rígidos, lo que se traduce en una reducción de los pesos. En efecto, construir implica el uso adecuado de técnicas y herramientas, y por ende de conocimiento previo de lo que se quiere realizar, aunque este conocimiento sea intuitivo, con sensibilidad mecánica e inspiración, características que son innatas al hombre.

El esqueleto del ser humano representa la expresión más genuina del principio de estructura por estar sometido a las leyes de las fuerzas externas como la gravedad y el viento y su mecánica estructural que le permite su estabilidad y resistencia. Los cobijos se comportan como el cuerpo humano que está compuesto de una estructura sustentante a compresión (huesos) unida y articulada por el sistema muscular que resiste las tensiones y cubierto por la piel que le otorga protección al conjunto, permitiendo además, ventilar. En este sentido, una característica importante de estas construcciones es que al tener comportamiento de malla funcionan igual que los huesos y músculos, tienen la propiedad de recibir cargas en muchas direcciones y conducir las a un punto deseado, en este caso la tierra. Esto demuestra que las diversas culturas tienen una mecánica estructural intuitiva, y a su vez clara y precisa de las leyes que rigen la transmisión de cargas. Si bien es cierto que estas culturas no conocen las explicaciones científicas de sus invenciones, está claro que la curva es un principio físico universal. El movimiento y giro de la tierra hace que la naturaleza tienda a construir con formas curvas y elípticas, como las trayectorias de las aves, los ríos y astros.

Las geometrías tridimensionales presentadas en este trabajo en forma de cobijos respetan las leyes del máximo rendimiento y mínimo material lo que las hace construcciones sostenibles. Por otra parte, estas construcciones alcanzan su rigidez por medio de las curvaturas. Las formas arquitectónicas alabeadas no sólo son adaptadas y apropiadas para las condiciones ambientales sino también adaptadas a las necesidades y requerimientos de quienes las habitan.

Las invenciones estudiadas (el tejido, el pantógrafo, el arco y la catenaria) están presentes en la arquitectura ligera contemporánea. Los tejidos industriales han alcanzado un alto grado de desarrollo en cuanto a capacidad para soportar grandes tensiones gracias a la invención de los polímeros, como por ejemplo el nylon y la fibra de vidrio, pero a su vez la debilidad de estos nuevos materiales es que pueden generar efecto invernadero en los espacios que cubren, ya que dejan pasar al espacio interior el 20% de la radiación debido a su poco espesor. En este sentido, los tejidos de los cobijos presentan la ventaja de dejar pasar el aire a través de ellos pero no el agua.

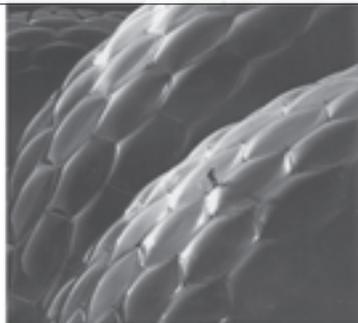
Con la aparición de nuevos materiales eficientes, ligeros y de altas resistencias se han reducido los espesores de las construcciones hasta llegar a nuestros días cuando el peso propio de una cúpula es incluso menor al peso del aire que envuelven, tal es el caso de la cubierta "The Eden Project" en Inglaterra, diseñada por el arquitecto Nicholas Grimshaw (gráfico 9), cúpula formada por almohadones neumáticos de lámina plástica de poco espesor, con aire comprimido internamente y estructura de marcos de aluminio.

La invención del pantógrafo es la base fundamental del desarrollo de las estructuras transformables actuales, pudiéndose plegar y desplegar grandes estructuras en forma de bóvedas y cúpulas que cubren grandes luces como por ejemplo el ESTRAN-1 desarrollado por el profesor Carlos Hernández en el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC-FAU/UCV) (gráfico 10).

De la invención de flexar un elemento para obtener un arco se puede esperar mucho en el futuro cercano. La idea de pre-flexar un elemento rígido, de manera que cuando actúa la carga externa sobre el material lo que se produce es una disminución de la compresión inicial, genera una estructura muy eficiente y una relación peso/resistencia muy favorable. En esta dirección se orienta la cubierta de malla pre-flexada para Multi-Hall. Mannheim del arquitecto Otto Frei abre nuevas posibilidades a la arquitectura (gráfico 11).

Todo el repertorio constructivo de la tienda árabe conformada por mástiles, patrones de tela, tensores, anclajes, superficies alabeadas de doble curvaturas, cintas y cuerdas para transmitir las cargas de la lona a los elementos de compresión se encuentra presente en la arquitectura textil contemporánea y, en ese contexto, la clásica

Gráfico 9  
The Eden Project  
Detalle



Fuente: www.edenproject.com

Gráfico 11  
Multi-Hall. Mannheim

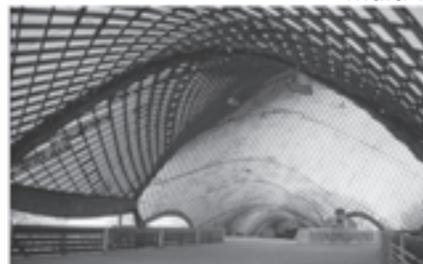


Foto: Nelson Rodríguez.

Gráfico 10  
ESTRAN-1. Arquitectura ligera contemporánea



Foto: Nelson Rodríguez.

Gráfico 12  
Carpa clásica de circo



Foto: Nelson Rodríguez.

carpa de circo representa uno de sus ejemplos más notables (gráfico 12).

Este salto que el mundo de las estructuras está experimentando ha sido posible por la aparición de materiales cuyo peso propio y rigidez son casi despreciables, pero trabajadas bajo una lógica estructural que las hace poco deformables aun solicitadas por cargas externas. Esta aparente contradicción se resuelve con el empleo de dos conceptos básicos: el primero es la introducción de una fuerza inicial al material, es decir pre-traccionarlo, pre-comprimirlo, o pre-flectarlo. El segundo concepto es el uso de super-

ficies de dobles curvaturas, bien sean sinclásticas (doble curvatura en un mismo sentido como las bóvedas y copulas) o anticlásticas (doble curvatura en sentidos opuestos como los paraboloides o conoides). Si además a estas estructuras les pedimos que sean capaces de replegarse, moverse y erigirse en otro lugar, la complejidad aumenta considerablemente. Esto demuestra que queda mucho que aprender, asimilar y derivar de los cobijos primigenios que combinados con las posibilidades del desarrollo tecnológico actual abre nuevos horizontes a las formas arquitectónicas y a la mecánica estructural.

## Referencias bibliográficas

- Andrews, P. (1981). *The Turkmen Tent*. HALI Books & Annuals, U.K.
- Berger, H. (1996) *Light structures structures of light: the art and engineering of tensile architecture*. Basel Birkhäuser, cop.
- Bunn, S. (2002) "Viviendas autóctonas flexibles y móviles", en *Living in Motion. Diseño y arquitectura para una forma de vida flexible*. Vitra Desing Museum. Zurich.
- Escrig, F. (1995) *Mobile and Rapidly assembled structure*, vol. I y II. Mechanis Publications. Sevilla.
- Frei, O. (1958) *Cubiertas colgantes* (versión española por Francisco Folguera). Editorial Labor. Barcelona.
- Frei, O. (1973) *Estructuras, estudios y trabajos sobre construcción ligera*. Gustavo Gili. Barcelona.
- Frei, O. (1990) *Experiments. Form, force and mass*. IL-23. Institute for Lightweight Structures. Stuttgart
- Frei, O.; Rasch, B. (1995) *Finding form: towards an architecture of the minimal*. Edition Axel Menges. Munich.
- Gantes, C. (2001) *Deployable Structure: Analysis and Design*. Wit Press. Boston.
- Gasparini, G. (1992) *Arquitectura Popular en Venezuela*. Armintano Editores. Caracas.
- Gardi, R. (1973) *Indigenous African Architecture*. Van Nostrand Reinhold Edition. London.
- Gili, G. (2002) *Casas refugio*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona.
- Giralt, D. (2002) *Gaudi. La búsqueda de la forma*. Museu d'Història de la Ciutat. Barcelona.
- Hildebrandt, S. (1990) *Matemática y formas óptimas*. Prensa científica, Biblioteca Scientific American. Barcelona.
- Kadlcák, J. (1995) *Statics of suspension cable roofs: Jaroslav Kadlcák*. Rotterdam Brookfield. A. A. Balkema, Rotterdam.
- Mollaer, M. (2002) *The Design of membrane and lightweight structure*. University Press. VUB. Bruselas.
- Monjó, J. (1991) *Introducción a la arquitectura textil: cubiertas textiles*. COAM. DL. Madrid.
- Oliver, P. (1975) *Shelter in Africa*. BLACKWELL, Publishing, Oxford.
- Parker, J. E. S. (1974) *The economics of Innovations*. Longman. London.
- Rafa, M. (2004) Vida Nómada. La Atracción de la Estepa. *Revista Altaïr* Nº 29. Mayo - Junio. Editorial Altaïr. Barcelona.
- Tahan, M. (2003) *El hombre que calculaba*. Eduven. Caracas.
- Torroja, E. (1960) *Razón y ser de los tipos estructurales*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.
- Zalewski, W. (1998) "Shaping structures statics". Waclaw Zalewski and Edward Allen drawings by Joseph Iano. New York.

## Calidad en las construcciones en Chile

Gustavo Izaguirre

Escuela de Arquitectura Carlos Raúl Villanueva,  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo,  
Universidad Central de Venezuela

### Resumen

A través del reconocimiento de las normativas y reglas técnicas que intervienen en la construcción y la calidad de los edificios en Chile, exploramos la inclusión de estándares de calidad, su implementación y cumplimiento, así como una mirada a las observaciones o defectos de las construcciones incorporando la opinión de los usuarios. La reflexión sobre la calidad implica un termómetro de bienestar social y su discusión se manifiesta cuando cuestiones cuantitativas van quedando resueltas. Reducir el deterioro de las edificaciones permite incrementar la seguridad de las personas, satisfacer las exigencias de los usuarios y proteger la economía social.

### Abstract

*Through the recognition of technical norms and rules related with the building's quality and construction in Chile, we explore the inclusion of standard quality, its implementation and performance, as well as a look to the construction's observations or defects including the users opinions. The reflection about the quality implies a social welfare thermometer and its discussion shows up when quantitative aspects are solved. Reduce the buildings deterioration allows to increase the people's security, satisfy the user's demands and protect the social economy.*

### Calidad de las edificaciones: desde la perspectiva de las obras arquitectónicas

Uno de los objetivos planteados en la investigación sobre la calidad de las obras arquitectónicas como una vía para mejorar la calidad de las edificaciones incluye la necesidad de hacer un reconocimiento de la experiencia que en esta materia se desarrolla en otros países. Este trabajo se inserta en la investigación sobre la relación entre la calidad de la construcción de las obras arquitectónicas y la calidad de la construcción de las edificaciones que se ejecuta en el marco del Doctorado en Arquitectura de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela.

Este informe de investigación ha sido realizado en el marco del programa de pasantía de movilidad estudiantil de postgrado de la Red de Macro Universidades de América Latina y el Caribe, en la Universidad de Santiago de Chile (USACH). Con este trabajo se pretende dar razón del marco normativo chileno existente relacionado con la calidad de las edificaciones.

### De la calidad, las obras arquitectónicas y las edificaciones

El deterioro de las obras arquitectónicas afecta en gran medida la calidad de las edificaciones, lo cual conduce progresivamente al deterioro del parque inmobiliario

### Descriptores

Normas Técnicas; Calidad; Edificaciones de calidad

### Descriptors

Technical Norms; Quality; Quality buildings

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN | Vol. 23-III | 2007 | pp. 21-37 | Recibido el 12/11/07 | Aceptado el 02/05/08

construido, desmejorando el paisaje urbano de nuestras ciudades e incrementado los problemas socioeconómicos propios de un contexto físico adverso (Izaguirre, 2003).

Las obras arquitectónicas constituyen un alto porcentaje del costo total de una edificación tanto en lo constructivo como en su conservación y mantenimiento. Es por ello que la construcción de obras arquitectónicas de calidad redundan no sólo en la sostenibilidad del ambiente construido sino que también permite incrementar la seguridad de las personas, satisfacer las exigencias de los usuarios y proteger la economía social. Al incrementar la calidad de una edificación se aumentan los niveles de sostenibilidad de aquello que está construido, su entorno urbano y otros tantos aspectos socioeconómicos propios de un hábitat sustentable en el tiempo (Izaguirre, 2005).

Este problema afecta directamente a los usuarios de los edificios (viviendas, oficinas, industrias, instalaciones recreativas, educacionales y deportivas, entre otros), los cuales deben realizar cuantiosas inversiones en la refacción, conservación y mantenimiento de sus inmuebles.

En este estudio serán abordados aspectos como Calidad, Obras Arquitectónicas y Edificaciones. La calidad se define como "propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permite juzgar su valor" (DRAE, 2001), pero tal propiedad o conjunto de propiedades son apreciadas por el sujeto con base en experiencia *a priori*, lo cual no necesariamente permite información fiable de las cualidades no apreciables por observación simple. Siendo así, entenderemos por *Calidad* la relación de cualidades no apreciadas contenidas en cada unidad de cualidades apreciadas respecto al sujeto (Izaguirre, 2004); por *Obras Arquitectónicas* (OA: construcción de tabiquerías y paredes; revestimientos y acabados en tabiquerías, paredes, escalones, pisos, pavimentos y otros elementos; impermeabilizaciones; carpintería, herrería, cerrajería, vidrios, entre otros; COVENIN 2000/II.A-92, p.171) entenderemos aquellas obras que las normas COVENIN indican como responsabilidad del arquitecto; y al hablar de *Edificaciones* nos referiremos a aquella construcción cuya función principal es alojar personas, animales o cosas (COVENIN-MINDUR 2002-88).

Por lo anteriormente expuesto se estima como premisa investigar sobre las reglas y normas para la construcción en Chile para asegurar la calidad de los edificios, sobre su aplicación, cumplimiento y propuestas para el futuro.

## Una vía para reconocer: el proceso de investigación

Para indagar sobre la calidad de las edificaciones en el caso chileno se plantea recopilar y revisar el marco normativo vigente teniendo en cuenta que éste parte de la condición de satisfacer adecuadamente las expectativas de construir bajo los parámetros ya mencionados, de preservar e incrementar la seguridad de las personas, satisfacer las exigencias de los usuarios y proteger la economía social, sin que esto determine indagar o hacer juicio de valor sobre la pertinencia de los factores que permiten determinar los estándares de calidad desarrollados en el país a través de la instrumentación de las Normas Chilenas de Construcción o cualquier otra regla.

### Objetivo general

Reconocer las reglas o normas para la construcción chilena, en particular las relacionadas con las partidas de: construcción de paredes y tabiquerías; albañilería; terminaciones y acabados en paredes, tabiques o paramentos (incluidas fachadas), escaleras, pisos y pavimentos; puertas; ventanas, e impermeabilización de las cubiertas de techos.

### Objetivos específicos

- Identificar el marco normativo y de reglamentación para la construcción de edificios.
- Identificar otras propuestas reglamentadas o de uso común de diseño y construcción para asegurar la calidad de los edificios.
- Revisar documentos que proporcionen una herramienta legible sobre la aplicación y el cumplimiento de las normas y reglas de construcción.
- Revisar la compatibilidad de las normas chilenas con normas desarrolladas en otros países, en particular las normas ASTM e ISO.
- Obtener información a partir de entrevistas con los profesionales y actores.

### Plan de trabajo

Considerando que en este trabajo se pretende dar razón del marco normativo chileno, su desarrollo se hará

a partir de la revisión detallada del marco legal constitucional: Código Civil y otras leyes generales, legislaciones particulares y ordenanzas de construcción, y normas oficiales y reglamentos para la construcción de edificios en Chile. Todo ello teniendo en cuenta que el resultado de este estudio proporcionará una información general de los distintos cuerpos normativos, así como la opinión de los actores que intervienen en el quehacer constructivo, con base en la documentación publicada por la academia, los constructores, las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, entre otros, sin que los comentarios aquí expresados representen juicio de valor sobre la realidad chilena del sector construcción o las políticas en la materia.

Al respecto cabe destacar que se incluye información relacionada con la ocurrencia de patologías en viviendas construidas a través del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) basada tanto en estudios concertados por el Instituto de Construcción entre los ministerios ejecutores y/o contratantes de obras, las universidades, la Cámara Chilena de la Construcción, fabricantes de materiales y componentes, entre otros, así como los estudios realizados por el Centro de Excelencia para la Calidad de la Construcción de la Pontificia Universidad Católica de Chile (UC) y el Instituto de la Vivienda de la Universidad de Chile (INVI), con el objeto de indagar sobre las lesiones y defectos más frecuentes, causas aparentes y recomendaciones sugeridas, con el propósito de conocer sobre la aplicación de la normativa y el cumplimiento de tales normativas por parte de los profesionales.

Tanto el contenido como las referencias están de alguna manera inmersos en el tema de la vivienda social, por su importancia para la sociedad chilena y los actores del sector construcción.

La información procesada se resume y se abre a la discusión con carácter referencial asociado a los factores tomados en cuenta para establecer y mejorar la calidad de construcción de los edificios en Chile.

## Chile: Construcción y calidad de edificios

La legislación chilena vigente establece en el Artículo 8 del Código Civil (CC) que "Nadie podrá alegar ignorancia de la ley después que ésta haya entrado en vigencia", con lo que queda claro que los profesionales encarga-

dos de los proyectos y la construcción de las edificaciones no podrán alegar desconocimiento de las leyes, normas, ordenanzas o cualquier otro instrumento legal relacionado, entre otros, con los estándares de calidad. Así mismo, tales profesionales son solidarios de las responsabilidades por defectos, vicios o fallas en las construcciones, según lo indica el Artículo 2004 del CC.

La aprobación de las *normas técnicas* relacionadas con estándares de calidad elaboradas por el Instituto Nacional de Normalización (INN) y otros organismos del Estado en Chile, le compete exclusivamente al Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) de conformidad a lo indicado en el Artículo 3 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones (L-GUC).

A mediados de los años setenta se inicia una fuerte inversión en el sector construcción, con énfasis en la construcción de viviendas sociales con el objeto de solventar el déficit habitacional en el país. A través de la promulgación de la Ley General de Urbanismo y Construcciones de 1975 y su Ordenanza se introducen normativas relativas a la calidad de la construcción, que luego de múltiples modificaciones y ajustes se concretan en la Ley 20.016 de mayo de 2005, conocida como *Ley de Calidad 2*, la cual entró en vigencia a partir de agosto de ese mismo año.

Esta L-GUC precisa la responsabilidad de los arquitectos, ingenieros civiles, ingenieros constructores y constructores civiles que intervienen en un permiso o una construcción por sus acciones u omisiones en el ámbito de sus respectivas competencias (Artículo 17). Igualmente establece mayor precisión con relación a la responsabilidad de una construcción terminada no entregada y fija plazos para hacer efectivas tales responsabilidades y garantías según se trate de estructuras soportantes o no soportantes, terminaciones y acabados de obra (Artículo 18).

No obstante, dicha Ley, en el aparte 3.a del Artículo 2003, difiere de lo señalado en el Código Civil respecto de las responsabilidades de las garantías sobre las construcciones; en tanto que el Código Civil establece que el empresario responderá por los vicios de construcción o del suelo hasta por un período de cinco (5) años, contados a partir de la entrega, cuando dicha Ley regula las responsabilidades a diez (10) años en el caso "de fallas o defectos que afecten la estructura soportante del inmueble"; cinco (5) años para "fallas o defectos de los elementos constructivos o de las instalaciones"; y tres (3) años "si hubiesen fallas o defectos que afecten a elementos de terminacio-

nes o de acabado de las obras" (Artículo 18). En todo caso, conforme al Código Civil, podemos decir que las garantías aplicables son las de la L-GUC por tratarse de materia especializada (Artículos 9 al 14 y 2524, CC).

Dichos plazos delimitan las responsabilidades en caso de daños y perjuicios que provengan de fallas o defectos de una construcción, tanto para el propietario primer vendedor como para los proyectistas en caso de errores si de estos se han derivado daños o perjuicios; para los constructores, por fallas, defectos o errores en la construcción y el uso de materiales o insumos defectuosos; y para las personas jurídicas cuando el profesional competente actúe por ellas (Circular orden N° 0366 DDU 154 del 05-09-2005 "Responsabilidades, Calidad de la Construcción" MINVU).

Por otra parte, la ley de calidad delimita la responsabilidad del Director de Obras Municipales, quien a partir de esta modificación de la L-GUC debe conceder el permiso o la autorización requerida si los proyectos cumplen con las normas urbanísticas, dejando la responsabilidad de revisión y cumplimiento de las demás disposiciones legales y reglamentarias vigentes al arquitecto proyectista y profesionales que intervienen en un permiso o una construcción.

En 1973 la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) crea el Instituto Nacional de Normalización (INN), organismo encargado de la elaboración y difusión de las Normas Chilenas (NCh), y no es sino hasta 1981 cuando comienza a sentirse su importancia en el sector, siendo a partir de 1990 –producto del interés país en ser competitivo internacionalmente– cuando el INN introduce las normas ISO 9000 al homologarlas como racionales. Actualmente, y desde 2004, se materializa el Sistema Nacional de Calidad, conformado por la CORFO, el INN y Chile Calidad<sup>2</sup>, con el objeto de mejorar de manera sistemática los estándares que permitan un producto o servicio de calidad, medido y certificado de acuerdo a una norma, permitiendo su inserción en el mercado interno y externo, y contribuir al desarrollo productivo del país y al Sistema Nacional de Calidad apoyando a entidades públicas y privadas en la aplicación, obtención y conocimiento de normas técnicas y certificación acreditada (INN, 2006).

El INN es miembro de la International Organization for Standardization (ISO) y de la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT); para la elaboración de las NCh se toman en consideración las normas ASTM (American Society for Testing and Materials, Filadelfia), ISO y UNE

(Unificación de Normas Españolas, desde 2002 unificadas con Normas de la Unión Europea), entre otras.

Según lo indica el propio INN, las normas chilenas no son en principio de obligatorio cumplimiento por parte de las empresas, profesionales y particulares, salvo aquellas han sido incluidas en la Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones (OG), todo ello con el objeto de unificar los criterios mínimos de calidad tanto de los materiales y construcción de la obra como en lo relacionado con la habitabilidad de tales obras o edificios.

No obstante, en la actualidad algunos actores del sector en Chile han planteado que una de las debilidades de la construcción en el país se centra en que la norma no es revisada periódicamente de acuerdo a la incorporación de nuevos materiales, nuevas tecnologías o técnicas constructivas adecuadas, ya que el sistema de formulación y aprobación de normas del país requiere invertir mucho tiempo. En este sentido argumentan que "en muchos casos no resulta fácil hacer una certificación de calidad ya que puede que no exista la norma oficial chilena, que la existente esté obsoleta (ya sea porque no hay laboratorios que hagan la medición o porque no hay demanda del ensayo o medición) o que algunas de ellas sean tan antiguas que no han considerado la innovación de la tecnología" (Ibáñez, 2002). Comentarios similares han sido expresados por profesionales y empresas constructoras, según lo indicado por Francisco Javier Vega Vega, Secretario Ejecutivo del Instituto de la Construcción-Chile, en entrevista concedida el 13-02-2006.

Por otro lado algunos centros de investigación relacionados con el tema de la construcción señalan que las NCh son muy buenas pero muy flexibles, y el cumplimiento de éstas le corresponde a los profesionales competentes; en todo caso manifiestan que muchas empresas son audaces a la hora de bajar las especificaciones técnicas y los estándares mínimos de calidad establecidos por dichas NCh por lo que, en consecuencia, la calidad de las construcciones va mermando<sup>3</sup>.

Esta obsolescencia de las normas no significa que aspectos considerados en ellas y que datan de años anteriores no sigan teniendo vigencia en la actualidad, sino más bien que se requiere dar apertura a nuevas tecnologías y materiales, así como a nuevos métodos de construcción.

Por lo tanto, podemos concluir que los Municipios otorgan los permisos con base en el cumplimiento de las normas urbanísticas; que los arquitectos y demás profe-

sionales competentes responden porque el proyecto y la construcción de la obra estén ajustados a las normas técnicas; que las NCh establecen un estándar mínimo de calidad y que sólo son obligatorias aquellas NCh que han sido incluidas en la OG, aunque algunos profesionales argumentan que las NCh son obsoletas o no aplicables, lo cual puede originar una tendencia decreciente de la calidad de las edificaciones.

Más adelante abordaremos cómo en la práctica profesional se atiende la aplicación y el cumplimiento de la normativa técnica legal en el país, y cómo abrir la discusión sobre la pertinencia del tema tanto en la academia, como en los gremios profesionales y empresariales, las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales relacionadas con la calidad de la construcción.

## De la calidad de las edificaciones en Chile

Los proyectistas y profesionales competentes responden porque el proyecto y la construcción de la obra estén ajustados a las normas técnicas, y en particular a las NCh incluidas en la OG, pero es importante acotar que en Chile el tema de la calidad de los edificios es abordado a través de un espectro que aglutina factores muchas veces dispersos que conforman la calidad del hábitat, donde la calidad de los materiales y las técnicas constructivas están incluidas.

Además de otros estudios que se adelantan, el proyecto titulado "Determinación de los estándares de habitabilidad para mejorar la calidad de la construcción en la vivienda en Chile" propone una metodología para dar cuenta de aquellos factores inherentes a la calidad residencial agrupados en seis áreas temáticas, a saber:

- *Espaciales*: condiciones de diseño relativas a la estructura física, verifica factores relativos a: dimensionamiento, distribución y uso;
- *Psicosociales*: comportamiento individual y colectivo y sus características socioeconómicas y culturales, verifica factores relativos a: privacidad, identidad y seguridad ciudadana;
- Tres áreas que consideran la condición de un recinto habitable para que las personas se sientan confortables, como *Bienestar Térmico*, verifica factores relativos a ganancias y pérdidas térmicas, y comportamiento de la envolvente en relación a su materiali-

dad y volumetría; *Bienestar Acústico*: verifica factores relativos a: fuentes, niveles y transmisión de ruido, y comportamiento acústico de la envolvente; y *Bienestar Lumínico*, verifica factores relativos a: fuentes y niveles de iluminación, y comportamiento de la envolvente frente a iluminación natural y artificial;

- *Seguridad y Mantenimiento*: condición de durabilidad y capacidad de administración de los espacios y construcción conforme a características tanto socioeconómicas de los usuarios como medio ambientales de emplazamiento, verifica factores relativos a: seguridad estructural, seguridad contra el fuego, seguridad contra accidentes, seguridad contra intrusiones, durabilidad y requerimientos de mantenimiento de los cerramientos y las instalaciones (Toro et al., 2003).

No cabe duda de que la integración de los factores que intervienen en la calidad de habitabilidad de un edificio nos compete en alto grado, sin embargo, como hemos indicado, trataremos aquellos aspectos relacionados con la calidad de la construcción en sí misma desde la óptica de la materialidad<sup>4</sup> de la construcción u obra tangible de la edificación, para reconocer las reglas y normas de construcción, en particular las relacionadas con la construcción de las partidas de: construcción de paredes y tabiquerías; albañilería; terminaciones y acabados en paredes, tabiques y paramentos (incluidas fachadas), escaleras, pisos y pavimentos; puertas; ventanas; e impermeabilización de las cubiertas de techos.

Con anterioridad referimos que la construcción de edificios está reglamentada por la L-GUC; y el INN nos indica que las NCh son obligatorias cuando están incluidas en la L-GUC y su OG.

Cuando analizamos más de cerca dicha ley se entiende que "El diseño de las obras de urbanización y edificación deberá cumplir con los *Standard* que establezca la Ordenanza General" (Artículo 105) los cuales, entre otros aspectos, incluyen el cumplimiento relativo a estabilidad y asismicidad (en Venezuela: sismo-resistencia), seguridad contra el fuego, y condiciones de salubridad, iluminación y ventilación. Seguidamente indica que para tal finalidad "los materiales y sistemas a usar en las urbanizaciones y construcciones deberán cumplir con las Normas Técnicas preparadas por el Ministerio de la Vivienda y Urbanismo, sus servicios dependientes o el Instituto Nacional de Normalización", lo que establece dos niveles de atención de los profesionales responsables tanto del proyecto como

de la construcción; igualmente prevé un nivel de atención relacionado con los estándares de materialidad respecto de la construcción.

En primer lugar menciona que los estándares de diseño a cumplir serán los que establezca la OG los cuales contemplan, si no todas, la mayoría de las tipologías de edificios.

En general, los estándares de diseño complementan y completan lo no indicado por las NCh de Construcción.

Respecto a los estándares relacionados con la materialidad de los edificios la OG establece que “La calidad de los materiales y elementos industriales para la construcción y sus condiciones de aplicación a las obras quedará sujeta a las normas oficiales vigentes, y a falta de ellas, a las reglas que la técnica y el arte de la construcción establezcan” (Artículo 106 L-GUC), en todo caso, para las estructuras y su cálculo la OG indica que “En casos en que se justifique debidamente que no existen normas técnicas aplicables a la materia, los proyectos de cálculo estructural deberán ser realizados sobre la base de normas técnicas extranjeras, cuya aplicación se adecúe más al proyecto, a criterio del Revisor del Proyecto de Cálculo Estructural” (Artículo 5.1.27 OG), lo cual invalida los argumentos de profesionales y empresarios respecto a la aplicación, por obsolescencia, de la norma. Se evidencia del texto citado que no es impedimento la falta de una norma oficial para no disponer de un material, componente o condiciones de aplicación a las obras con un estándar de calidad homologado a otra norma internacional, o diseñar y definir el estándar a través de una especificación técnica basada en el arte y oficio de construir como base para hacer un control de calidad verificable.

En general las nuevas generaciones de profesionales y albañiles deben aprender nuevas formas de construir y usos de los materiales existentes o materiales nuevos. Para eso se requiere de formación adecuada, constante investigación y desarrollo en materiales, componentes y técnicas de construcción y conocimiento sobre el comportamiento del edificio durante su vida útil<sup>5</sup>. La aparición de nuevas necesidades y una enorme expansión en el mercado de la construcción, acompañadas de un acusado retroceso simultáneo en la capacidad de las nuevas generaciones de artesanos, obligaron a racionalizar y tecnificar el proceso de la construcción. Así surgieron nuevos procedimientos distintos a los tradicionales sancionados por el tiempo, pero también muy exigentes en cuanto a esfuerzos y nue-

vos materiales, y con ello el peligro de nuevas imperfecciones y nuevos daños. La prevención y eliminación de unas y otros compete a la física de la construcción. Sin conocimientos de esta ciencia y sus investigaciones resulta ya imposible resolver los problemas que plantea la protección de las construcciones (Schmitt y Heene, 1993).

Para verificar el control de calidad de los materiales de la construcción, según Decreto N° 10 del 15-01-02 del MINVU, Artículo 5.5.1 “Materiales de Construcción” OG, es obligatorio acudir a los Laboratorios de Control Técnico de Calidad de Construcción inscritos en el MINVU. El país cuenta con 44 laboratorios certificados por dicho ministerio, de los cuales 10 corresponden a centros de investigación de las universidades u organizaciones asociadas.

Por otra parte, dicha OG precisa que “no podrán emplearse materiales y elementos industriales de construcción que no reúnan las condiciones y calidades que exige la presente Ordenanza”, entendiéndose como tales aquellas condiciones y calidades indicadas en las normas oficiales, es decir las NCh. Para la fecha de este estudio, las NCh publicadas por el INN sobre la construcción son de amplia diversidad respecto a los aspectos reglamentados (ver cuadro 1), los cuales incluyen normas para el diseño arquitectónico, diseño, cálculo y ejecución estructural, condiciones de habitabilidad (acústica, térmica, ventilación, iluminación, humedad, etc.), seguridad, materiales y componentes, instalaciones, herramientas y equipos, y mobiliario.

Dentro de las condiciones de habitabilidad incluidas en la OG destaca que todo edificio debe tener aislamiento térmico y acústico con base en la aplicación de las NCh y reglas propias de dicha OG basadas en las NCh. Los ensayos e informes de inspección deberán ser realizados por los Laboratorios de Control Técnico de Calidad de Construcción y los Profesionales Competentes inscritos y vigentes en el MINVU.

Una vez terminada la obra, el o los profesionales que la construyen, el Inspector Técnico de la Obra (ITO) y el supervisor de la obra serán responsables de informar al Director de Obras Municipales respectivo de las medidas de gestión y control de la calidad adoptada y certificar que éstas se han cumplido (Artículo 1.2.9 de la OG), sin perjuicio de que una vez terminado el edificio “será obligatorio acompañar el informe de un Revisor Independiente que acredite el cumplimiento de la normativa correspondiente” (Artículo 5.2.5 de la OG). Igualmente, el estándar de calidad de las terminaciones y acabados que contemplen

Cuadro 1  
Clasificación del Área F de las Normas chilenas de construcción

COD listado	Tema	Total por tema	Total NCh
F	Construcción		1023
F 1	General		14
F 1.1	Normas Básicas de Construcción	14	
F 2	Diseño Arquitectónico		67
F 2.1	Diseño Arquitectónico General	5	
F 2.2	Coordinación Modular / Dibujo Técnico / Coordinación de proyectos	19	
F 2.3	Especificaciones técnicas	43	
F 3	Diseño, Cálculo y Ejecución de estructuras	56	56
F 4	Acondicionamiento Ambiental		43
F 4.1	Aislación acústica	11	
F 4.2	Aislación térmica	23	
F 4.3	Humedad	5	
F 4.4	Ventilación natural	2	
F 4.5	Iluminación natural	2	
F 5	Seguridad		108
F 5.1	Prevención y Riesgo de incendio en edificios	47	
F 5.2	Seguridad Ejecución de obras/Protección personal	61	
F 6	Materiales y Componentes		500
F 6.1	Acero y Aleaciones	54	
F 6.3	Asbesto-Cemento	12	
F 6.4	Asfalto-Alquitrán	24	
F 6.6	Caucho	4	
F 6.7	Cemento	16	
F 6.8	Cerámica (Arcilla)	16	
F 6.9	Cobre y Aleaciones	19	
F 6.10	Hierro fundido	13	
F 6.11	Hormigón y Morteros	66	
F 6.12	Madera	61	
F 6.15	Paneles prefabricados	6	
F 6.16	Pétreos (Áridos)	16	
F 6.17	Pinturas, Barnices y similares	47	
F 6.18	Plásticos	41	
F 6.20	Puertas, Ventanas y Quincallería	18	
F 6.21	Suelos y Suelo-cemento (pavimentos)	6	
F 6.23	Vidrios	20	
F 6.24	Yeso	10	
F 6.25	Sellantes de juntas y uniones	9	
F 6.26	Recubrimientos para pisos	7	
F 6.27	Tabiques	8	
F 6.28	Juntas y Uniones	1	
F 6.29	Techumbres (impermeabilización de)	2	
F 6.30	Muros de albañilería	1	
F 6.31	Fachadas	2	
F 6.32	Fibrocemento	6	
F 6.33	Membranas asfálticas	6	
F 7	Instalaciones		173
F 7.1	General	3	
F 7.2	Agua potable	50	
F 7.3	Alcantarillado	30	
F 7.4	Electricidad e iluminación	50	
F 7.5	Gas	22	
F 7.6	Calefacción, Ventilación artificial, Aire acondicionado	10	
F 7.7	Ascensores, Escaleras mecánicas	4	
F 7.8	Instalaciones Eléctricas en edificios	4	
F 8	Herramientas y Equipos		12
F 9	Mobiliario		50
F 9.1	Mobiliario	7	
F 9.2	Artefactos electrodomésticos y otros	25	
F 9.3	Mobiliario escolar	18	

Fuente: elaboración propia con base en las Normas Chilenas, Oficinas del INN.

locales habitables no podrá ser inferior a las definidas en la OG (Artículo 4.1.1 de la OG). En general el concepto de habitabilidad es definido como “la cualidad de habitable que, con arreglo a determinadas normas legales, tiene un local o vivienda” (DRAE, 2001), por lo cual es preciso incluir en las condiciones de habitabilidad aspectos como: estabilidad, durabilidad y administración en su uso.

Lo anteriormente indicado nos permite asegurar que las NCh de construcción y la normativa prevista en la OG establecen los estándares de calidad de las edificaciones, y que tales estándares son de obligatorio cumplimiento para los profesionales que intervienen en el diseño y la construcción de tales edificios. Más adelante analizaremos algunos casos y sus resultados como insumos para mejorar la calidad de la construcción.

No es cierto que construir con más calidad implica necesariamente mayores costos; de hecho, la merma en las edificaciones, el descuido en la inspección y supervisión de las obras, las malas prácticas, el uso de materiales de calidad no certificada, conducen al deterioro prematuro de las obras y a demoliciones y reparaciones que implican mayores costos y desperdicios. Esto toca aspectos éticos del ejercicio de las profesiones de arquitecto e ingeniero, y de las responsabilidades de funcionarios, promotores, constructores y autoridades municipales (Acosta y Cilento, 2003).

### *Una mirada al hecho de la calidad en Chile*

El arte de proyectar edificios refiere la relación entre el diseño, su proyecto y la obra, respecto al ajuste con base en las normas observando los estándares de calidad de la construcción. Los profesionales competentes tanto del proyecto como en la construcción se fían de las especificaciones técnicas elaboradas por los proveedores de los insumos de construcción del país, todo esto apoyado en que en Chile se establece que los fabricantes de materiales y componentes constructivos certifican sus productos y presentan recomendaciones para que la calidad del elemento construido pueda estar igualmente certificada. Pero incorrectas especificaciones y falta de observancia de dichas especificaciones en la construcción suelen afectar seriamente el desempeño de la edificación en el tiempo; “se ha encontrado, por ejemplo, que tanto las instrucciones o especificaciones insuficientes<sup>7</sup> del proyectista como una dirección deficiente de obra o una construcción inco-

rrrecta, configuran las principales causas del deterioro físico de los edificios” (Dunowicz, 2003).

Desde 2001 el MINVU ha establecido un control más estricto con respecto a la aplicación de las NCh, dirigido a verificar el uso de materiales y componentes que los propios fabricantes hacen certificar y la certificación de procesos de inspección y supervisión empleados durante la construcción, sin embargo, hasta la fecha no se ha conocido de auditorías similares para verificar la calidad de las obras en las edificaciones diferentes a viviendas, mayoritariamente las sociales. Algunos arquitectos argumentan que “en general en las obras no fallan los materiales, éstos están certificados”<sup>6</sup>, “Incluir en las especificaciones del proyecto las recomendaciones técnicas de uso y construcción de los fabricantes es suficiente”.

La idea general expresada por algunos arquitectos es que lo importante es saber si la empresa constructora o profesionales son competentes o están certificados, y establecer si hay deficiencias en la especialización técnica de los maestros y el nivel de adiestramiento de la mano de obra calificada.

Indagar sobre el comportamiento de los estándares y su aplicación fue abordado mediante la revisión de estudios sobre las patologías presentes en las edificaciones. Se dispuso, entre otros, de sendos estudios realizados por el MINVU a viviendas sociales construidas en dos períodos diferentes y cuatro años de ejecución diferentes, 1990, 1994, 1996 y 1997.

En 1998, MINVU realizó el “Estudio de fallas y deterioros en las viviendas básicas construidas en 1990 y 1994”, ejecutadas por los Servicios de Vivienda y Urbanismo del MINVU (SERVIU) con un universo de la muestra de 39.944 viviendas.

Las patologías indicadas no incluyeron aquellas lesiones que, a juicio de los investigadores, son causadas por acción de los ocupantes de las viviendas. El diagnóstico se realizó sobre una base estadística de 0,6% del universo de las viviendas en estudio, lo cual representa 200 unidades de vivienda que según el propio estudio constituye una cifra similar al número de viviendas que tiene el conjunto habitacional medio del universo.

Dicho estudio arrojó en su diagnóstico que 68,6% de las viviendas no presentaron patologías recurrentes o importantes. Se observa que 12,2% presentó fallos o defectos en las terminaciones y 5,1% en estructuras (cuadro 2).

En el año 2004 se realizó una investigación similar titulada “Estudio de Patologías en la Edificación de Viviendas Básicas. 1996-1997” ejecutadas por SERVIU, con un universo de la muestra de 41.784 viviendas. El diagnóstico se realizó sobre una base estadística de 3,04% del universo de las viviendas en estudio, lo cual representa 1.270 unidades de vivienda.

Este estudio arrojó en su diagnóstico que 68,03% de las viviendas no presentaron patología con un incremento en los fallos o defectos en las terminaciones que llega hasta 16,46% de las viviendas afectadas y 8,98% en estructuras y techumbres (cuadro 3).

En ambos estudios queda claro que en todas las edificaciones evaluadas (viviendas sociales) el estándar de construcción es el indicado como estándar mínimo de las NCh o los indicados por los pliegos de licitación de los SERVIU, los cuales entendemos que establecen estándares

que pudieran diferir de los establecidos por las NCh, pero dichos pliegos forman parte del compromiso legal o contrato, donde quien construye se compromete a cumplirlo, y sobre el cual son evaluadas y valuadas las partidas ejecutadas. Así mismo el MINVU establece su propia definición de calidad como la “medida de la idoneidad o aptitud del conjunto de cualidades de una vivienda para satisfacer las necesidades, explícitas o implícitas, relacionadas con sus propiedades de estabilidad estructural, habitabilidad y durabilidad”, como base para determinar las fallas o defectos en la calidad de los estándares en la cual se enmarcan ambos estudios.

Cuando realizamos una comparación entre los estudios encontramos un incremento en las observaciones manifiestas en las construcciones (gráfico 1), cuyas causas pueden ser imputables a razones técnicas o desconocidas; veremos un ejemplo más adelante.

Cuadro 2  
Observaciones más recurrentes

Grupo de variables	Viviendas afectadas (en %)
Sin observaciones	68,6
Pavimentos	5,2
Estructuras	5,1
Terminaciones	12,2
Instalaciones eléctricas	5,1
Agua potable	8,8
Alcantarillado	3,4

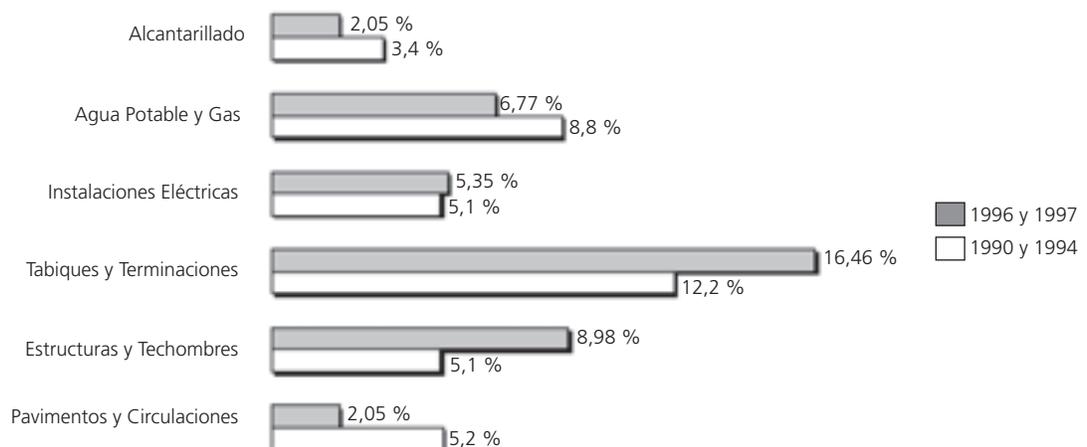
Fuente: MINVU.

Cuadro 3  
Patologías a nivel nacional

Grupo de variables	Viviendas afectadas (en %)
Sin observaciones	68,03
Pavimentos y Circulaciones	2,05
Estructuras y Techumbres	8,98
Tabiques y Terminaciones	16,46
Instalaciones eléctricas	5,35
Agua potable y Gas	6,77
Alcantarillado	2,05

Fuente: MINVU.

Gráfico 1  
Comparación entre cuadro 2 y cuadro 3



Fuente:Elaboración propia.

Tales incrementos se evidencian en las partidas de tabiques y terminaciones de 12,2% a 16,46%, lo que significa un incremento neto de patologías de 34,92%, así como un incremento neto de 76,08% en el caso de las partidas de estructuras y techumbres, a pesar de que la variación general de las observaciones y patologías presentes disminuyó en 0,83% en un período de 2 a 3 años.

El propio MINVU reconoce lo importante del incremento de patologías en las terminaciones y techumbres debido a la merma en las condiciones de habitabilidad de las viviendas estudiadas. En ese sentido indica que “un gran porcentaje de las unidades de la muestra se ven afectadas por patologías que generan serios problemas de habitabilidad y que afecta la calidad constructiva atentando contra la durabilidad de dichas viviendas. Tal es el caso de las filtraciones a través de la envolvente” (MINVU, 2004), y señala que las patologías encontradas se deben en general a causas que corresponden a diferentes etapas del proceso constructivo entre los cuales destacan:

1. Errores de diseño y falta de detalles en los planos y especificaciones técnicas de los proyectos.
2. Deficiencias o debilidades en la reglamentación y normativa.
3. Uso de materiales inadecuados o mal aplicados.
4. Falta de supervisión de las obras e inspecciones técnicas deficientes.
5. Falta de competencia laboral en la ejecución de las diferentes partidas.

En estos estudios no se cuantifican dichos efectos con relación a las cinco causas detectadas, sin embargo, en el estudio MINVU de 1998, en las conclusiones del diagnóstico se indica: “...encontramos, en una gran cantidad de casos, que éstas se deben a un trabajo mal hecho, es decir, la persona que tenía el encargo de realizar cierta parte del proceso no lo hizo bien”, y concluye haciendo recomendaciones a la Cámara Chilena de la Construcción para la formación y certificación de maestros de obra, albañiles y mano de obra calificada.

Si bien es cierto que el arte y el oficio se están perdiendo, no es menos cierto que tal responsabilidad atañe a los profesionales que dirigen la obra, tanto en la recepción de materiales y componentes, formas de construcción y verificación y recepciones parciales o generales de todo el proceso constructivo.

Por otra parte, vale la pena comentar que en las conclusiones del estudio se indica frente a los *defectos*

en las viviendas que es necesario revisar y retroalimentar las bases de licitación en la búsqueda de mayor calidad y mejor estándar en la construcción de las Viviendas Sociales (MINVU, 1998, p. 19). Podríamos inferir que las bases de licitación establecen exigencias de calidad inferiores a las previstas en las normas técnicas pero si se asegura que dichas bases de licitación se sustentan en lo indicado por tales normas, entonces estaríamos ante un juicio de valor sobre el estándar establecido por dichas normas, o ubicados en el límite entre qué se debe y no se debe hacer.

Como fue indicado anteriormente, se examina en forma sucinta un ejemplo aislado que evidencia un cambio en el estándar de calidad debido a que no es tema de este trabajo evaluar el estándar de las NCh.

En el caso particular de perfiles para la confección de marcos de puertas, el estudio del MINVU de 1998 recomienda que uno de los estándares a cumplir para la fabricación de marcos sea “emplear perfiles metálicos con espesor mínimo de 1,5 mm”, entre otros. A pesar del incremento de 34,92% en las observaciones en tabiques y terminaciones, el estudio MINVU de 2004 indica en este aspecto que “los perfiles metálicos deberán ser de 1,0 mm”; mientras que la NCh no establece un espesor determinado pero sí condiciones mínimas de flecha permitida. La deformación de las jambas de marcos metálicos para puertas durante la colocación y relleno (arriñonado) en obras de albañilería, con los espesores indicados de 1,0 mm, es más probable, por no decir que es segura.

Por otra parte, un estudio publicado en 2005 por el Instituto de la Construcción y realizado en asociación con el MINVU, la Cámara Chilena de la Construcción, los gremios, empresas constructoras, fabricantes y la Facultad de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Chile (UC), logró establecer un catastro básico de observaciones de no conformidad, sobre un universo de más de 39.000 viviendas construidas después de la crisis de los temporales de 1997, considerado un hito y punto de inflexión en las definiciones de estándares mínimos aplicables a las viviendas sociales. Dicho estudio indica, entre otras cosas, la importancia de que las especificaciones técnicas de los proyectos se ajusten tanto a los estándares de calidad previstos por las NCh como a las especificaciones de los fabricantes de materiales e insumos de construcción. Todo esto con el objeto de disminuir la aparición de defectos y patologías en las edificaciones. Esta recomendación es hecha debido a que en la mayoría de las 39.000 construcciones

estudiadas, las probables causas de los efectos diagnosticados indican que éstas se presentan primeramente por deficiencia en el diseño, proyecto y especificaciones técnicas, y en otra por defectos de materiales, proceso constructivo, uso o mantenimiento de la edificación, lo cual plantea una reflexión acerca de la responsabilidad profesional (“las deficientes o acertadas políticas públicas de construcción de un país no excusan al arquitecto o al ingeniero de valorar en su justa medida la importancia social y económica que reviste la conservación del parque edificado, en particular el habitacional. Se requiere de formación profesional competente en el tema. El resultado de este déficit es un hábitat degradado y de corta vida útil”) (Boselli y Velasco, 2003).

También el Centro de Excelencia para la Calidad de la Construcción (CECC), integrado por empresas del área de la construcción de viviendas y profesionales de la Pontificia Universidad Católica de Chile, aplicó un sistema de evaluación de la calidad de la construcción de viviendas a dos obras de extensión (casas) y dos colectivas (edificios de 15 pisos) utilizando un estándar para calificar con base en un Nivel de Calidad Aceptable (NCA) (Serpell y Labra, 2003), todo esto en acuerdo con las empresas constructoras, donde sólo se evaluó la etapa de construcción de cada obra. De los resultados obtenidos las partidas que presentaron elementos defectuosos en las obras evaluadas en mayor cantidad fueron: alineación, remates y cuadratura de cerámicas con un 52% de elementos defectuosos; colocación de elementos de puertas con 42%, y calidad del material, funcionamiento y terminaciones de muebles con 41% (ver detalles en cuadro 4).

“En general, a partir de los datos presentados, es posible apreciar que los niveles de calidad existentes en las obras de construcción evaluadas, distan bastante de los estándares de calidad establecidos en el sistema” (Serpell y Labra, 2003, p. 95). Esta afirmación denuncia que aun en las construcciones donde las empresas participan para verificar la calidad del producto ofrecido, dichas obras presentan múltiples partidas que evidencian un defecto, entendiendo como tal aquel que “carece de las cualidades propias y naturales de una cosa” (DRAE, 2001), siendo dichas cualidades las referidas al estándar establecido para la evaluación. En todo caso las partidas con elementos defectuosos corresponden a las destinadas a albañilería, terminaciones, acabados y a cubiertas de techo, y en menor grado a radier (en Venezuela, losa de piso o base de

pavimento), puertas y ventanas, las cuales ya hemos referido como obras arquitectónicas (OA). Los investigadores del estudio, al indagar sobre los problemas detectados de cuadratura, verticalidad y horizontalidad de los elementos evaluados, indican que estos “son producto de fallas de las mismas características en los elementos soportantes o de apoyo, como muros, losas, vigas, columnas construidas durante la obra gruesa”. Por otra parte el estudio afirma que ninguna empresa exigía a sus proveedores un certificado de calidad de sus productos, “en general se asume que los productos adquiridos cumplen con las normas establecidas, sin embargo, se desconoce en qué consiste dicha norma y no se exige una prueba fehaciente que demuestre tal requisito”.

Podemos establecer que dichas OA dan cuenta de los defectos tanto de los acabados y terminaciones como de los elementos estructurales de la edificación. Se plantea alarmante y llama a la reflexión que en las obras nuevas, como las estudiadas, la ocurrencia de defectos sea de hasta 52% en las partidas evaluadas. La aplicación y verificación de los estándares de calidad de las OA en las normas y reglas técnicas redundan en la calidad de la materialidad de las edificaciones.

### *Una mirada al presente y al futuro*

Estudios como los comentados han generado alto interés en las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, universidades, empresarios, comunidad de usuarios y los gremios. Interés que es trasladado a la labor cotidiana de los actores, por lo que el Instituto de la Construcción está realizando esfuerzos para que se implante la revisión sistemática de las NCh con el concurso de todos, incluidos los organismos decisorios en esta materia (MINVU, INN, MOPTT<sup>8</sup>, etc.).

A partir de los eventos de 1997 se ha incrementando la certificación voluntaria de los materiales de construcción debido a la presión que ejercen tanto los usuarios como las autoridades nacionales. Otro aspecto a destacar es la encuesta realizada por el CECC de la UC en el marco del estudio ejecutado en 2005 por el Instituto de la Construcción, donde evidencia “el amplio desagrado que instiga entre los usuarios la aparición de filtraciones de agua en el hogar, ya sea por efecto de las lluvias, de rotura de cañerías o por otras causas. Así mismo, el 88% de los encuestados manifestó que estaría dispuesto a pagar un poco más

por una vivienda de calidad certificada, pues ello les daría mayor confianza en el cumplimiento de los estándares de calidad ligados a los términos de durabilidad, seguridad, habitabilidad y estética” (Serpell et al., 2004).

Por otra parte, ya desde 1991 la Municipalidad de la Florida en la Región Metropolitana ha incluido un “Programa de Incentivo al Acondicionamiento Térmico” (PIAT) que establece rebajas porcentuales al monto de los derechos

municipales de edificación para viviendas, establecimientos educacionales y salud, otorgado en directa relación a las características de acondicionamiento térmico del proyecto, cuantificadas mediante el coeficiente volumétrico global de pérdidas térmicas por transmisión de la envolvente, con base en las NCh.

Según los estudios realizados por el MINVU, ya hemos señalado que más del 68% de las viviendas eva-

Cuadro 4  
Partidas con elementos defectuosos

Problemas detectados		Elementos defectuosos	
Partida	Item	Cantidad	%
Albañilería	Elementos de albañilería armada	18/71	25
	Terminaciones	30/116	26
Cubierta de Techumbre	Pendientes	21/143	15
	Terminaciones	33/143	23
Radier	Juntas de dilatación y terminación de superficie	39/250	16
Tabiquería	Verticalidad, horizontalidad y encuadre	35/246	14
Cielos	Nivelación y terminaciones	84/186	45
Estucos (revocos y enlucidos)	Verticalidad y horizontalidad	11/49	22
	Terminaciones	6/49	12
Revestimiento de yeso	Terminaciones	28/98	29
	Verticalidad, horizontalidad y encuadre	10/107	9
Cerámica y azulejos	Verificación superficie de contacto	31/139	22
	Alineación, remates y cuadratura	108/207	52
	Materiales, pegamento, fragilidad	32/197	16
Pintura	Terminaciones	44/156	28
Papel mural	Calidad, materiales y terminaciones	38/225	17
Pisos	Alineamiento, encuadre y geometría	82/258	32
	Guardapolvos	8/139	6
	Escaleras	3/40	8
Puertas	Colocación elementos	68/297	23
	Terminaciones	62/352	18
Ventanas	Colocación elementos	68/297	23
	Terminaciones	26/237	11
Artefactos sanitarios	Funcionamiento, sellado y terminación	40/182	22
Muebles	Calidad materiales, funcionamiento y terminación	95/234	41

Fuente: Serpell y Labra, 2003.

luadas no presentaron observaciones o patologías recurrentes de importancia. Sin embargo, lo contrario se aprecia en el estudio del año 2002, "Diagnóstico Sistema de Medición de Satisfacción de Beneficiarios de Viviendas Básicas", realizado por el Instituto de la Vivienda (INVI) de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, donde se presenta la opinión de los usuarios respecto a la ocurrencia de problemas según tipología de hasta un 73% básicamente en el aspecto constructivo (ver cuadro 5), empero, el índice de satisfacción de los usuarios respecto a la vivienda fue de hasta 68,8% entre satisfactorio y bueno, y de 30,68% entre insatisfactorio y malo (cuadro 6).

Vale la pena destacar que los problemas detectados por los usuarios respecto al aislamiento acústico en las viviendas fue de 73,1%; por otra parte, a pesar de las fuertes críticas precisadas por algunos profesionales entrevistados respecto a la deficiente aislación acústica y los supuestos problemas sociales en el entorno íntimo de las familias<sup>9</sup>, de los cuales se han realizado un documental y una película denunciando tales hechos más de 60% de éstos manifestó que puede relacionarse íntimamente con su pareja de manera satisfactoria.

La medición de satisfacción es importante pero "es evidente que el usuario de la edificación no puede evaluar la calidad individual de sus componentes constructivos. De hecho, la respuesta técnica de las partes no le concier-

Cuadro 5  
Ocurrencia de problemas según tipología (en %)

Problemas en la vivienda	AB	C	Promedios (*)
Aislamiento acústica	68,2	78,0	73,10
Lluvia, goteras	60,3	79,9	70,10
Tamaño de los recintos	59,3	52,4	55,85
Terminaciones	51,9	55,5	53,70
Instalaciones	39,4	57,7	48,55
Estructura de materiales de construcción	32,4	52,6	42,50
Ventilación	33,2	48,0	40,60
Instalaciones eléctricas	32,0	41,8	36,90
Aislación térmica	30,1	37,3	33,70
Iluminación natural	13,3	14,2	13,75

(\*) Cálculos propios.

Fuente: INVI-FAU/USCH, 2001.

Cuadro 6  
Índice de satisfacción de vivienda según año (en %)

Año	Malo	Insuficiente	Suficiente	Bueno
1995	10,2	21,9	59,5	8,3
1996	9,6	22,9	60,4	7,2
1997	11,1	24,2	58,2	6,4
1998	7,5	15,3	63,6	13,6
Promedios (*)	9,60	21,08	60,43	8,88

(\*) Cálculos propios.

Fuente: INVI-FAU/USCH, 2001.

nen sino en la medida en que ellas inciden sobre la calidad total de la obra" (Sosa, M. y Sosa, Ma. E., 1999), en todo caso no debemos suponer que satisfecho el cliente la responsabilidad o competencia del profesional proyectista o constructor concluye. Dicha responsabilidad debe cubrir el ciclo de vida de la edificación: proyecto, producción de materiales e insumos, construcción, uso, mantenimiento, demolición y/o decostrucción<sup>10</sup>.

Tales diferencias crean un campo interesante para la investigación que conjugue en un solo estudio aquellos aspectos que conforman los indicadores de la calidad de vida respecto a materialidad y habitabilidad de la construcción por métodos de observación compleja, para compararlo con la percepción de los usuarios.

En la calidad de la construcción de edificios se ha avanzado incipientemente en el área de la materialidad, pero en habitabilidad y sistemas de control es donde más se está adelantando. La instrumentación del *Manual de Aplicación de Reglamentación Térmica de la OG en 1999*, y el *Manual de cálculo para la certificación del comportamiento térmico para edificios* en Chile, a partir de 2002, complementa la obligatoriedad de certificación para el comportamiento de las cubiertas o techumbres. En el curso de 2006 se estima implantar la segunda y tercera etapa del proyecto que incluye complementar la reglamentación para techumbres, así como la certificación de comportamiento de tabiques internos y medianeros, pisos, pisos ventilados y la envolvente. Así mismo, en diciembre de 2005 fue aprobada la resolución N° 4653 "Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Aislamiento Acústico del MINVU" de obligatorio cumplimiento conforme a la OG que incluye soluciones con base en las NCh de elementos constructivos empleando materiales, componentes y técnicas constructivas genéricos o bajo marca comercial<sup>11</sup>, con la cual se prevé establecer un sistema de reglamentación y certificación similar al de comportamiento térmico. Todo esto incrementa los aspectos obligatorios de habitabilidad a tomar en cuenta para el proyecto y la construcción de una edificación.

Tal interés en los sistemas de gestión o control y certificación de estos se puede constituir en un problema perverso<sup>12</sup> al confundir calidad *versus* productividad. Si aceptamos como cierto que la productividad es la relación entre cantidad, plazo y precios, toda vez que la calidad determina las características del edificio o producto, y la productividad apunta a obtener la mayor cantidad del

producto definido idealmente en menores plazos y costos, la confusión entre dichos conceptos lleva al punto de proponer y utilizar sistemas constructivos cuyo principal argumento son la cantidad y el precio obtenido, sin importar las características cualitativas del edificio construido. "El hecho de haber denominado a los métodos de gestión que colaboran para elevar la productividad, métodos de calidad, ha contribuido a confundir el concepto calidad" (CEPAL, 1996).

Como se ha indicado con anterioridad el uso de nuevos materiales y técnicas, así como el uso de viejos materiales o técnicas en forma diferente ha requerido de nuevas formas de evaluar el desempeño de las construcciones: "en los últimos años se están implantando nuevos modos de actuar en el mercado de la construcción, basados en sistemas de garantía de calidad, que tratan de abarcar todas las etapas del proceso edificatorio, desde la promoción y encargo del proyecto hasta el uso, mantenimiento y conservación del edificio. Surgiendo así un nuevo concepto por el que se va a regir el futuro de la calidad de la vivienda" (Gutiérrez, 2001).

Hoy día en Chile se están divulgando instrumentos relacionados con la prevención de efectos no deseados en la construcción, así como otros relacionados con el mantenimiento y sistemas de certificación de las obras, la mayoría realizados en el país o producto de la aplicación de normas internacionales, en particular las ISO 9000, los cuales contribuyen a mejorar la calidad de la construcción y asegurar una adecuada vida útil de las edificaciones. El conocimiento adquirido de tales efectos no deseados contribuye a mejorar la calidad de la construcción y a asegurar una adecuada vida útil para las futuras edificaciones.

## Conclusiones y reflexiones finales

Indagar sobre la calidad de la construcción en Chile a través de su marco normativo y legal permite tener una visión clara del cuerpo legal y técnico vigente necesario para proyectar y construir edificios de calidad. Del estudio se desprenden aspectos cuantitativos y cualitativos de reglamentaciones para el proyecto y la construcción que incluyen áreas relacionadas con habitabilidad y materialidad que redundan en asegurar la calidad de los edificios.

A pesar del cumplimiento de la mencionada legislación y reglamentación, incluidas las especificaciones

particulares de los proyectos, las edificaciones presentan observaciones u ocurrencias de fallas o lesiones con indicadores que varían de 33,70% a 73,10% en las obras arquitectónicas en viviendas básicas construidas en años anteriores, así como la detección de defectos en viviendas nuevas entre 41% y 52%. Todo esto a pesar del esfuerzo por diseñar nuevas normas, actualizar la legislación y compatibilizar las normas chilenas con estándares y normativas internacionales como las ISO, ASTM y UNE entre otras.

La reflexión sobre la calidad implica un termómetro de bienestar social y su discusión aparece cuando cuestiones cuantitativas van quedando resueltas.

En general las NCh son clasificadas extraoficialmente en dos grupos: las NCh de consenso y las obligatorias, según sean o no incluidas en los pliegos de licitación, documentos contractuales, o legislación y normas técnicas particulares. En todo caso, de acuerdo a lo indicado ante-

riormente, tales NCh deben ser atendidas por los profesionales competentes tanto en el proyecto y la construcción de los edificios, por una parte, como por los promotores, constructores o primer vendedor de dichos edificios.

Obviar que los edificios son bienes inmuebles de larga vida útil, más de 50 años, es inconveniente; no deben ser considerados iguales que aquellos bienes muebles como automóviles, computadores, herramientas o equipos, entre otros, los cuales suelen ser descartados por el usuario cuando ya no cubre sus necesidades. Los edificios son parte del entorno urbano, por tanto afectan a otros al paso del tiempo en lo económico, social y ambiental.

No cabe duda de que la calidad de las Obras Arquitectónicas como expresión más visible de la materialidad, es expresión de la calidad de la totalidad de las edificaciones y constituye un problema que debe inquietar a los actores y particulares que aspiran a una mejor calidad de vida.

## Notas

- 1 Mantenimiento: en Chile, Mantención (N. del A.).
- 2 ChileCalidad: Centro Nacional de Productividad y Calidad, creado por el Fondo de Desarrollo Productivo en 1994, para apoyar el desarrollo bajo procesos de Gestión de Calidad.
- 3 Extraído de entrevista concedida el 26-01-2006, por los Académicos Prof. Rubén Sepúlveda O. y Prof. Ricardo Tapia Z., Director y Ex - Director del Instituto de la Vivienda, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile.
- 4 Materialidad: "Calidad de material. Superficie exterior o apariencia de las cosas" (DRAE, 2001)
- 5 Vida útil: "Duración económica probable de una edificación. Período durante el cual se supone que la edificación o sus componentes se van a utilizar según los documentos del proyecto, cumpliéndose un mantenimiento previamente especificado, sin ser necesaria ninguna reparación sustancial" (COVENIN 2004, 1998).
- 6 Expresado por Arq. Oriana Foncea, Jefa del Departamento Legislación y Normas Urbanas, División Desarrollo Urbano del MINVU en entrevista concedida el 02-03-2006, así como por el Arq. Felipe Mieres, proyectista y Jefe de la Unidad de Planificación y Desarrollo. Dirección Regional Metropolitana del Instituto Nacional de Deportes en entrevista concedida el 19-01-2006.
- 7 Expresado por Arq. Oriana Foncea, Jefa del Departamento Legislación y Normas Urbanas, División Desarrollo Urbano del MINVU en entrevista concedida el 02-03-2006
- 8 MOPTT: Ministerio de Obras Públicas y de Transporte y Telecomunicaciones de Chile. A partir del 11-03-06 se transformó en dos Ministerios: de Obras Públicas y de Transporte y Telecomunicaciones.

- 9 Francisco Javier Vega Vega, Secretario Ejecutivo del Instituto de la Construcción – Chile, en entrevista concedida el 13-02-2006; Académicos Prof. Rubén Sepúlveda O. y Prof. Ricardo Tapia Z., Director y Ex-Director del Instituto de la Vivienda, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, en entrevista concedida el 26-01-2006; y Arq. Camilo Sánchez D. Jefe de la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional del MINVU, en entrevista concedida el 23-02-2006.
- 10 Deconstrucción, incluye: reciclaje, reutilización de materiales, desmontaje de elementos constructivos de junta seca; manejo y disposición final de una edificación y su re inserción en la biosfera con ahorro energético y protección del medio ambiente natural y construido (N. del A.).
- 11 Concertadas entre MINVU, INN, Instituto de la Construcción, Cámara Chilena de la Construcción (incluye promotores, constructores y fabricantes) y gremios profesionales. Expresado por Arq. Camilo Sánchez D. Jefe de la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional del MINVU, en entrevista concedida el 23-02-2006.
- 12 Problema perverso: interpretación de “ISSUE” (RITTEL, 1966): problema que durante su resolución genera nuevo(s) problema(s). (N. del A.).

## Referencias bibliográficas

- Acosta, D.; Cilento, A. (2003) *Sostenibilidad, ciclo de vida e innovación en la construcción de los asentamientos humanos*. Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC) Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- Boselli, T.; Velasco, E. (2003) “La Conservación del Parque Habitacional”, en *El desempeño edilicio: la vida de los edificios en el tiempo*. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU) Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires.
- Campos, J. (1995) “Experiencia de Certificación Energética de Viviendas en Chile”. Ponencia en el Seminario Europeo: Certificación Energética de Edificios en Países del Sur de Europa. España.
- Caquimbo, S.; Martínez, L. (2004) “Sistematización y Análisis de la Normativa Chilena según el Concepto de Bienestar Habitacional”. Documento de Trabajo N° 3 INVI, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile..
- CEPAL-Comisión Económica para América Latina y el Caribe Naciones Unidas (1996) “Latinoamérica y el Caribe: vivienda para todos e innovación tecnológica” LC/L. 982.
- Código Civil de la República de Chile. Congreso Nacional. 1957. Ley 20.094 de fecha 18-01-2006 última modificación. República de Chile.
- DRAE-*Diccionario de la Lengua Española* (2001) 22° Edición. Real Academia Española. Madrid.
- Dunowicz, R. (2003) “El Mantenimiento de la Calidad Proyectada”, en *El desempeño edilicio: la vida de los edificios en el tiempo*. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU) Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires.
- Freire, J.; Alarcón, L. (2001) “Mejoramiento del Proceso de Diseño en Proyectos”, *Revista Ingeniería y Construcción* n° 1, enero-junio, pp. 61-71. Escuela de Ingeniería, Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Gajardo, M.; Serpell, A. (1990) “Conceptos generales acerca de la calidad en la construcción”, *Revista Ingeniería y Construcción* n° 9, julio-diciembre, pp. 57-65. Escuela de Ingeniería, Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- “*Guía Técnica para la Prevención de Patologías en Viviendas Sociales*” (2005) Instituto de la Construcción-Chile/Ministerio de Vivienda y Urbanismo/Cámara Chilena de la Construcción. Santiago de Chile.
- Gutiérrez, C. (2001) “Calidad de los Edificios”. Consejera de Obras Públicas y Transporte de Andalucía, presentación documento oficial. Orden 13-11-2001 - N° 140. III Plan Andaluz de Vivienda y Suelo: “Manual General para el Uso, Mantenimiento y Conservación de Edificios Destinados a Vivienda”. Sevilla, España.

- Ibañez C., M. (2002) "Calidad Concertada", en *BIT-La Revista Técnica de la Construcción*, N° 27, septiembre 2002. CDT. Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción.
- INN-Instituto Nacional de Normalización/Chile (2000) "Listado Oficial: de comportamiento al fuego de elementos y componentes de la construcción", División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional. Santiago de Chile.
- INN-Instituto Nacional de Normalización/Chile (2001) "Listado Oficial: de soluciones constructivas para acondicionamiento térmico", División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional. Santiago de Chile.
- INN-Instituto Nacional de Normalización/Chile (2002) "Estándares Habitacionales para Vivienda Social Dinámica sin Deuda". División de Política Habitacional. Santiago de Chile.
- INN-Instituto Nacional de Normalización/Chile. (2003) "Bases Técnicas Generales para Viviendas Sociales" División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional. Santiago de Chile. 2003.
- INN-Instituto Nacional de Normalización/Chile (2006) ¿Quiénes somos?: [www.inn.cl](http://www.inn.cl) (Página oficial del INN)
- INVI-Instituto de la Vivienda (2002) "Sistema Medición Satisfacción Beneficiarios Vivienda Básica: Síntesis del Informe de Consultoría" para el Ministerio de Vivienda y Urbanismo. INVI, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile. MINVU, Serie VII Política Habitacional y Planificación, N° 313. Santiago de Chile.
- Izaguirre, G. (2003) "La aplicación de los criterios de construcción sostenible para lograr edificaciones de calidad". Ponencia, 1ras. Jornadas de Investigación de la Escuela de Arquitectura Carlos Raúl Villanueva, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela.
- Izaguirre, G. (2004) "Ética de la Calidad". Ensayo Final de la Asignatura Filosofía de la Ciencia, Doctorado en Arquitectura de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela.
- Izaguirre, G. (2005) "Obras Arquitectónicas de Calidad: Edificaciones de Calidad". Ponencia. VIII Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción - X Congreso de Control de la Calidad en la Construcción. CONPAT 2005. La Asunción, Paraguay.
- Ley General de Urbanismo y Construcciones* Congreso Nacional. D.F.L. N° 458 de 1975.. Ley 20.016 de fecha 27-05-2005 última modificación. República de Chile.
- MINVU-Ministerio de Vivienda y Urbanismo (1998) "Diagnóstico de patologías en la edificación de vivienda social", Unidad de Tecnología de la Construcción. División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional. Santiago de Chile.
- MINVU-Ministerio de Vivienda y Urbanismo (1999) "Manual de Aplicación de Reglamentación Térmica: Ordenanza General de Urbanismo y Construcción", División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional. Santiago de Chile.
- MINVU-Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2001) "Listado Oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento térmico", División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional. Resolución 4653. Santiago de Chile.
- MINVU-Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2004) "Estudio de Patologías en la Edificación de Vivienda Básica 1996-1997", Unidad de Tecnología de la Construcción. División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional. Santiago de Chile.
- Modificación a la Ordenanza Local sobre Derechos Municipales de la I. Municipalidad de la Florida. Título IX, Derechos relativos a Urbanización y Construcción. Artículo 20 "Programa de Incentivo al Acondicionamiento Térmico-PIAT". Municipalidad de la Florida, Región Metropolitana de la República de Chile. 1991.
- Norma COVENIN-MINDUR 2000-92. "Sector Construcción. Mediciones y Codificación de Partidas para Estudios, Proyectos y Construcción. PARTE II.A, EDIFICACIONES". Comisión Venezolana de Normas Industriales, Ministerio de Fomento-Ministerio del Desarrollo Urbano. 1992. Cap. 4. Venezuela.
- Norma COVENIN-MINDUR 2002-88. "Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones". Comisión Venezolana de Normas Industriales, Ministerio de Fomento-Ministerio del Desarrollo Urbano. 1988. Venezuela.
- Norma COVENIN – MINDUR 2004:1998. "Terminología de las Normas COVENIN-MINDUR de Edificaciones". Comisión Venezolana de Normas Industriales, Ministerio de Fomento-Ministerio del Desarrollo Urbano. 1998. Venezuela.
- Norma Oficial Chilena NCh 446.Of2000 (2000) "Arquitectura y construcción-Puertas y ventanas-Terminología y clasificación". Instituto Nacional de Normalización INN-CHILE, Primera edición, CIN 9106050.
- Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones*. Decreto 47 de 1992. Congreso Nacional. Decreto 193 de fecha 13-01-2006 última modificación. República de Chile.
- Piera, C. (2000) "Responsabilidad y calidad en obras de construcción en Chile", *BIT-La Revista Técnica de la Construcción* n° 20, diciembre 2000, pp. 18-21. CDT-Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción..
- Ramírez, J. (2005) "Ley de Calidad 2: Paciencia, trabajo e incertidumbre", en *Concreto*, n° 32, enero-febrero, pp. 30-35. Cámara Chilena de la Construcción.
- Revestimientos y Acabados en Paredes y otros Elementos* (1962) Normas para la construcción de Edificios MOP-62-39. Ministerio de Obras Públicas, Caracas, Venezuela.
- Rittel, H. (1966) "Algunos Principios para el Diseño de un Sistema Educativo para el Diseño" St. Louis. Traducción de Gustavo Flores. Curso "Teoría y Método de Diseño: Aplicación al Diseño y Desarrollo Tecnológico de la Construcción", Prof.

Domingo Acosta, Ph.D. Postgrado en Desarrollo Tecnológico de la Construcción, IDEC/FAU-UCV. Caracas.

Sarmiento, A.; Serpell, A. (1999) "Implantación de un sistema de costos de calidad en proyectos de construcción", *Revista Ingeniería y Construcción* n° 20, julio-diciembre, pp. 54-62. Escuela de Ingeniería, Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Schmitt, H.; Heene, A. (1998) *Tratado de Construcción*, 7a Edición. Título original "Hochbaukonstruktion, 12 Auflage". Editorial Gustavo Gili, Barcelona, España.

Serpell, A.; Labra, M. (2003) "Un Sistema de Evaluación de la Calidad de la Construcción de Viviendas en Chile", *Revista Ingeniería y Construcción*, Volumen 18, N° 2, Mayo – Agosto 2003, pp. 93-96. Pontificia Universidad Católica de Chile, Escuela de Ingeniería, Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción.

Serpell, A.; Pinto, P.; Torres, M.; Reinaga, D. (2004) "Vivienda en Chile: Calidad parte por casa", *BIT-La Revista Técnica de la Construcción*, N° 34, enero 2004. CDT-Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción.

Sosa, M.; Sosa, M. E. (1999) "La calidad en las edificación: las reglas técnicas de calidad", *Tecnología y Construcción* 15-I, pp. 57-64. Facultades de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela y Universidad del Zulia.

Toro, A.; Jirón, P.; Goldsack, L. (2003) "Análisis e incorporación de factores de calidad habitacional en el diseño de viviendas sociales en Chile", en *Boletín del Instituto de la Vivienda INVI* n° 46, volumen 18, enero 2003, pp. 9-21. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile.

Referencia de entrevistas:

Camilo Sánchez D. Jefe de la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional (s) del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, República de Chile. Notas de las entrevistas concedidas los días 23 y 28-02-2006 y 9-03-2006.

Felipe Mieres. Arquitecto proyectista y Jefe de la Unidad de Planificación y Desarrollo. Dirección Regional Metropolitana del Instituto Nacional de Deportes. Notas de la entrevista concedida el 19-01-2006.

Francisco J. Vega V. Secretario Ejecutivo del Instituto de la Construcción - Chile. Notas de la entrevista concedida el 13-02-2006.

José P. Campos R., Director Ejecutivo del Instituto de la Construcción - Chile, y Académico de la Universidad de Santiago de Chile. Notas de la entrevista concedida el 02-03-2006.

Luis M. Cuervo, Oficial de Asuntos Económicos. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES) Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) Santiago de Chile. Notas de la entrevista concedida el 23-01-2006.

Oriana Foncea J., Jefa del Departamento Legislación y Normas Urbanas, División Desarrollo Urbano del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, República de Chile. Notas de la entrevista concedida el 02-03-2006.

Ricardo Jordán, Experto. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) Santiago de Chile. Notas de la entrevista concedida el 23-01-2006.

Ricardo Tapia Z. Académico y Ex - Director del Instituto de la Vivienda (INVI) Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile. Notas de la entrevista concedida el 26-01-2006 y, 03 y 10-03-2006.

Rubén Sepúlveda O. Académico y Director del Instituto de la Vivienda (INVI) Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile. Notas de la entrevista concedida el 26-01-2006 y, 03 y 10-03-2006.

## Caracterización de una microdispersión de caucho reciclado de neumáticos en asfalto

María Eva Sosa / Cecilia Soengas / Gerardo Botasso

LEMaC Centro de Investigaciones Viales. Universidad Tecnológica Nacional.

Facultad Regional La Plata. Buenos Aires, Argentina.

### Resumen

Debido a la gran producción y no reutilización de los neumáticos fuera de servicio en países donde no se cuenta con normativas claras, como es el caso de la República Argentina, se ha pensado en valorar las propiedades y la factibilidad de inclusión en cementos asfálticos en caliente.

El trabajo recorre las técnicas de trituración y de caracterización del polvo de neumáticos, diseña la tecnología para producir la microdispersión y generar el Sistema de Asfalto Caucho. Utilizando modernas técnicas se caracteriza el Sistema y se observan los beneficios en sus prestaciones para ser empleado en mezclas asfálticas de alto desempeño. Se destaca sus bondades desde el punto de vista ambientales.

### Abstract

*Due to the great production and no re-use of tyres out of use in countries in which no clear rules are available, such as Republic Argentina, it has been thought to assess their properties and possibility of inclusion in hot bitumens.*

*This paper reviews the crushing and characterization techniques of tyre's dust, design the technology to produce micro dispersion and generate the bitumen-rubber system, using modern techniques the system is characterized and his benefits are seen in its uses in bitumen mixtures of high performance. Marking the environmental strength.*

La masiva fabricación de neumáticos y las dificultades para hacerlos desaparecer una vez usados constituye en todo el mundo uno de los más graves problemas medioambientales de los últimos años.

La reutilización de neumáticos fuera de uso es de amplia difusión en aquellos países que poseen normativas ambientales claras y eficientes.

El problema de la disposición final no ha encontrado hasta el presente una respuesta eficaz en el mundo. A escala internacional no hay estadísticas fiables sobre estimaciones de producción de neumáticos, aunque los datos de que se dispone indican que ésta puede rondar los 6.000.000 Tn/año (Botasso, 2007).

La generación de neumáticos fuera de uso en Argentina –cálculo basado en los volúmenes de producción destinados al mercado interno y a las importaciones– supera las 100.000 Tn/año, de las cuales 38.000 corresponden a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y el Gran Buenos Aires (Botasso, op. cit.).

Un neumático necesita grandes cantidades de energía para ser fabricado y también provoca, si no es convenientemente reciclado, contaminación ambiental. Esto se debe a que generalmente van a dar a vertederos incontrolados donde la proliferación de roedores e insectos transmisores de enfermedades son crecientes. La posibilidad de incendio y la baja biodegradabilidad de los mismos constituyen un problema añadido.

### Descriptores

Microdispersión de caucho;  
Reciclado de neumáticos en asfalto; Sistema Asfalto Caucho

### Descriptors

*Rubber Microdiffusion;  
Tires recycled in asphalt;  
Rubber Asphalt System*

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN | Vol. 23-III | 2007 |  
pp. 39-46 | Recibido el 09/11/07 | Aceptado el 15/05/08

Para eliminar estos residuos se usa con frecuencia la quema directa que produce emisiones de gases que contienen partículas nocivas para el entorno.

En el LEMaC, Centro de Investigaciones Viales, se ha desarrollado un método para modificar el asfalto incorporando en él caucho por vía húmeda. Este desarrollo se llevó a cabo atendiendo a la constante necesidad de mezclas asfálticas con mayores rendimientos que las mezclas convencionales (mayor resistencia mecánica, reducción de niveles de ruido, menor desgaste de los neumáticos, mejora de las propiedades antideslizantes, entre otras), contribuyendo a su vez a mejorar las políticas ambientales municipales de la región de la ciudad de La Plata.

### Características de un neumático

Los neumáticos se pueden clasificar en radiales y diagonales según la estructura de la carcasa. Los mismos centran un gran porcentaje de la industria del caucho y constituyen el 60% de la producción anual (“Ruedas y Neumáticos”, [www.salesia105.edu/alcoy/joanXXII](http://www.salesia105.edu/alcoy/joanXXII)).

El caucho o los elastómeros son materiales poliméricos cuya estabilidad volumétrica puede variar según el tipo de esfuerzo al que se vea sometido, volviendo a su forma original cuando el esfuerzo se retira. Los tipos de caucho más empleados en la fabricación de los neumáticos son (Arias, 1995) (gráfico 1):

- Cauchos naturales (NR)
- Cauchos sintéticos (SR):
- Caucho polibutadieno (BR)
- Aditivos y plastificantes (PLZ)

La combinación se realiza de modo que los cauchos naturales proporcionen elasticidad y los sintéticos estabilidad térmica (Cuattrocchio et al., 2007).

Para ello se utiliza la vulcanización que consiste en someter a los neumáticos a un entrelazamiento de cadenas de polímeros con moléculas de azufre a alta presión y temperatura (Askeland, 2001). En este proceso, el caucho pasa de ser un material termoplástico a ser uno elastomérico. Las posibilidades de deformación son muy diferentes.

La adición de cargas hace abaratar el valor del neumático, dándole cuerpo y rigidez. Para esto se utiliza negro de humo (formado de partículas muy pequeñas de carbono, que aumenta la tenacidad y la resistencia a la tracción, a la torsión y al desgaste), textiles y metales (usualmente en forma de hilos de algodón, nylon y poliéster, que aportan resistencia a los neumáticos), y arcillas modificadas.

Además de las cargas se incorporan aditivos, generalmente volátiles, que facilitan la preparación y elaboración de las mezclas que se utilizan para el control de la viscosidad y a su vez reducen la fricción interna durante el proceso y mejoran la flexibilidad del producto a bajas temperaturas (Baumann, Belger und Duesberg, 2000). Los aditivos a incorporar pueden ser:

- Aceites minerales (aromáticos, nafténicos y parafínicos) y de tipo éster.
- Azufre: se usa como agente vulcanizante para entrecruzar las cadenas de polímero en el caucho.
- Acelerantes: compuestos orgánicos sulfurados, benzotiazol y derivados del óxido de zinc y ácido esteárico.
- Retardantes: N - nitroso difenil amina.

Gráfico 1  
Composición porcentual



Caucho	45%
Negro humo	21%
Metal	20%
Téxtiles	4%
Aditivos	8%
Óxido zinc	1%
Azufre	1%

Fuente: <http://www.retread.org>

En el gráfico 2 se puede observar la constitución esquemática de un neumático. Se evidencia aquí la heterogeneidad de la materia prima constitutiva del polvo o molienda de caucho de neumático.

### Producción y usos del caucho reciclado

Los residuos provenientes de los neumáticos tienen diversos usos tales como: alfombras; aislantes de vehículos o losetas de goma; masillas; aislantes de vibración; en campos de juego; suelos de atletismo o pistas de paseo y bicicleta; en cables de freno; suelas de zapato; bandas de retención de tráfico; compuestos para navegación, etc. (Blow, 2005). Estos usos emplean un pequeño porcentaje del residuo, siendo los más empleados la reutilización como combustible en hornos, en gran parte ilegales y sin ningún tipo de control medioambiental, y otra gran cantidad se deposita en vertederos, generalmente incontrolados a la espera del recauchutado que no siempre llega (Castells, 2005).

En la construcción se puede destacar su uso en selladores asfálticos, mezclas asfálticas densas de alta resistencia a las deformaciones plásticas y como incorporación en lechadas asfálticas.

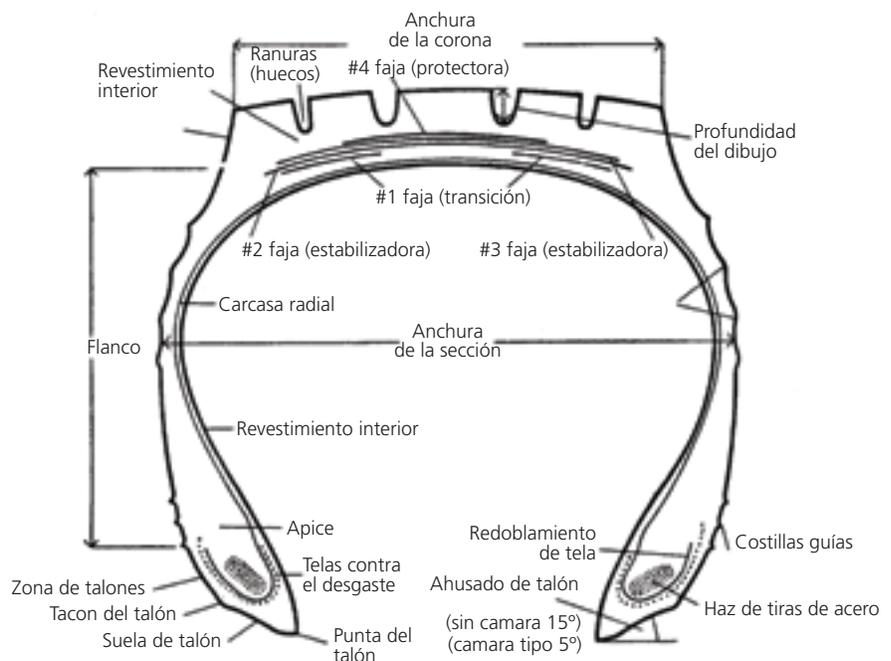
En Argentina el caucho que se comercializa es el proveniente del recauchutado, que consiste en sustituir la banda de rodamiento desgastada por una nueva, lo que permite que se prolongue la duración del resto del neumático por un período similar a la duración de uno nuevo y prácticamente con las mismas prestaciones. Entre las ventajas del recauchutado se pueden citar:

- Favorece al medio ambiente, debido a que se controla la eliminación de las ruedas.
- Se evita el desperdicio inútil de entre 4 y 5 Kg. de goma que se desearía al producirse el desgaste de la banda de rodadura (que viene a ser de 1,5 Kg. de goma).
- El bajo consumo de combustible que se precisa para la producción de un neumático renovado es de 5,5 litros en contraste con los 35 litros necesarios para la fabricación nueva.

En la experiencia se ha caracterizado este tipo de residuo. Para reciclar el caucho de los neumáticos fuera de uso existen distintos métodos, entre los que se pueden citar:

1. Triturado por criogénesis: utilizando nitrógeno líquido a una temperatura aproximada de  $-60^{\circ}\text{C}$ , se obtiene por este proceso un mayor grado de molienda.

Gráfico 2  
Constitución esquemática de un neumático



Fuente: [www.retread.org](http://www.retread.org)

2. Trituración a temperatura ambiente: mediante técnicas de molinos trituradores. Se obtienen tamaños entre 2 y 15 milímetros (véase foto 1).

3. Pirólisis: técnica de recuperación de las distintas familias de caucho por procesos térmicos, se obtiene un mayor grado de pureza en las distintas fracciones (foto 2).

4. Caucho proveniente del acondicionamiento de los neumáticos en los procesos de recauchutado (Biel y Lee, 1994).

En la región es factible encontrar en cantidades importantes caucho triturado por amoladoras que acondicionan el neumático antes de recauchutarlo. En esta experiencia se ha caracterizado este tipo de residuo.

De los muestreos de los mayores puntos de producción, el caucho obtenido presenta las siguientes características:

Humedad:	0,02%
Cenizas minerales:	4,00%
Carbono:	86,83%
Hidrogeno:	6,42%
Azufre:	2,31%
Zinc:	3,10%
Hierro:	0,01%

Esta determinación se realizó al rayado de caucho proveniente del recuperado del proceso de recauchutaje, el método utilizado en la caracterización fue la Bomba de Malher. Las dispersiones obtenidas en los valores hallados no superaron nunca el 7%. En parte puede asignarse la variación en las operaciones y en gran medida a la variación del origen de los neumáticos.

## Sistema Asfalto-Caucho

El asfalto es un material muy susceptible a los cambios de temperatura, sufre envejecimiento debido a la intemperie, y es afectado por la oxidación y fotodegradación. Sus propiedades mecánicas son muy pobres; es quebradizo a bajas temperaturas y fluye un poco por encima de la temperatura ambiente, además de tener una baja recuperación elástica torsional, lo que limita ampliamente su rango de utilidad (Botasso, op. cit.). Por estas razones el material asfáltico en ocasiones tiene que ser modificado mediante la adición de un agente químico con el objeto de mejorar sustancialmente su comportamiento para una amplia gama de condiciones de temperatura o de aplicación de cargas.

En este caso se ha modificado el asfalto con neumáticos molidos, para modificar las propiedades del asfalto y a su vez aumentar las propiedades de las mezclas asfálticas obteniéndose así altos desempeños en su funcionamiento al momento de estar en servicio.

Al incorporar caucho por vía húmeda a un ligante asfáltico esperamos obtener (Blow, 2005):

- Mayor resistencia mecánica.
- Reducción del nivel de ruido de las mezclas.
- Disminución del desgaste de los neumáticos.
- Mayor durabilidad de las capas de rodadura.
- Mejora las propiedades antideslizantes.
- Menor fragilidad al agrietamiento por diferencia de temperaturas.
- Mejora la impermeabilización de la superficie pavimentada.
- Mejor comportamiento ante las deformaciones plásticas.

Foto 1  
Trituración a temperatura ambiente



Fuente: [www.tireindustry.org](http://www.tireindustry.org)

Foto 2  
Pirólisis



Fuente: [www.tireindustry.org](http://www.tireindustry.org)

**Tecnología de la dispersión del caucho en el asfalto**

La experiencia se hizo a escala de laboratorio y a escala industrial.

A tal fin se desarrolló en el Centro de Investigaciones Viales un sistema de microdispersión capaz de adaptarse a las características que presentan los dispersores utilizados en plantas de producción continua para que los resultados obtenidos tengan validez cuando sean reproducidos a escala industrial. En la foto 3 se puede observar el dispersor utilizado y el despiece del mismo.

Para comprender el funcionamiento del equipo se deben diferenciar tres etapas (Botasso, 2007):

**Etapas:**

**Etapas:**

Etapa 1:  
Los materiales son colocados por succión en el fondo del cabezal de trabajo y sometidos a una intensa acción de mezclado por la rotación a alta velocidad de las hojas en el espacio cerrado.

**Etapas:**

Etapa 2:  
Durante la expulsión desde el cabezal de trabajo, las hojas del rotor dan al material una intensa acción de corte a alta velocidad, lo que garantiza una rápida y total disolución. El cabezal desintegrador asiste al proceso disolviendo aglomerados, removiendo grandes tamaños de partículas de manera de producir una dispersión homogénea en minutos, dando la posibilidad de trabajar con tamaños de partículas variables, con el único cambio del anillo del cabezal (ranuras u orificios).

**Etapas:**

Etapa 3:  
Los materiales procesados son luego expedidos con gran fuerza y velocidad dentro del cuerpo de la mezcla. Al

mismo tiempo el material nuevo ingresa a la base del cabezal mezclador. Esta entrada y salida de las mezclas indica un patrón de circulación que dependerá del tamaño del tanque y del tipo de cabezal o equipamiento utilizado.

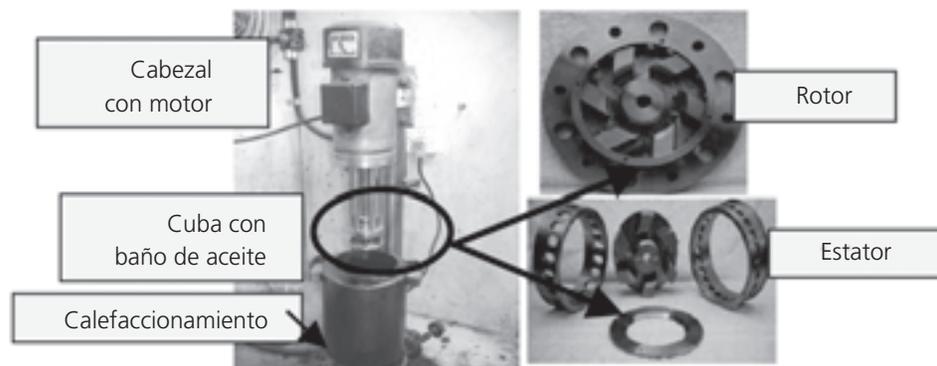
El total de la mezcla pasa a través del cabezal mezclador cientos de veces durante el proceso. El tiempo máximo de éste está en relación directa con el cambio de propiedades en el ligante base, para posteriormente realizar los ajustes necesarios al observar la mezcla resultante por microscopía óptica de fluorescencia por reflexión, permitiendo ésta observar la homogeneidad y estructura de las mezclas.

La microdispersión lograda en base a la temperatura entregada y a la energía de corte utilizada presentará una estabilidad al almacenamiento en el tiempo debido a la molienda generada en el proceso y al grado parcial de humectación que la fracción malténica del ligante genere sobre las partículas de caucho vulcanizado (Bergareche, 2004). A diferencia de la dispersión de un polímero virgen, el vulcanizado (presencia de azufre) dificulta la humectación del caucho afectando la estabilidad de la microdispersión.

El dispersor pasó en su diseño por varias etapas (Botasso, 2007). Las señaladas aquí son el producto de seis meses de pruebas hasta ajustar dos valores principales: la no incorporación de oxígeno para que no se produzca oxidación en el asfalto, y el control de los valores del asfalto.

Midiendo en forma primaria la variación del punto de ablandamiento y la penetración, se llegó a los valores expresados precedentemente.

Foto 3  
Dispersor utilizado en laboratorio



Fuente: Elaboración propia.

**Estabilidad al almacenamiento**

Para que la microdispersión permanezca en el tiempo se realiza el ensayo de estabilidad al almacenamiento, no sólo para evaluar las propiedades del ligante sino para garantizar las condiciones de trabajabilidad en el tiempo con el objeto de que no se produzcan sobrenadantes ni taponamientos en los sistemas de bombeo de las usinas asfálticas y de los equipos regadores (Botasso, 2007).

La dispersión asfalto-caucho se mantiene estable por un período máximo de 3 días por lo que la utilización de la dispersión debe hacerse dentro de ese lapso desde que se adiciona el caucho hasta su colocación.

Los límites utilizados para la caracterización del sistema asfalto-caucho son los expresados en la norma IRAM 6596: Asfaltos modificados para uso vial, Clasificación y requisitos. De acuerdo con esta normativa correspondería a un AM-3 pero variando el tiempo de almacenamiento ya que, como se mencionó, el sistema permanece estable por un lapso máximo de 72 horas. En el cuadro 1 se pueden observar dos ensayos característicos (Asphalt Institute, 1997).

Las distintas pruebas realizadas permiten asegurar que el máximo tiempo de estabilidad de la dispersión

es de tres días, siendo esto un valor muy bueno en relación con otras experiencias realizadas en el mundo (Botasso, op. cit.).

Como técnica complementaria al ensayo de estabilidad al almacenamiento se utilizó la microscopia de fluorescencia óptica, que permite la utilización de un amplio espectro de longitud de onda visible y no visible, observándose así la micro morfología superficial del sistema asfalto caucho, notándose que las partículas de caucho se encuentran semihumectadas. En la foto 4 se puede apreciar lo expuesto.

El tipo de dispersión obtenida y mostrada en la fotografía es la que ha permitido observar mayor grado de humectación y estabilidad en el tiempo (Botasso, 2007).

*Proceso constructivo del sistema asfalto-caucho*

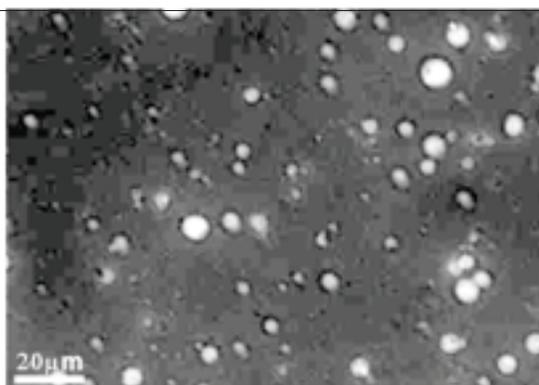
- a) Se transfiere el asfalto al molino.
- b) Se inicia la agitación del ligante asfáltico solo.
- c) Se calienta el asfalto a temperatura controlada: 190°C
- d) Se agrega el porcentaje de caucho (hasta 8% máximo) a velocidad de 7.500 R.P.M.
- e) Se agita por un período de 45 minutos.
- f) Se observa que el caucho haya quedado disperso en el asfalto.

Cuadro 1  
Estabilidad al almacenamiento

Estabilidad al almacenamiento 3 días	Ensayo	Límite ASTM D 36 IRAM 6576
Dif. De penetración (1/10 mm)	4	5
Dif. Punto de ablandamiento (°C)	8	10

Fuente: Elaboración propia.

Foto 4  
Microscopía de fluorescencia óptica



Fuente: Elaboración propia.

## Experiencias

El cemento asfáltico utilizado fue provisto por la empresa Repsol YPF, que mediante un acuerdo de transferencia de tecnología con el LEMaC Centro de Investigaciones Viales decidió realizar su primera producción del Sistema Asfalto Caucho en el país.

A continuación se detalla la caracterización del ligante obtenido con la incorporación del 8% de caucho en comparación con un cemento asfáltico tradicional (cuadro 2).

Los valores aquí informados resultan la máxima prestación alcanzada en el proceso de dispersión.

Se han realizado 22 batch de prueba, modificando distintas variables del proceso entre los que se encuentran temperatura, tiempo, revoluciones, granulometría del caucho, etc. (Botasso, op. cit.).

Cuadro 2  
Caracterización del ligante asfáltico

Ensayo	Unidad	CA – 20+ 8% caucho #25
Penetración	1/10 mm	44
Punto de Ablandamiento	°C	56
Recuperación Elástica Lineal	%	21
Recuperación Elástica Torsional	%	33
Ductilidad a (5 °C)	cm.	15
Viscosidad (60 °C) , 1 rpm, S29, (P )	dPa s	-
Viscosidad (135 °C), 10 rpm, S21, (P )	dPa s	10.11
Viscosidad (150 °C), 10 rpm, S21, (P )	dPa s	5.06
Viscosidad (170 °C), 10 rpm, S21, (P )	dPa s	2.39
Viscosidad (190 °C), 10 rpm, S21, (P )	dPa s	1.20
Punto de Inflamación	°C	235
Índice de penetración		-0,1
Módulo de Corte G* (88° C)	kPa	2.22
Angulo de fase	°	72
Corte Dinámico Factor G*/ sen	kPa	2.33
RTOFT - Determinaciones sobre el residuo después de envejecido		
Penetración	1/10 mm	35
Punto de Ablandamiento	°C	60
Ductilidad del residuo 5 ° C	Cm	12
Índice de penetración		-0.5
Perdidas de masa	%	0,01
Módulo de Corte G* (88° C)	kPa	4.27
Angulo de fase	°	57
Corte Dinámico Factor G*/ sen	kPa	5.09
Viscosidad (60 °C) , 1 rpm, S29, (P )	dPa s	-
Viscosidad (135 °C), 10 rpm, S21, (P )	dPa s	29.32
Viscosidad (150 °C), 10 rpm, S21, (P )	dPa s	12.30
Viscosidad (170 °C), 10 rpm, S21, (P )	dPa s	5.20
Viscosidad (190 °C), 10 rpm, S21, (P )	dPa s	2.25

Fuente:Elaboración propia.

## Conclusiones

De la investigación realizada y las transferencias se desprende que:

- Es posible en Argentina disponer de cantidades significativas de triturado de neumáticos proveniente del proceso de recauchutado.
- Tanto a escala de laboratorio como industrial se ha desarrollado un sistema de dispersión que garantiza la adición del caucho por vía húmeda al ligante asfáltico.
- La estabilidad de la dispersión se garantiza a tres días, observándose humectación parcial de las partículas de

caucho. Esto se observa en las muestras ensayadas a la estabilidad al almacenamiento y en la fotografía de microscopio por fluorescencia óptica.

- El proceso de caracterización del ligante asfalto-caucho es el recomendado en las especificaciones técnicas internacionales.
- Los valores obtenidos demuestran una óptima recuperación elástica por torsión, se eleva el punto de ablandamiento y el módulo complejo de corte a valores de 88°C. Se observa una mayor aptitud del sistema asfalto-caucho para intervalos de temperatura amplios.

## Referencias bibliográficas

- Angelone, S.; Martínez, F. (2006) Deformación de mezclas asfálticas permanentes. IMAE Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario.
- Areizaga, J. M.; Cortázar, J. M.; Elortza J.; Iruiñ, J. (eds.) (2001) *Polímeros*. Editorial Síntesis. Madrid.
- Arias, P. (1995) *Manual del automóvil*, Editorial Muriel S. A.
- Askeland, R. (2002) Ciencia e ingeniería de los materiales. Editorial Paraninfo. Madrid.
- Asphalt Institute (1997) *Mix Design Methods For Asphalt Concrete and Other Hot - Mix Types*. The Asphalt Institute, Lexington, Kentucky.
- Asphalt Institute (1997) Performance Graded Asphalt Binder Specification and Testing. Superpave Series N°1 (SP-1). The Asphalt Institute, Lexington, Kentucky.
- Asphalt Mixes And Its Influence On Mix Properties (2003) *Proceedings*. The Association of Asphalt Paving Technologist, Vol. 56.
- Bachetta, G. (2001) Consumos de asfaltos en Argentina. Memorias de la XXIX Reunión del Asfalto.
- Baumann, A.; Belger, P.; Duesberg, W. (2000) "Gas Aktuell Stoffliche Verwertung von Altreifen Gummiabfällen". Magazine N° 56.
- Bergareche, E. (2004) *Optimización de la composición y procesado de betunes modificados con polímeros reciclados*. Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU).
- Biel, T. D. y Lee, H. (1994) *Use of Recycled Tire Rubbers in Concrete, Infrastructure: New Materials and Methods of Repair*, Third Materials Engineering Conference, San Diego, California.
- Blow, C. M. (2005) *Rubber Technology and Manufacture*. Institution of the Rubber Industry, UK.
- Boletín de Recursos Naturales* (2003) <http://www.creces.cl/>
- Bolzan, P. (2002) "Diseño de Stone Mastic", *El Asfalto*. Boletín de la Comisión Permanente del Asfalto. N° 105. Buenos Aires.
- Botasso, G.; Balige, M.; Mikelaites, L.; Bissio, A.; González, R.; Rebollo, O. (2005) *Nueva metodología para la valoración de la adherencia árido ligante*. LEMaC Centro Investigaciones Viales UTN Reg. La Plata. Repsol - YPF.
- Botasso, G. (2007) Inclusión de caucho reciclado en mezclas asfálticas. Tesis de Maestría.
- Castells, X. (2005) Tratamiento y valoración energética de residuos. Ediciones Díaz De Santos. Buenos Aires.
- Cuattrocchio, G.; Bisio, A.; Akel, C.; Sciancalepore, L.; Gula, L.; Rebollo, O.; Dipietrantonio, N.; Soengas, S. (2007) *Utilización de caucho en mezclas asfálticas*. XIV Congreso Iberoamericano del asfalto. Costa Rica. LEMaC Centro Investigaciones Viales UTN Reg. La Plata.
- Iosco, O. (1999) Durabilidad de Mezclas Asfálticas Preparadas con Ligante Modificados con Polímeros. Comisión de Investigaciones Científicas. LEMIT.
- Ruedas y Neumáticos (2007) [www.salesia105.edu/alcroy.joanXXII](http://www.salesia105.edu/alcroy.joanXXII)

## Vigas compuestas de madera de sección Doble T y sección cajón para uso en viviendas (\*)

Luis Leiva

Departamento de Ingeniería en Obras Civiles. Universidad Santiago de Chile

### Resumen

En este trabajo se estudia el comportamiento estructural de vigas compuestas de madera con secciones tipo doble T y tipo cajón. En ambos casos las alas están conformadas por madera aserrada y el alma por tableros de madera (contrachapado y OSB). Se estudian distintas configuraciones de secciones considerando distintas alturas y materiales. Debido a su conformación geométrica, las vigas compuestas de madera presentan buenas propiedades estructurales con menos material que el utilizado en secciones llenas equivalentes. Se presenta el comportamiento estructural de vigas ensayadas a la flexión incluyendo las fallas típicas. Se entregan los valores obtenidos tanto de la capacidad de momento como la rigidez de las series estudiadas.

### Abstract

*In this paper we study the structural behavior of composite wooden beams with I-sections and rectangular hollow sections. In both cases, the flanges are made by lumber and the web by wood boards (plywood and OSB). Several sections are included considering different beam depths and materials. Due to its geometric shape, composite wooden beams show good structural properties with less material than the one used in an equivalent filled section. It presents the behavior of structural beams tested in bending including failure modes. The tested beam series are compared in terms of their moment capacity and stiffness. The design of I-sections beams from the experimental results is discussed.*

Las vigas de madera de sección compuesta constituyen una alternativa de solución económica para la vivienda. Estas vigas pueden tener una sección en forma de cajón o de Doble T. Las vigas de sección compuesta resultan más económicas que secciones llenas de madera. Al tener estas secciones más material concentrado en las alas, que son los elementos que brindan resistencia a la flexión, se obtienen elementos optimizados desde el punto de vista estructural.

Debido a su conformación geométrica, las vigas compuestas de madera presentan buenas propiedades estructurales con menos material que el utilizado en secciones llenas equivalentes. En el alma de las vigas se pueden utilizar tableros de madera reconstituida como por ejemplo tableros de contrachapado o tablero de partículas orientadas OSB (Oriented Strand Board) (fotos 1a y 1b). Los tableros OSB, originalmente utilizados en embalajes, constituyen una de las alternativas más económicas existentes en el mercado.

Las vigas de madera de sección compuesta de madera, al utilizar menos material, son más livianas que las vigas de secciones llenas. Esto facilita su montaje en la etapa de construcción de la vivienda. La utilización de estas vigas en estructuras de entepiso y de techo se muestra en la foto 2.

(\*) Este trabajo se enmarca en el desarrollo de componentes para la vivienda de la Acción XIV.8 "CASA-PARTES. Tecnología de Cimientos, Paredes, entepisos, Techos e Instalaciones (CIPETI)" del Programa CYTED.

### Descriptores

Vigas compuestas de madera para uso en viviendas;  
Vigas de sección doble T;  
Vigas de sección cajón;  
Comportamiento estructural de vigas ensayadas a la flexión.

### Descriptors

*Composite wooden beams for use in housing; I-section beams; rectangular hollow section beams; Structural behavior of tested beams to buckle*

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN | Vol. 23-III | 2007 | pp. 47-56 | Recibido el 28/02/08 | Aceptado el 08/03/08

La construcción de estas vigas se puede realizar tanto por métodos industriales como por métodos artesanales en un taller de carpintería. Las vigas cajón se pueden materializar con uniones clavadas o encoladas entre el ala y las almas. Las vigas Doble T pueden realizarse mediante una ranura hecha en las alas en la cual se inserta el alma mediante una unión encolada o alternativamente mediante piezas de madera clavadas o encoladas en ambos lados del alma.

En este trabajo se reseñan los resultados de un programa de ensayos que se ha desarrollado en el Departamento de Ingeniería en Obras Civiles de la Universidad de Santiago de Chile y que tiene como objetivo el estudio del comportamiento estructural de vigas de madera de sección transversal compuesta. En él se incluyen vigas compuestas de madera con secciones tipo Doble T y tipo cajón. En ambos casos las alas están conformadas por madera aserrada y el alma por tableros de madera.

## Series de vigas ensayadas

### *Series ensayadas*

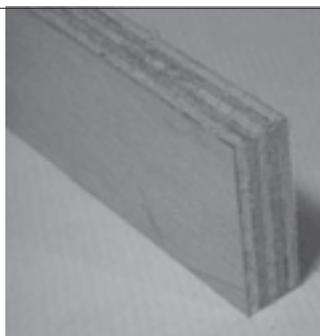
Las vigas con secciones Doble T y sección cajón se denominan como Serie T y Serie C, respectivamente.

En cada serie de ensayos se han considerado distintas dimensiones de la sección así como también distintas luces. La altura de las vigas ensayadas varía entre 24 cm y 40 cm. El ancho de alas varía entre 6,6 cm y 13,4 cm. Las luces de ensayo varían entre 220 cm y 600 cm. En los gráficos 1 y 2 se muestran las secciones correspondientes a las secciones Doble T y secciones cajón estudiadas. En el cuadro 1 se resumen las características geométricas de cada serie.

### *Especies madereras utilizadas*

La especie maderera utilizada en las alas es pino radiata (*Pinus radiata*). Las alas están constituidas por piezas de madera aserrada (Series T1, T2, T3, T4, T6, C1, C2, C4, C5), madera laminada (Series T5 y C3) y madera micro laminada (Serie T7).

Foto1a  
Tablero de Contrachapado



Fuente: Rotor DB

Foto 1b  
Tablero OSB



Fuente: Trada, UK

Foto 2  
Utilización de vigas compuestas de madera en viviendas

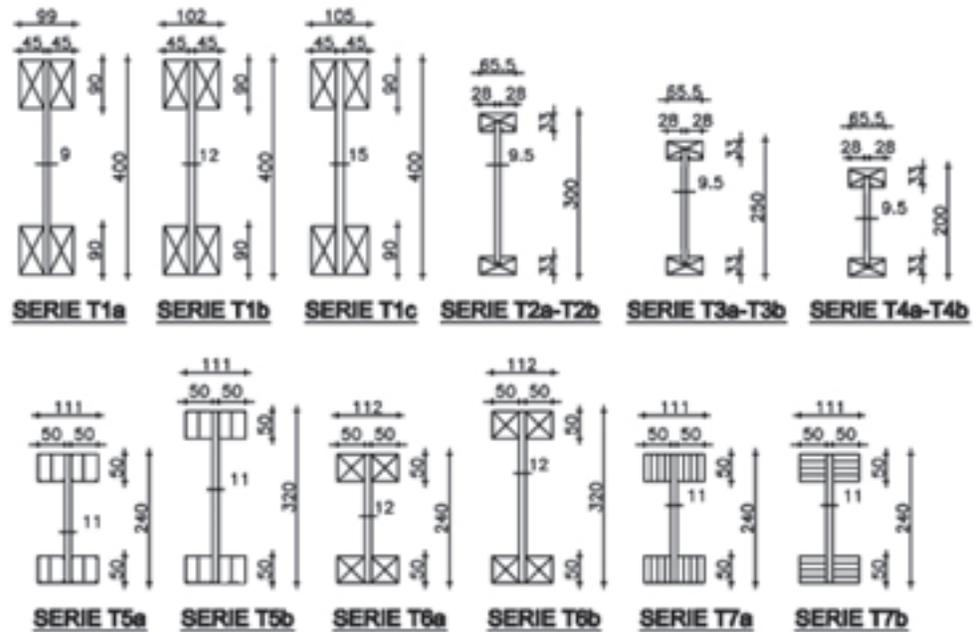


Fuente: LPChile

En el alma se ha utilizado tablero contrachapado de *pino radiata* (Series T6, C2) y tablero contrachapado de Coigüe, *Nothofagus dombeyi* (Series T1, C1) así como también tableros de OSB (Series T2, T3, T4, T5, T7, C3, C4 y C5).

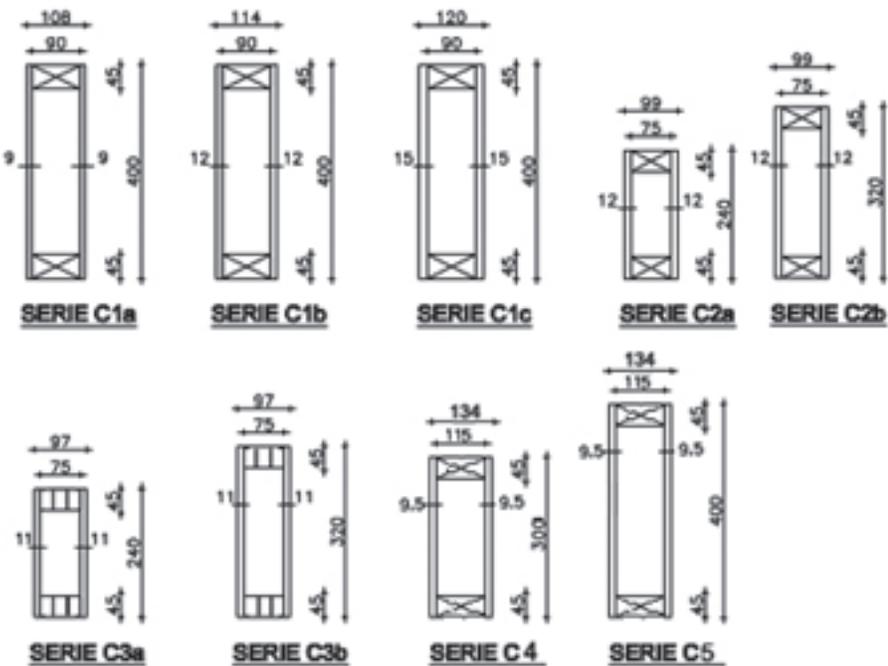
El pino *radiata* es una madera conífera, blanda y poco durable si no es protegida de la acción climática. Tiene crecimiento rápido y es la especie maderera más abundante actualmente en Chile. El coigüe es la madera nativa que más abunda en Chile. Es una madera latifoliada, semidura y se considera durable con relación a la acción climática. El tablero OSB está conformado por virutas de madera prensadas orientadas según el plano del tablero.

Gráfico 1  
Sección Doble T  
Series ensayadas



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2  
Sección Cajón  
Series ensayadas



Fuente: Elaboración propia.

**Características especiales de cada serie**

A continuación se entregan algunas características especiales de cada serie.

- Serie T1 (Ref. 1): Las alas se materializan con 2 piezas de largo de 320 cm y 160 cm, respectivamente. La disposición de las piezas del ala se alterna de forma que se cuenta con una unión de ala como máximo en la sección correspondiente de la viga. No hay sin embargo una unión mecánica entre las 2 piezas del ala. Se utilizó una unión clavada entre ala y alma. Se utilizaron clavos de 75 mm x 3,5 mm en doble fila en cada ala y espaciados a 10 cm. El alma está constituida por 2 tableros de 240 cm de largo. En los cuartos de

la longitud de la viga se dispusieron rigidizadores verticales (45 cm x 90 cm x 220 cm) entre las alas. Estos rigidizadores se colocan para evitar un posible pandeo del alma y para posibilitar una unión clavada del alma en el punto medio de la viga (gráfico 1).

- Series T2-T3-T4 (Ref. 2): Las alas están constituidas por varias piezas de madera aserrada unidas mediante uniones encoladas de tipo endentada (*finger-joint*). La unión ala-alma se materializa mediante una ranura biselada centrada en el alma en la cual se introduce el tablero de OSB. El adhesivo utilizado es Resorcinol Formaldehido tanto en la unión ala-alma como en las uniones endentadas a lo largo de las alas.

Cuadro 1  
Series ensayadas, número de ensayos y mediciones

	N° ensayos	Materiales		Dimensiones sección					Dimensiones vigas			
		Ala	Alma	b (cm)	bf (cm)	hf (cm)	tw (cm)	h(cm)	Lt (cm)	L (cm)	a (cm)	
Sección Doble-T	Serie T1a	9	Pino Radiata	Contrachapado Coigüe	9,9	4,5	9,0	0,90	40	480	464	177
	Serie T1b	9			10,2	4,5	9,0	1,20	40	480	464	177
	Serie T1c	9			10,5	4,5	9,0	1,50	40	480	464	177
	Serie T2a	6	Pino Radiata	OSB	6,6	2,8	3,3	0,95	30	480	470	156
	Serie T2b	6			6,6	2,8	3,3	0,95	30	600	590	196
	Serie T3a	6	Pino Radiata	OSB	6,6	2,8	3,3	0,95	25	480	470	156
	Serie T3b	6			6,6	2,8	3,3	0,95	25	600	590	196
	Serie T4a	6	Pino Radiata	OSB	6,6	2,8	3,3	0,95	20	480	470	156
	Serie T4b	6			6,6	2,8	3,3	0,95	20	600	590	196
	Serie T5a	8	Pino Radiata	OSB	11,1	5,0	5,0	1,11	24	244	240	80
	Serie T5b	8			11,1	5,0	5,0	1,11	32	244	240	80
	Serie T6a	9	Pino Radiata	Contrachapado pino Radiata	11,2	5,0	5,0	1,20	24	244	240	80
	Serie T6b	9			11,2	5,0	5,0	1,20	32	244	240	80
	Serie T7a	6	Pino Radiata	OSB	11,1	5,0	5,0	1,11	24	224	220	70
Serie T7b	6	11,1			5,0	5,0	1,11	24	224	220	70	
Sección Cajón	Serie C1a	9	Pino Radiata	Contrachapado Coigüe	10,8	9,0	4,5	0,90	40	480	464	177
	Serie C1b	9			11,4	9,0	4,5	1,20	40	480	464	177
	Serie C1c	9			12,0	9,0	4,5	1,50	40	480	464	177
	Serie C2a	9	Pino Radiata	Contrachapado pino Radiata	9,9	7,5	4,0	1,20	24	244	240	80
	Serie C2b	9			9,9	7,5	4,0	1,20	32	244	240	80
	Serie C3a	8	Pino Radiata	OSB	9,7	7,5	4,0	1,11	24	244	240	80
	Serie C3b	8			9,7	7,5	4,0	1,11	32	244	240	80
	Serie C4	3	Pino Radiata	OSB	13,4	11,5	4,5	0,95	30	510	500	148
	Serie C5	3	Pino Radiata	OSB	13,4	11,5	4,5	0,95	40	610	600	208

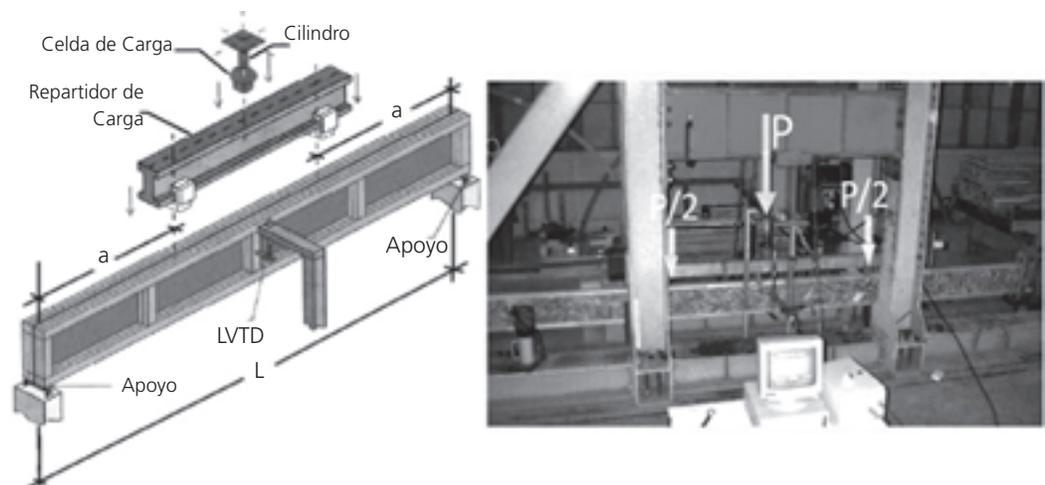
Fuente: Elaboración propia

- Serie T5 (Ref. 3): Las alas están compuestas por madera laminada verticalmente con láminas de 25 mm de ancho. En los cuartos de la longitud de la viga se dispusieron rigidizadores verticales entre las alas 50 cm x 50 cm x 140 cm y 50 cm x 50 cm x 220 cm para las series T5a y T5b respectivamente. Todas las uniones se realizaron como uniones encoladas utilizando como adhesivo Resorcinol Formaldehido.
- Serie T6 (Ref. 4): La unión ala-alma se materializó con adhesivo Resorcinol Formaldehido y con una unión clavada utilizando clavos en dos líneas cada 10 cm.
- Serie T7 (Ref. 5): Las alas se materializan con madera microlaminada con láminas de 5 mm de espesor unidas mediante una unión encolada. Se utiliza Urea Formaldehido como adhesivo. Se utilizaron rigidizadores sólo en los apoyos.
- Serie C1 (Ref. 1): Las alas se materializan con 2 piezas de largo 320 cm y 160 cm, respectivamente, con características similares a las descritas en la serie T1. Se utilizó una unión clavada entre ala y alma. Se utilizaron clavos de 75 mm x 3,5 mm en una fila en cada ala y espaciados a 7,5 cm. En los cuartos de la longitud de la viga se dispusieron rigidizadores verticales (45 cm x 90 cm x 310 cm) entre las alas.
- Serie C2 (Ref. 4): En la unión ala-alma se utilizó adhesivo Resorcinol Formaldehido junto a una unión clavada.
- Serie C3 (Ref. 3): Las características de estas vigas son similares a las correspondientes a la serie T5. En los cuartos de la longitud de la viga se dispusieron rigidizadores verticales entre las alas 40 cm x 75 cm x 160 cm y 40 cm x 75 cm x 240 cm para las series T5a y T5b respectivamente.
- Serie C4 - C5 (Ref. 6): Las alas se formaron con piezas unidas con uniones endentadas con adhesivo Resorcinol Formaldehido. La unión ala-alma se materializó con clavos en una línea espaciados a 50 mm y con adhesivo PVA (acetato de polivinilo).

### Estudio experimental

Los ensayos de flexión se realizaron con las vigas solicitadas por 2 cargas puntuales ubicadas en forma simétrica con el objeto de obtener una zona central con momento flector máximo constante y corte nulo (gráfico 3). Las vigas fueron arriostradas lateralmente para evitar el pandeo lateral torsional. La carga, aplicada en el punto medio de la viga, se reparte en 2 puntos de carga a través de una viga secundaria. En cada ensayo se registró la carga aplicada y la deformación en el punto central de la luz. La longitud total de las vigas ensayadas ( $L_t$ ), y la luz entre apoyos ( $L$ ) consideradas en cada ensayo se indican en el cuadro 1 así como también el número de ensayos correspondientes a cada serie.

Gráfico 3  
Disposición del ensayo de flexión



Fuente: Bernuy, Moffet (2003)

Cuadro 2  
Cargas de Ruptura. Momentos de Ruptura

		Carga de Ruptura (kgf)			Momento de Ruptura (kgf cm)		
		Pmín	Pmáx	Pprom	Mmín	Mmáx	Mprom
Sección Doble-T	Serie T1a	2.879,6	3.927,9	3.328,4	254.845	347.619	294.563
	Serie T1b	2.912,5	3.921,4	3.481,7	257.756	347.044	308.130
	Serie T1c	3.050,0	4.435,7	3.702,2	269.925	392.559	327.645
	Serie T2a	630,0	1.288,9	900,5	49.143	100.533	70.242
	Serie T2b	497,7	1.126,7	897,6	48.774	110.413	87.963
	Serie T3a	517,9	854,3	622,2	40.399	66.632	48.531
	Serie T3b	403,2	865,5	565,6	39.516	84.816	64.342
	Serie T4a	403,2	686,1	554,6	21.451	53.515	43.258
	Serie T4b	574,0	977,6	730,2	56.251	95.802	71.559
	Serie T5a	3.243,4	5.244,8	3.993,9	129.737	209.790	159.754
	Serie T5b	4.904,5	6.277,1	5.594,8	196.182	251.082	223.790
	Serie T6a	2.683,0	3.603,6	3.198,8	107.320	144.144	127.951
	Serie T6b	3.659,3	613,0	4.852,5	146.372	244.520	194.099
	Serie T7a	3.279,5	6.878,2	4.133,3	114.783	240.737	144.666
Serie T7b	3.170,3	7.889,7	4.818,6	110.961	276.140	168.651	
Sección Cajón	Serie C1a	1.611,8	2.322,7	1.945,0	142.644	205.559	172.133
	Serie C1b	1.461,1	2.620,8	2.115,0	129.307	231.941	187.178
	Serie C1c	1.926,3	3.387,4	2.684,0	170.478	299.785	237.534
	Serie C2a	3.475,8	5.002,5	4.095,0	139.032	200.100	163.800
	Serie C2b	5.025,4	7.773,9	6.090,8	201.016	310.956	243.632
	Serie C3a	3.696,6	7.351,8	4.679,6	147.862	294.071	187.182
	Serie C3b	5.699,9	7.516,4	6.747,8	227.994	300.655	269.910
	Serie C4	2.691,0	4.745,0	4.096,0	199.134	351.130	303.104
	Serie C5	3.960,0	5.055,0	4.542,0	411.840	525.720	472.368

Fuente: Elaboración propia.

## Resultados de los ensayos

### Resistencia de las vigas ensayadas

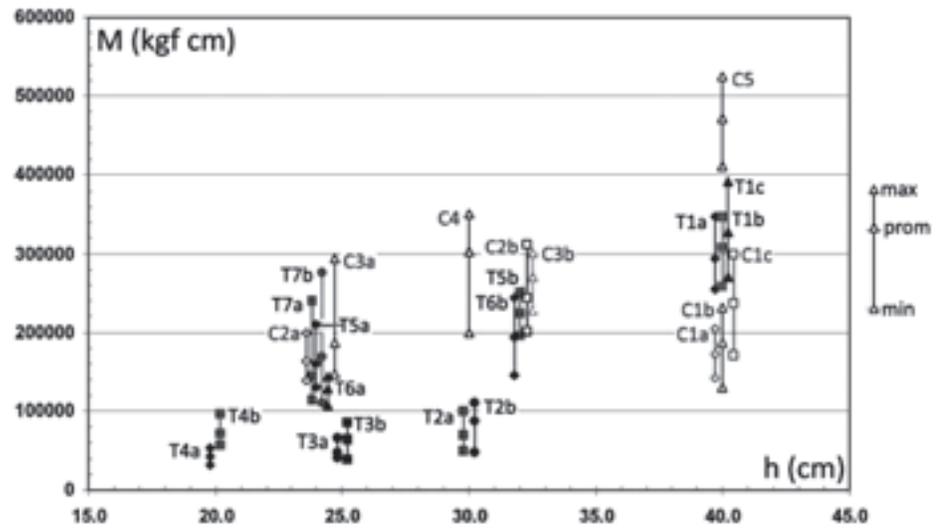
En el cuadro 2 se entregan las cargas de ruptura obtenidas, a partir de las cuales se puede calcular la capacidad de momento de la viga. Debido a que las vigas fueron ensayadas con distintas secciones y distintas luces, las resistencias obtenidas pueden ser comparadas en términos de la capacidad de momento de cada viga. Estas

capacidades son incluidas en este cuadro como momentos de ruptura.

En el gráfico 4 se muestran los momentos de ruptura obtenidos para cada serie en función de la altura de la sección. El rango de variación de los resultados para cada serie está representado por 3 puntos que muestran el valor máximo, el valor promedio y el valor mínimo obtenido.

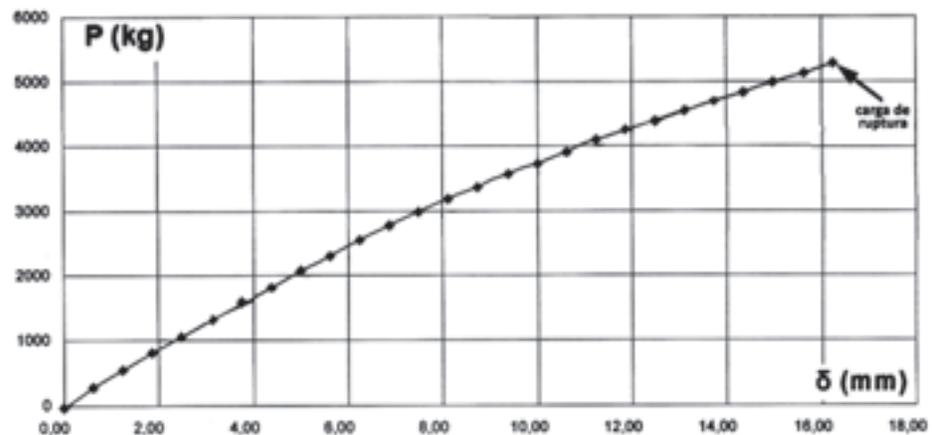
Los resultados del gráfico 4 expresan valores esperados cuando las vigas de mayor sección muestran mayor

Gráfico 4  
Series T, Vigas de  
sección Doble T  
y Series C,  
Vigas de sección Cajón.  
Momentos de ruptura



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 5  
Curva de ensayo típica.  
Serie T5



Fuente: Bernuy, Moffet (2003).

capacidad de momento. Se alejan de esta tendencia mostrando valores menores que los esperados los resultados obtenidos para las series T2 y T3. En las probetas de estas series se presentó una falla prematura en la unión endentada en el ala traccionada. Las curvas carga-deformación obtenidas presentan un comportamiento lineal hasta niveles cercanos a la carga última de rotura. El gráfico 5 ofrece una curva de ensayo típica.

#### Modos de falla

Los modos de falla típicos para cada serie se indican en el cuadro 3. Se confirma la ocurrencia de fallas frágiles típicas de elementos estructurales de madera. En general la falla más recurrente es por tracción debido a la flexión del ala inferior de la viga (foto 3). Sin embargo, en las series

T5, T6 y T7, en las cuales se tienen secciones Doble T con luces cortas, la falla típica es por corte en el alma.

En la zona vecina a los apoyos se presenta la falla diagonal que caracteriza la falla por corte (foto 4). Este tipo de falla no se presenta en vigas de sección cajón que cuentan con un alma doble.

#### Evaluación de las rigideces de las vigas compuestas

Cuando se analizan vigas compuestas de distintos materiales (distintos módulos de elasticidad) se cuenta con diversos métodos teóricos para evaluar el aporte de cada material a la rigidez de la sección. Al efectuar dicho análisis se debe considerar el grado de colaboración (parcial o total) entre los materiales componentes.

Cuadro 3 Modos de falla típicos	Serie T1	Serie T2	Serie T3	Serie T4	Serie T5	Serie T6	Serie T7	Serie C1	Serie C2	Serie C3	Serie C4	Serie C5
Falla del alma en la zona de discontinuidad del ala	X											
Falla del ala traccionada	X					X		X	X	X	X	X
Falla de unión endentada en ala traccionada		X	X	X								
Falla diagonal por corte en el alma					X	X	X					

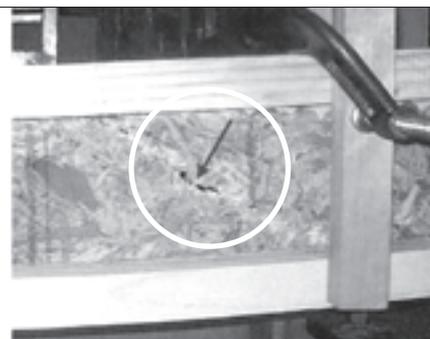
Fuente: Elaboración propia.

Foto 3  
Falla por tracción  
en ala inferior



Fuente: Astorga y San Martín (2004).

Foto 4  
Falla por corte  
en el alma



Fuente: Astorga y San Martín (2004).

Debido a que las vigas ensayadas muestran un comportamiento lineal característico hasta niveles cercanos a la carga de rotura (gráfico 5) se puede obtener un valor de la rigidez experimental a partir de la curva carga-deformación de cada ensayo. Este valor representa la rigidez real de la viga e incluye tanto la influencia del ala y alma con sus correspondientes dimensiones y módulos de elasticidad y el grado de colaboración real existente en la sección.

La rigidez experimental,  $(EI)_{exp}$ , se puede evaluar con la expresión:

$$(EI)_{exp} = \frac{(P/2) a}{24 \delta} (3 L^2 - 4 a^2)$$

En esta expresión, la carga  $P$  y la deformación pueden elegirse en cualquier punto de la zona lineal de la curva  $P$ - obtenida de los ensayos.

En el gráfico 6 se muestran los valores de rigidez promedios obtenidos para las series correspondientes a las vigas compuestas de sección Doble T y sección cajón. A partir de las rigideces experimentales obtenidas,  $(EI)_{exp}$ , es posible calcular las deformaciones por flexión bajo distintos estados de carga, ver el ejemplo de diseño en el punto siguiente.

### Diseño de vigas compuestas

Con las capacidades de momento obtenidas (Momentos de Ruptura) se puede diseñar vigas del tipo estudiadas. A modo de ejemplo, tomando como criterio utilizar un Factor de Seguridad (FS) igual 2 con respecto a los valores promedio de momento obtenidos, se obtiene un Momento de Diseño.

Luego, la carga admisible  $Q_{adm}$  (kgf/m) se puede calcular con la expresión:

$$Q_{adm} = 8xM_{diseño} / L^2$$

Esta fórmula es válida para una viga con apoyos simples. Los valores que se obtienen para todas las series, con luces que varían entre 2m y 6m, se entregan el cuadro 4.

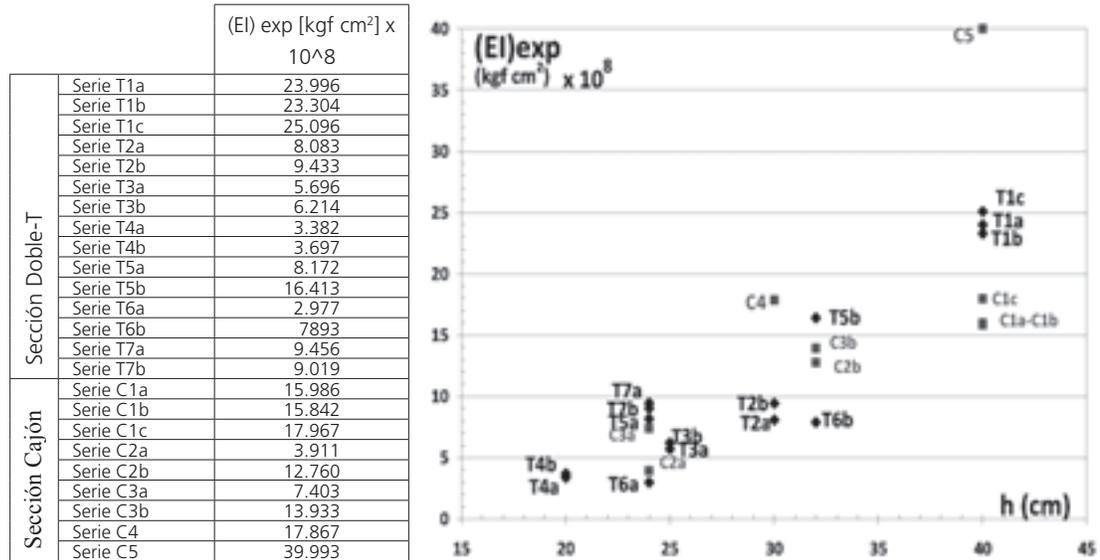
Ejemplo de diseño:

Se requiere soportar una carga de 300 kg/m<sup>2</sup> con vigas espaciadas a 80 cm conj una luz de 3 m.

La carga requerida por unidad de longitud es:

$$Q_{req} = 300 \times 0,8 = 240 \text{ kg/m}^2$$

Gráfico 6 Series ensayadas. Rigidez experimental (EI)exp. Valores promedio para cada serie



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4 Cargas admisibles considerando un Factor de Seguridad = 2 con respecto a la capacidad de carga promedio de cada serie

	Momento de Ruptura (kgf cm)	M diseño (kgf cm)	Q adm (kg/m)											
			L (m)											
			2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0			
Sección Doble-T	Serie T1a	254.845	347.619	294.563	147.282	2.946	1.885	1.309	962	736	582	471	390	327
	Serie T1b	257.756	347.044	308.130	154.065	3.081	1.972	1.369	1.006	770	609	493	407	342
	Serie T1c	269.925	392.559	327.645	163.822	3.276	2.097	1.456	1.070	819	647	524	433	364
	Serie T2a	49.143	100.533	70.242	35.121	702	450	312	229	176	139	112	93	78
	Serie T2b	48.774	110.413	87.963	43.981	880	563	391	287	220	174	141	116	98
	Serie T3a	40.399	66.632	48.531	24.265	485	311	216	158	121	96	78	64	54
	Serie T3b	39.516	84.816	64.342	32.171	643	412	286	210	161	127	103	85	71
	Serie T4a	21.451	53.515	43.258	21.629	433	277	192	141	108	85	69	57	48
	Serie T4b	56.251	95.802	71.559	35.779	716	458	318	234	179	141	114	95	80
	Serie T5a	129.737	209.790	159.754	79.877	1.598	1.022	710	522	399	316	256	211	178
	Serie T5b	196.182	251.082	223.790	111.895	2.238	1.432	995	731	559	442	358	296	249
	Serie T6a	107.320	144.144	127.951	63.975	1.280	819	569	418	320	253	205	169	142
	Serie T6b	146.372	244.520	194.099	97.050	1.941	1.242	863	634	485	383	311	257	216
	Serie T7a	114.783	240.737	144.666	72.333	1.447	926	643	472	362	286	231	191	161
Serie T7b	110.961	276.140	168.651	84.326	1.687	1.079	750	551	422	333	270	223	187	
Sección Cajón	Serie C1a	142.644	205.559	172.133	86.066	1.721	1.102	765	562	430	340	275	228	191
	Serie C1b	129.307	231.941	187.178	93.589	1.872	1.198	832	611	468	370	299	248	208
	Serie C1c	170.478	299.785	237.534	118.767	2.375	1.520	1.056	776	594	469	380	314	264
	Serie C2a	139.032	200.100	163.800	81.900	1.638	1.048	728	535	410	324	262	217	182
	Serie C2b	201.016	310.956	243.632	121.816	2.436	1.559	1.083	796	609	481	390	322	271
	Serie C3a	147.862	294.071	187.182	93.591	1.872	1.198	832	611	468	370	299	248	208
	Serie C3b	227.994	300.655	269.910	134.955	2.699	1.727	1.200	881	675	533	432	357	300
	Serie C4	199.134	351.130	303.104	151.552	3.031	1.940	1.347	990	758	599	485	401	337
	Serie C5	411.840	525.720	472.368	236.184	4.724	3.023	2.099	1.542	1.181	933	756	625	525

Fuente: Elaboración propia

Esto significa que se puede usar una sección de las series estudiadas hasta una luz entre apoyos que tenga una carga admisible igual o superior a 240 kg/m<sup>2</sup>. Si la luz es 3 m se puede elegir, por ejemplo, la sección correspondiente a la serie T3b que tiene una carga admisible  $Q_{adm} = 286 \text{ kg/m}^2$ .

La deformación de la viga se puede calcular con la ayuda del cuadro incluido en el gráfico 6.

La deformación máxima para una viga con apoyo simple y una carga uniformemente repartida se calcula con la expresión:

$$\Delta_{max} = 5 * Q * L^4 / (384 EI)$$

Con  $Q = 2,4 \text{ kg/cm}$ ,  $L = 300 \text{ cm}$ ,  $EI_{exp} = 6.214 * 10^8$  se obtiene una deformación  $\Delta_{max} = 0,41 \text{ cm}$ , menor que una deformación admisible de  $L/300 = 1 \text{ cm}$ , por lo tanto el diseño está correcto.

## Conclusiones

La capacidad de las vigas de sección compuesta estudiadas está determinada en la mayoría de los casos por la resistencia a la tracción del ala inferior. Las uniones en dichas alas deben entonces ser bien ejecutadas, de lo contrario se constituyen en el punto crítico que determina la resistencia global de las vigas.

Sin embargo, en secciones Doble T de luces cortas (220 cm -240 cm) la falla se produce por corte antes que por flexión. Utilizar en estos casos un alma de mayor espesor o con mejores propiedades mecánicas permitiría aprovechar la capacidad real de las secciones de estas vigas.

Los ensayos realizados han permitido evaluar la capacidad a la flexión de las vigas en estudio. También se han obtenido valores de las rigideces reales de estas vigas. Contemplando un factor de seguridad adecuado, con los valores experimentales obtenidos tanto para la capacidad de momento como para las rigideces, es posible diseñar vigas que cuenten con las dimensiones y materiales utilizados en este estudio considerando otras condiciones de carga y de apoyo.

## Referencias bibliográficas

- Astorga, C.; San Martín, C. (2004) Análisis Teórico Experimental Comparativo Entre Vigas Estructurales de Madera de Pino Radiata y Vigas Compuestas Tipo Doble T. *Memoria de Título de Ingeniero Civil en Obras Civiles*. Dpto. de Ingeniería Civil en Obras Civiles, Universidad de Santiago de Chile.
- Bernuy, P.; Moffett, H. (2003) Estudio Teórico Experimental de vigas Cajón y Doble T de *Madera Laminada y Tableros OSB*. Memoria de Título de Ingeniero Civil en Obras Civiles. Dpto. de Ingeniería Civil en Obras Civiles, Universidad de Santiago de Chile.
- Caballero, E.; San Martín, H. (2004) Vigas Sección Cajón de Alma Discontinua Compuestas de Madera Aserrada y Tablero OSB. Memoria de Título de Ingeniero Civil en Obras Civiles. Dpto. de Ingeniería Civil en Obras Civiles, Universidad de Santiago de Chile.
- Garrido, A.; Soto, C. (2006) Estudio Teórico Experimental de Vigas Compuestas Tipo Doble T de Madera Microlaminada y Tableros OSB. Memoria de Título de Ingeniero Civil en Obras Civiles. Dpto. de Ingeniería Civil en Obras Civiles, Universidad de Santiago de Chile.
- Guerrero, E.; Hernández, J. (1994) Estudio Teórico Experimental de Vigas Sección Doble T y Cajón de Madera Aserrada y Contrachapado. Memoria de Título de Ingeniero Civil en Obras Civiles. Dpto. de Ingeniería Civil en Obras Civiles, Universidad de Santiago de Chile.
- Morales, M.; Yagui, J. (1994) Estudio Teórico Experimental de Vigas: Madera Aserrada- Contrachapado de Sección Cajón y Doble T. Memoria de Título de Ingeniero Civil en Obras Civiles. Dpto. de Ingeniería Civil en Obras Civiles, Universidad de Santiago de Chile.

## Evaluación integral del Programa de Maestría en Desarrollo Tecnológico

*Argenis Lugo*

Coordinador de Postgrado en Desarrollo Tecnológico IDEC / FAU / UCV



Durante el año 2007 el Programa de Maestría en Desarrollo Tecnológico se sometió de manera voluntaria a la Evaluación de Programas de Postgrado realizada por parte de la Asociación Iberoamericana de Postgrado-AUIP, institución a la cual está adscrita la UCV. Además de permitir avanzar en los procesos de evaluación de la calidad de los programas de postgrado mediante la definición, cuantificación y adopción de índices de calidad, la evaluación de la AUIP promueve los procesos de reflexión, análisis, diagnósticos y mejora continua de la oferta de programas de formación superior avanzada. Vale la pena acotar que éste es el primer programa de la UCV que se somete de manera voluntaria a esta evaluación.

### El proceso

El proceso de evaluación, que se inició en abril 2007 con la postulación del programa por parte de la Coordinación del Postgrado del IDEC, contempló tres fases: Postulación, Autoevaluación y Evaluación externa.

Entre los meses de mayo y julio se cumplió la primera fase (Autoevaluación) que consistió en un proceso de planificación, organización, ejecución y supervisión del programa de maestría realizado por los miembros del programa, cuyo fin fundamental fue identificar sus fortalezas y debilidades.

Entre septiembre y octubre 2007 se realizó la preparación del expediente documental para la Evaluación externa que fue realizada en noviembre de 2007, por parte de los evaluadores internacionales asignados por la AUIP, quienes hicieron la auditoría del programa a través del acopio, análisis y revisión documental del programa; entrevistas con las personas que lo integran (profesores, investigadores, alumnos, egresados, personal administrativo y autoridades académicas), comprobación física mediante visitas a la planta física del programa (aulas, centros de documentación, salas de informática, despachos, talleres, sedes administrativas, Estación Experimental) así como entrevistas con la autoridades de la institución, etc. En esta fase fueron evaluadas variables como:

- Docentes, Estudiantes, Egresados e Impacto.
- Plan de Estudios, Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico, Innovación y Desempeño.
- Gestión, Entorno, Evaluación y Mejora continua.

**Resultados:**

Los resultados de esta Evaluación Integral (autoevaluación más evaluación externa) serán entregados por la AUIP en el primer trimestre de año 2008.

Con respecto a la autoevaluación los resultados de la ponderación de las variables mencionadas se cuantifican en el cuadro a continuación:

Resultados del proceso de evaluación											
Variables (x)		Elementos									Total
		x.1	x.2	x.3	x.4	x.5	x.6	x.7	x.8	x.9	
1	Estudiantes	1.5	3.0								4,5
2	Profesores	3.0	6.5	2.0	7.0						17,5
3	Plan de Estudios	1.5	3.0	1.0	2.5	3.0	1.0	5.0	1.0	1.0	19,0
4	Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico, Profesional de alta calidad	20.0									20,0
5	Gestión	3.0	2.0								5,0
6	Entorno	2.0	3.0	2.8	2.0						9,8
7	Egresados e impacto	8.0	5.0								13,0
8	Evaluación y mejora continua	3.5	1.0								4,5
<b>Total</b>											<b>93,3</b>

Los resultados producto de la autoevaluación permitieron identificar que de manera preliminar la calificación obtenida es superior a 90/100 puntos, lo que nos permite inferir que el Programa de Maestría en Desarrollo Tecnológico estaría ubicado dentro de la calificación de "Excelente".

Aun sin tener a la fecha los resultados definitivos de la Evaluación Integral se puede afirmar lo nutritivo que ha sido para este Programa haberse sometido a este proceso de autoevaluación y evaluación externa, no sólo por habernos permitido identificar nuestras fortalezas y debilidades bajo los estándares internacionales sino también porque generó el marco ideal para la reflexión en relación con la visión, pertinencia y proyección de nuestro programa en los años por venir y de cara al reto de seguir formando profesionales de alto nivel que respondan a las necesidades del país en el ámbito del desarrollo tecnológico de la construcción.

Como valor agregado de esta evaluación, y de acuerdo con la normativa vigente en la AUIP, los programas cuyos resultados arrojen altas calificaciones optan al Premio AUIP de la Excelencia Académica en Postgrado y Doctorado, lo cual se constituye en una acreditación internacional de reconocimiento a la calidad en postgrados.

AUIP: <http://www.auiip.org>

## La sustentabilidad urbana

*Arnoldo José Gabaldón\**

El 28 de noviembre de 2007 fui invitado a hacer una presentación, durante las XXVI Jornadas del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela. El tema solicitado para tal ocasión fue “la sustentabilidad urbana”. El texto que se desarrolla seguidamente contiene las ideas expuestas en esa oportunidad, muchas de las cuales están contenidas en un trabajo más extenso presentado en septiembre de 2007 a la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat, con el título: “La urbanización sustentable: un reto para Venezuela”, con el propósito de cumplir con los requisitos exigidos para mi incorporación como Individuo de Número de esa Corporación.

En este artículo se abordan cuatro puntos. En el primero se pasa revista a la gama de impactos ecológicos que genera el proceso de urbanización; en la segunda parte se trata el concepto del desarrollo urbano sustentable en el ámbito teórico; en tercer lugar se exponen algunos rasgos que se consideran relevantes del proceso de urbanización de Venezuela desde la perspectiva de la sustentabilidad; y el cuarto punto contiene una serie de propuestas para enfrentar el reto de la urbanización sustentable en el país. Para concluir se formulan algunas reflexiones.

### Impacto ecológico del proceso de urbanización

El proceso de urbanización adelantado en el mundo durante los últimos 10.000 años ha estado asociado inseparablemente al progreso humano. Las ciudades constituyen el asiento por excelencia de la actividad cultural y la promoción del conocimiento que ha marcado históricamente el avance de la civilización. Aquellas que por su dinámica administrativa, comercial o cultural, o por su nivel de industrialización, han alcanzado mayor importancia en los países, constituyen por lo general la fuerza motriz de su economía. Éstas son los espacios más productivos y, en tal sentido, son generadoras de nuevas oportunidades de trabajo y de elevación del ingreso.

---

\* Profesor Honorario de la Universidad Simón Bolívar donde dicta la cátedra de Desarrollo Sustentable, a nivel de postgrado.

En circunstancias en que en el mundo se está operando una amplia reestructuración económica, movida en parte por la globalización y el desarrollo tecnológico, con vastas repercusiones en la naturaleza y distribución del empleo, las ciudades están llamadas a jugar un rol estratégico fundamental (Friedman, 2006).

A lo largo del proceso de urbanización se ha ido concentrando en las ciudades la vida política y en ellas se toman las decisiones que afectan a la mayoría de las personas. Las ciudades constituyen además los lugares más propicios para la formación de capital humano y social, al ser sede de instituciones que contribuyen al mejoramiento de la salud y la educación y favorecer la socialización, anticipo del establecimiento de las redes de solidaridad. Es por ello, por ejemplo, que se ha encontrado una buena correlación entre el Índice de Desarrollo Humano (IDH) de las Naciones Unidas y el nivel de urbanización en los países y, en particular, en Venezuela; a mayor población urbana, más alto el valor del IDH (UNFPA, 2007).

Debe convocar a la reflexión, así mismo, el hecho de que el proceso de urbanización ha constituido, especialmente después de la revolución industrial, una de las intervenciones antrópicas de mayor envergadura que ha ocurrido sobre el funcionamiento ecológico del planeta. La construcción de ciudades ha implicado una intervención sobre el entorno que supera la mera ocupación de espacios prístinos o rurales y su sustitución por ecosistemas contruidos. Más allá de lo que esto ha significado en términos de perturbación de los ecosistemas naturales, las ciudades conforman un complejo sistema social, económico, físico, político y cultural, cuya gama de efectos ambientales es percibida en espacios que rebasan con mucho los de la superficie ocupada.

La población del mundo alcanzó para el año 2000 los 6.085 millones de habitantes. Dicha población estará aumentando a razón de 70 millones anualmente durante las próximas tres décadas. Pero la mayor parte de ese aumento se llevará a cabo dentro de áreas urbanas. Los efectos sociales y ecológicos de un proceso de urbanización de esa magnitud serán muy importantes. A ellos nos referiremos seguidamente.

### ***Los impactos de la urbanización sobre los ecosistemas***

En las áreas urbanizadas del planeta se concentra en la actualidad el mayor porcentaje del consumo mundial de recursos naturales renovables y no renovables demandados por la población y sus aparatos productivos, mediante la dinámica de importaciones/exportaciones de recursos y bienes y la liberación de desechos. Por esta vía las ciudades se vinculan ecológicamente con su derredor, que puede ser el entorno inmediato o su "*hinterland*", desde el cual suelen abastecerse de la mayor parte de los recursos naturales requeridos o hacia donde son destinados los bienes que producen y los desechos liberados, o desde espacios remotos del planeta a través de los mercados globalizados. Por esas diferentes vías la ciudad se conecta con los espacios circundantes con consecuencias ecológicas a escala local, regional o planetaria.

Uno de los casos más claros de lo que se desea relevar es el abastecimiento de combustibles, que son recursos naturales indispensables para la dieta urbana, de acuerdo a los patrones tecnológicos que prevalecen. Ellos provienen comúnmente de áreas remotas donde se explotan, muchas veces en otros países, ya que no todos disponen –como Venezuela– de tales recursos. Si se analiza desde la perspectiva ecológica esta situación, se encuentra que a

lo largo de toda la cadena que va desde la extracción de los combustibles fósiles, su procesamiento, transporte y consumo final en un conglomerado urbano, se generan una serie de impactos ambientales a diferentes escalas geográficas.

Otro tanto ocurre con el suministro de alimentos y de materiales de construcción. Indirectamente, por esta vía se puede decir también que la mayor parte de los impactos ecológicos que causa la agricultura están asociados a las actividades urbanas, pues hacia ellas se dirige alrededor de 75% de toda la producción de alimentos y la demanda de insumos agropecuarios.

En otras palabras, los patrones de consumo y producción industrial que tienden a prevalecer en las ciudades, especialmente en las del mundo industrializado, son determinantes de la degradación ecológica planetaria.

A esta incidencia ecológica en todos los confines del globo, vía la importación y exportación de recursos y bienes/liberación de desechos, hay que agregar que la expansión urbana, en particular cuando ocurre descontroladamente como ha venido sucediendo en Venezuela en cuanto a ocupación del espacio y cambio en el uso de la tierra, también ha significado un impacto ecológico considerable. Si bien el área urbanizada del planeta no sobrepasa más de 2% de su superficie terrestre, su expansión se ha hecho a expensas de ocupar y fragmentar ecosistemas naturales o cuencas hidrográficas altamente productivas en términos de biodiversidad, o previamente intervenidos, en detrimento –en general– de las condiciones microclimáticas. Por ejemplo, eso es lo que viene ocurriendo con muchas zonas urbanas cercanas a las costas venezolanas, que se amplían talando manglares o rellenando humedales, con lo cual estos ecosistemas tan importantes para la conservación de la diversidad biológica son inutilizados.

Igualmente caben citar los cambios que han venido ocurriendo en el uso de tierras agrícolas de alto valor, por la actividad urbanística, como es el caso de la cuenca del Lago de Valencia, donde el surgimiento de muchas áreas urbanizadas se ha hecho a costa de sacrificar miles de hectáreas de tierra de muy buena calidad para la agricultura.

Por las razones antes expuestas los impactos ecológicos del proceso de urbanización no se han limitado a las áreas directamente ocupadas. A este respecto Sassen (2001) hace unas consideraciones importantes cuando expone que: "Regiones industriales y países enteros subsisten apropiándose de la capacidad de carga de una superficie de tierra muy superior a la que ellas físicamente ocupan. Ellas pueden parecer ecológicamente prósperas, pero tienen una deuda ecológica masiva con el resto del planeta. Si el presente estilo de vida norteamericano fuese el de los 6.000 millones de personas en el mundo, se requerirían 24.000 millones de hectáreas de tierras ecológicamente productivas utilizando las tecnologías existentes. Pero el mundo dispone solamente de 8.800 millones de hectáreas de ese tipo de tierras".

La constatación de esta realidad ha dado origen al concepto de "huella ecológica" (Rees, 1992), definida como la superficie de terreno necesaria para localizar la población de una ciudad determinada y abastecerla de alimentos, materiales de construcción, combustibles y otros recursos naturales y asimilar los desechos sólidos, líquidos o gaseosos, liberados por sus actividades.

Cuando dichos requerimientos se estiman en términos per cápita, se encuentran resultados asombrosos. De acuerdo a los estilos de vida prevalecientes en Estados Unidos de América y Canadá, se ha calculado que cada habitante urbano requeriría una superficie de soporte promedio de 4 a 5 hectáreas.

La exportación/liberación de bienes y desechos desde las zonas urbanizadas, el segundo término en la dinámica señalada, constituye otra vía a través de la cual la ciudad se conecta con el entorno, infligiéndoles impactos ecológicos. Hay que visualizar la ciudad como productora de bienes durables y no durables que se exportan hacia otros confines donde son consumidos y dispuestos, y como liberadora de desechos que también pueden ir a parar a otra variedad de destinos. Ambas acciones: exportación de bienes y liberación de desechos generan impactos ecológicos. Aun cuando los dos tipos de impactos son aparentemente diferentes, a la postre resultan similares.

Las exportaciones están constituidas por recursos naturales generalmente procesados o no, que son usados o consumidos en otros lugares pero que siempre son dispuestos finalmente en forma de desperdicios.

La mecánica de liberación de desechos desde una ciudad puede ser algo distinta. Las emisiones a la atmósfera liberadas desde viviendas, vehículos automotores y establecimientos comerciales e industriales, entre otras fuentes, causan efectos ambientales en las tres escalas mencionadas: local, regional y global.

En la escala propiamente urbana, las emisiones más frecuentes que contaminan la atmósfera, con consecuencias para la salud de los habitantes, sus instalaciones, y la flora y fauna local, si no se controlan, son las de monóxido y dióxido de carbono, partículas, óxidos de nitrógeno y de azufre, entre otros. A los aspectos sanitarios asociados a esta contaminación nos referiremos más adelante. Algunas de estas emisiones, como las de óxidos de azufre y nitrógeno provenientes de la quema de combustibles, ricos en estos elementos químicos, pueden originar el fenómeno de las lluvias ácidas al ser transportadas por las corrientes de aire a distancias de centenares de kilómetros, con un impacto ambiental regional sobre los cuerpos de agua, la vegetación y los suelos.

La mayor parte de los gases generados por actividades humanas que contribuyen al efecto invernadero, principalmente las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la quema de combustibles fósiles en plantas industriales y vehículos, son liberados desde áreas urbanizadas. Se conecta así la ciudad con el fenómeno de cambio climático. Dicho fenómeno constituye uno de los problemas ambientales globales que puede tener mayores consecuencias sobre la ecología del planeta si no se adoptan las medidas necesarias para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero a la atmósfera.

Más o menos lo mismo se puede decir en cuanto a las emisiones de las sustancias que destruyen la capa de ozono, las cuales se originan en su mayor parte dentro de perímetros urbanizados, ocasionando otro de los grandes problemas ambientales globales.

Con los efluentes líquidos, productos también del metabolismo urbano, sucede otro tanto. Los vertidos domésticos e industriales causan impactos locales, especialmente sobre la salud de la población, si no existen sistemas apropiados de cloacas y de tratamiento de efluentes. En cualquier caso, el destino inmediato de estos vertidos es la red de cauces fluviales que drenan el espacio urbano. Si los vertidos no son previamente tratados, por esta vía la contaminación hídrica es transportada corriente abajo, dañando la calidad del recurso para el consumo humano, la agricultura o la recreación a una escala regional. Por ejemplo, algunas de las playas de la región de Barlovento, situadas a más de un centenar de kilómetros de Caracas, están contaminadas, no solamente porque reciben vertidos de poblaciones vecinas, sino porque son destinatarias de todas las cloacas de la ciudad capital a través de los ríos Guaire y Tuy.

Pero la totalidad de los cauces fluviales portadores de aguas contaminadas de origen urbano, con excepción de aquellos que drenan hacia cuencas endorreicas, como la del Lago de Valencia, concluyen su recorrido en mares u océanos, con lo cual su degradación termina por constituirse también en un problema ambiental global. Un 60% de todas las poblaciones del mundo están localizadas a una distancia menor de 100 Km de la costa marina, constituyendo así la principal fuente de contaminación de los mares y océanos. Esta contaminación, que se incrementa aceleradamente, llega en la actualidad a niveles que han movido a exponer que no existe una gota de agua en los océanos que no registre trazas de contaminantes orgánicos, lo cual afecta la flora y fauna marinas.

El acelerado aumento en la generación de desechos sólidos que liberan las ciudades, siendo algunos tóxicos o peligrosos, se ha constituido en otro de los problemas más complejos para las autoridades urbanas. Cuando los sistemas de recolección de basuras son deficientes o inexistentes, la suciedad se convierte en una de las causas principales de degradación ambiental local y en una seria amenaza a la salud de sus habitantes. Si los desechos sólidos son recolectados, su disposición final suele hacerse fuera de los perímetros urbanos. Si dicha disposición no se hace de acuerdo a técnicas adecuadas de ingeniería sanitaria, pueden trasladarse serios problemas ecológicos a la escala regional. Más, esta situación puede adquirir una connotación global cuando se trata de trasladar desechos tóxicos y peligrosos de un país a otro, o a veces de un continente a otro, en busca de instalaciones apropiadas para su tratamiento o simplemente de sitios para disponerlos sin mayores controles ambientales.

Con la anterior relación de problemas ambientales urbanos, cuyas consecuencias se manifiestan no sólo localmente sino en ámbitos mucho mayores hasta llegar a comprometer la vida de las especies a nivel planetario, se ha pretendido ilustrar someramente el impacto ecológico formidable que ha tenido el proceso de urbanización.

### ***Los impactos de la urbanización sobre la ecología humana***

Si ponemos la atención ahora sobre la ecología humana, definida usualmente como el estudio de las inter-relaciones dinámicas entre los individuos de una población y entre ésta y los componentes físicos, bióticos, sociales y culturales que conjuntamente constituyen el medio ambiente (Lawrence, 2001), puede decirse que la vida urbana ofrece una problemática muy compleja que es indispensable analizar antes de poder adentrarse en el tema de la urbanización sustentable. En este sentido se ha expuesto que: "La urbanización trae cambios fundamentales en la forma en que vive la gente, el número de personas que trata, los lugares en que trabaja y frecuentemente en la calidad del agua que beben, el aire que respiran y las viviendas en que moran" (World Resources Institute, 1996, p. 31). Y agregaría: en el entorno económico, cultural y político que la rodea. En lo que sigue pasaremos revista a esos diferentes aspectos o relacionamientos que se establecen en la ciudad entre la gente y su entorno y comentaremos acerca de sus posibles incidencias sobre la calidad de vida.

El primer aspecto que consideramos clave tiene que ver con los riesgos que el proceso de urbanización ha tenido para la salud de la población. El cambio de vida entre el medio rural y el urbano ha significado ventajas pero también desventajas en este contexto.

Cuando la gente habita en áreas rurales debe protegerse de factores bióticos y abióticos. Entre los primeros cabe suponer las agresiones de animales o de contaminantes basa-

les, que son aquellos que genera el medio natural sobre los individuos, representados por las enfermedades transmisibles por organismos vivos en forma directa, o a través de infecciones que causan daño a la salud. Los factores abióticos son aquellos originados en el medio físico en forma principalmente de catástrofes naturales tales como inclemencias climáticas, hidrológicas, deslizamientos geológicos y movimientos sísmicos, entre otros.

Todos estos factores, pero principalmente los bióticos, son determinantes principales de las tasas de morbilidad y mortalidad de la población en el medio rural, condicionados por la acción sanitaria que en él se desarrolle.

El proceso de urbanización ha tendido en general a modificar esta situación. Como las ciudades, al menos las de los países desarrollados aunque también en muchos países en desarrollo, suelen disponer de mejores servicios sanitarios que incluyen sobre todo agua potable, saneamiento y recolección y disposición de basuras, servicios que tienen una incidencia notable en la reducción de las enfermedades de origen infeccioso, la urbanización ha significado avances importantes en la salud de la población a través de la reducción de las tasas de morbilidad y mortalidad y, además, una disminución de las tasas de natalidad. De allí que se haya observado también una correlación positiva entre los niveles de urbanización de los países y la expectativa de vida al nacer de las personas (United Nations Centre for Human Settlements [Hábitat], 1996).

Además, la ciudad, con el congestionamiento que ella implícitamente conlleva y la miríada de problemas sociales concomitantes, la concentración de actividades productivas y la contaminación originada por diferentes fuentes, ha generado otra serie de factores de riesgo físicos y sociales para la salud y bienestar de la población. Estos factores de riesgo, además de los bióticos que persisten, especialmente en las zonas donde habita la población pobre, han producido modificaciones importantes en la ecología humana dentro de las ciudades, que deben ser consideradas desde la perspectiva del desarrollo sustentable.

#### *La contaminación en el medio urbano*

La contaminación atmosférica es un fenómeno casi propio de las ciudades y de los grandes complejos industriales suburbanos. Existen conurbaciones en el continente americano, como Ciudad de México, Santiago, São Paulo y Los Ángeles, que presentan severas condiciones de contaminación atmosférica. La contaminación del aire constituye un factor importante de riesgo físico para la salud de la población que se ha ido incrementando en la medida en que crecen las industrias y aumenta el tráfico vehicular sin adecuados controles. Este último es el caso de Caracas, donde la contaminación atmosférica es originada en una alta proporción por el transporte vehicular.

Los contaminantes atmosféricos más comunes son las partículas en suspensión producidas principalmente por la quema de combustibles fósiles en plantas termoeléctricas y motores de vehículos en malas condiciones; el dióxido de azufre  $SO_2$ , originado por la quema de combustibles (carbón y *gasoil*) con alto contenido de azufre; ozono (*smog*) a nivel de la superficie terrestre, que se forma cuando los óxidos de nitrógeno originados por la quema de combustibles reaccionan con los compuestos orgánicos volátiles, tales como la gasolina parcialmente quemada y las emanaciones de plomo provenientes de la quema de gasolina que contienen este aditivo. Estos contaminantes son causa de diversas enfermedades respi-

ratorias: bronquitis crónicas, asma, infecciones pulmonares y elevación de los niveles de plomo en la sangre, especialmente entre los niños, con graves consecuencias para su salud.

Pero la contaminación atmosférica no sólo afecta a la gente de las ciudades, sino que daña también los bosques periféricos, los sembradíos, la fauna y los edificios, incluyendo algunos que son monumentos históricos.

Cuando se estudia la epidemiología de las enfermedades del aparato respiratorio en el medio urbano, se encuentra que la morbilidad y mortalidad no sólo se relacionan con la calidad del aire en la atmósfera exterior, sino que tiene también una seria incidencia en los ambientes interiores, como consecuencia de los procesos de combustión y generación de humo dentro de las viviendas, donde suelen emplearse combustibles de mala calidad (leña, carbón vegetal, turba, etc.) para cocinar o calentarse. Estas situaciones originan infecciones respiratorias agudas, principalmente neumonías que causan anualmente la muerte de 4 millones de niños (World Resources Institute, 1996, p. 22).

Con el mejoramiento de los servicios de agua y cloacas en las ciudades, como antes se dijo, han disminuido los factores de riesgo a la salud de origen biótico. Sin embargo, esta situación persiste en aquellas barriadas pobres con carencia o deficiencia de estos servicios, como es tan común en muchas de las ciudades de Venezuela.

Los servicios deficientes de agua y cloacas constituyen la principal causa de enfermedades intestinales transmitidas a través de las heces. Las enfermedades de origen hídrico, por ser transmitidas por agua contaminada –a lo que contribuye la falta de cloacas– son las causantes de alrededor de 10% de la morbilidad en las zonas urbanas donde existen tales carencias. En Venezuela, por ejemplo, este tipo de enfermedades son las que tienen mayor incidencia en cuanto a morbilidad y constituyen la octava causa de muerte, considerando tanto la población urbana como la rural.

La carencia de plantas de tratamiento de efluentes, situación generalizada en los países en desarrollo, como es el caso de Venezuela, donde la mayor parte de sus ciudades carece de estas instalaciones, situación que también afecta a un tercio de la población de los países industrializados, está causando la contaminación de muchos cursos fluviales de donde se abastecen poblaciones con agua que no es de la calidad deseable, dañándose también la fauna y flora.

Las ciudades generan una cantidad considerable de desechos, que se incrementa en la medida en que mejoran las condiciones económicas de la población. La basura, si no es recogida y dispuesta de manera apropiada constituye otro riesgo físico-biótico importante que amenaza la salud.

La falta de buenos servicios de aseo urbano es causante de la mezcla de residuos domésticos con heces y por ende de suciedad asociada a la transmisión de diferentes enfermedades especialmente entre los niños, a través de la procreación de roedores, moscas y otros tipos de vectores. También suele ser motivo para que la gente descargue sus desperdicios en los drenajes naturales, originando nuevos factores físicos de riesgo para la población.

El manejo y la disposición de desechos tóxicos y peligrosos constituye otro de los problemas en pleno auge en las ciudades que se industrializan y no tienen sistemas apropiados para procesar este tipo de residuos. Todavía no se tienen buenos estudios epidemiológicos que permitan evaluar la peligrosidad de estas situaciones, que están proliferando y que pueden ser causantes de mayores incidencias de cáncer, enfermedades de la piel, abortos precoces, entre otras manifestaciones.

Existen otra serie de riesgos a la salud que son propios de la vida urbana, como son la exposición de los individuos a radiaciones ionizantes, enfermedades de tipo ocupacional, accidentes de tránsito y la contaminación de alimentos.

#### *Los desastres naturales*

Las condiciones fisiográficas de cada ciudad pueden determinar una serie de problemas ambientales y por ende de riesgo físico para la vida de sus habitantes. La vecindad a corrientes fluviales y la falta de previsión de pobladores que ocupan las planicies de inundación para emplazar sus viviendas y otras instalaciones, son causa frecuente de desastres que generan pérdidas de vidas humanas y materiales importantes. Otro tanto ocurre con la ocupación urbana de zonas con pendientes pronunciadas, inestables geológicamente, donde pueden producirse deslizamientos. Existe el riesgo también del emplazamiento de poblaciones en zonas bajas de mal drenaje o altamente sísmicas, sin que las construcciones se hagan tomando las previsiones del caso. Igual podemos señalar el caso de zonas costeras expuestas a maremotos, huracanes y ciclones.

#### *Los riesgos de carácter social*

La densificación humana propia de las ciudades, especialmente cuando no están equipadas de forma apropiada en cuanto a la calidad de las viviendas y sobre todo dotadas de buenos servicios de agua y saneamiento, salud, educación y seguridad pública generan otra serie de factores que pueden configurar riesgos adicionales de carácter social, a veces tanto o más graves que los riesgos físico-bióticos a los que antes se hizo referencia. Es el caso por ejemplo de las situaciones asociadas al desempleo y sus consecuencias sobre los niveles delictuales, alcoholismo, drogadicción y juegos de envite y azar, o la inseguridad pública que genera nuevos delitos como el narcotráfico, los secuestros y bandas juveniles. También la promiscuidad propia de las áreas marginales, con déficit de espacio habitacional, que dan oportunidad al embarazo precoz y la transmisión de enfermedades tales como el SIDA y la tuberculosis, entre otras. Todas estas situaciones significan nuevas amenazas y factores de perturbación psico-social para los individuos en las ciudades, que pasan a ser condicionantes importantes de la ecología humana.

La ocurrencia de todas las situaciones reseñadas está relacionada generalmente con el estatus económico de la población que habita en las ciudades. En otras palabras, la pobreza como fenómeno económico y de exclusión social y cultural aparece asociada a las peores situaciones de degradación de la ecología humana en las ciudades. Dicha apreciación es perfectamente constatable en el ámbito interurbano e intraurbano, cuando se hacen comparaciones entre ciudades con diferencias tangibles en sus niveles de riqueza.

Aquellas donde los ingresos medios de la población son mayores, por lo general disfrutan de condiciones de vida mejores y sus habitantes están expuestos a menores riesgos físicos, bióticos y sociales. Estos resultados son reflejo de mejores equipamientos físicos y de políticas públicas efectivas de prestación de servicios y de gestión ambiental, entre otros factores.

Así mismo, cuando se hacen comparaciones intraurbanas entre diferentes barrios de una misma ciudad se encuentra que aquellos en que vive la gente con estándar de vida más elevado generalmente presentan menores niveles de contaminación, tienen menos probabilidad de sufrir desastres naturales y registran riesgos más bajos de carácter social, contra-

riamente a lo que ocurre con la situación de los barrios donde vive la población de menores ingresos, aun dentro de las ciudades más prósperas del mundo industrializado. En estos últimos casos las diferencias son menores y hay ciudades en las que la población de bajos ingresos puede tener estándares de vida que pueden considerarse aceptables desde todo punto de vista. Pero en las ciudades del mundo en desarrollo, la panorámica generalmente es muy distinta. En el caso de América Latina y especialmente de Venezuela, el proceso de urbanización ha sido tan violento que ha resultado muy difícil acompasar el equipamiento infraestructural y de servicios y la construcción de viviendas adecuadas con el desarrollo de los nuevos barrios requeridos por la población de menores ingresos, que llega a las ciudades desde el campo en busca de mejores oportunidades.

La proliferación de los nuevos vecindarios o tugurios se hace las más de las veces en forma anárquica, invadiéndose los espacios que ofrecen condiciones fisiográficas menos apropiadas. Tratando la población de ubicarse a las distancias más cortas de los centros de trabajo, los nuevos barrios crecen frecuentemente adyacentes a zonas industriales generando riesgos ambientales adicionales.

Una manifestación concreta de estas situaciones que pueden presentarse dentro de una misma ciudad es que los índices de morbilidad y mortalidad también registran diferencias –que en algunos casos son apreciables– entre la población que vive en los barrios marginales y la que lo hace en las urbanizaciones de gente acomodada. Si esta situación afectase solamente a una proporción minoritaria de la población de las ciudades del Tercer Mundo podría decirse que a los fines de un desarrollo sustentable se está ante problemas serios, que pueden ser manejables aplicando las políticas de inversión social convencionales. Pero cuando se constata que en la mayoría de estas ciudades la proporción de población que habita en ambientes totalmente degradados supera el 30%, 40% o 50% y a veces más, se llega a la conclusión de que el problema de ecología humana que debe ser enfrentado es de grandes proporciones.

### ***El desarrollo urbano sustentable***

Planteada la urbanización como un complejo proceso con incidencias de todo tipo sobre la ecología humana y los ecosistemas, resulta casi obvio el que se formule como interrogante la factibilidad de lograr ciudades que –dentro de ortodoxas exigencias– pueda caberles el adjetivo de sustentables. En ese sentido, debemos comenzar por preguntarnos: ¿qué significación tiene el término sustentable en ese contexto?

En mi libro más reciente (Gabaldón, 2006), he expuesto que: “la ciudad sustentable es aquella que permite una elevación continua de la calidad de vida de sus habitantes, dentro de condiciones ecológicas aceptables en los ámbitos urbano, regional y global”.

Esta definición merece ser comentada, pues encierra aspectos que hay que abordar, de cara a la operacionalización del concepto.

En primer lugar, es necesario referirse al término “calidad de vida”. Algunos hasta han llegado a atribuirle una connotación ideológica a dicho término, lo cual en modo alguno tiene justificación. Pero, aunque el mismo puede resultar esquivo, siendo una acepción generalmente aceptada, es difícil negar que apunta a que se alcancen conjunto de condiciones que juntas o separadamente contribuyen al bienestar de las personas.

Por eso, en lugar de dedicarnos a filosofar sobre el sentido de la felicidad o a establecer exigencias espirituales o materiales, asociadas a una situación de bienestar humano y aun reconociendo que pueden existir factores culturales que relativizan dichas condiciones, consideramos aceptable suponer que la “calidad de vida” está estrechamente asociada a la posibilidad de acceder, al menos, a:

- el disfrute de la libertad,
- ingreso suficiente,
- condiciones de salud y nutrición aceptables,
- educación de buena calidad,
- condiciones apropiadas del hábitat físico-natural o calidad ambiental,
- disfrute de bienes y servicios culturales y recreacionales,
- igualdad de oportunidades,
- seguridad personal,
- oportunidades de participación,
- seguridad social.

Por lo tanto, aquellas ciudades que ofrecen a sus pobladores la posibilidad de acceder a los anteriores atributos, cabe decir con propiedad que disfrutan de “calidad de vida”. Sin embargo, ello constituye sólo una condición necesaria pero no suficiente para que puedan llevar el calificativo de sustentable. Para que esto último sea cierto se requiere además atender un segundo aspecto, y es que esas ciudades se encuentren en un estado de equilibrio ecológico con todos los ámbitos y no exclusivamente con el local, como se expuso en la segunda parte de la definición antes citada.

Dicho en otras palabras, existen ciudades que gozan de muy buena “calidad de vida” y que por ende deben ser sustentables social, económica y hasta políticamente, pero que, a través de sus múltiples relacionamientos, generan impactos ecológicos a nivel regional o global que las hacen insustentables en cuanto a esta dimensión del desarrollo. Este es el caso de muchas ciudades en el mundo industrializado, desde donde se generan desechos y emisiones que contaminan su ámbito regional o que son contribuyentes a fenómenos de degradación global tales como la destrucción de la capa de ozono o el fenómeno de calentamiento global.

Visto el asunto desde esta óptica, la pregunta que cabe formular es: ¿cómo lograr las condiciones que permitan alcanzar la sustentabilidad ecológica de las ciudades?

Al respecto vale decir que esta es una empresa que puede ser considerablemente dificultosa. En efecto, no se trata sólo de adelantar un programa de gestión ambiental para controlar la contaminación y asegurar parámetros de calidad del entorno aceptables para la colectividad local, sino que hay que encarar aspectos implícitos en los propios estilos de vida de la gente. Me refiero sobre todo a los patrones de consumo y producción, lo que nos lleva a su vez a tener que abordar la problemática tecnológica envuelta en cada uno de estos aspectos.

## Algunos rasgos relevantes del proceso de urbanización en Venezuela desde la perspectiva de la sustentabilidad

Después de pasar revista a los múltiples tipos de impactos ecológicos que históricamente ha generado la urbanización en diferentes lugares del planeta, es conveniente hacer algunas referencias a cómo se ha adelantado este proceso en Venezuela y cuáles son sus consecuencias en términos de la sustentabilidad urbana. No es nuestro propósito hacer una crónica o análisis acerca de cómo se realizó el poblamiento durante el período colonial y con posterioridad a la independencia, ni a qué se debió su distribución espacial, lo cual puede ser de gran interés desde la perspectiva geográfica y ecológica. Sobre esto existe una extensa e ilustrada bibliografía, pero además rebasaría el ámbito del estudio. Lo que se pretende es destacar aquellos hitos y rasgos importantes del proceso que nos aporten elementos para reflexionar sobre la posibilidad de encarar favorablemente en el futuro el compromiso de lograr un urbanismo que pueda llevar el calificativo de sustentable.

La posibilidad de alcanzar una mejor calidad de vida en las ciudades del país está condicionada muy seriamente por los tremendos déficit de infraestructura física e institucional que ha generado el violento proceso de urbanización adelantado hasta ahora y por el crecimiento demográfico futuro. A estos dos puntos nos referiremos seguidamente.

En Venezuela, durante el siglo XX, hubo un proceso de urbanización que tiene características especiales cuando se compara con otras naciones del continente y del resto del mundo. Para 1920 el país tenía una población total de 2.363.000 habitantes (INE, 2006). De esa cifra, sólo 21,5% se consideraba como población urbana, viviendo el resto esparcida en el medio rural y en pequeños asentamientos humanos menores de 2.500 habitantes. Cabe destacar que durante las décadas precedentes la tasa de crecimiento demográfico fue muy baja, por lo que la población total aumentaba apenas lentamente.

Es de señalar también que para esa época nuestras ciudades y centros poblados, como era propio de un país muy pobre y atrasado, presentaban numerosas carencias en cuanto a la infraestructura urbanística, la calidad de las viviendas y la dotación de los más elementales servicios. Sin embargo, su inserción en el medio físico-natural se había logrado sin generar impactos ecológicos mayores.

Durante la década de 1920 se inicia la explotación petrolera en Venezuela, que desencadenó múltiples cambios en muchos aspectos del patrón de desarrollo económico y territorial anterior. Uno de ellos fue el intenso proceso de migración rural-urbano, en primer lugar hacia las poblaciones aledañas a las explotaciones petroleras, en busca de mejores oportunidades laborales, posteriormente, el movimiento migratorio fue llegando a la capital de la república y a las estatales, que empezaban a percibir una mayor renta fiscal orientada a la inversión y al gasto.

Concomitantemente, las disponibilidades fiscales más elevadas, permitieron la ampliación de los servicios de salud y por ende empezó a registrarse una leve disminución de la tasa de mortalidad. Esto se hizo especialmente patente a partir de 1936, con el advenimiento de la democracia postgomecista, que le asignó alta prioridad a la política de salud. La repercusión de dicho proceso fue tan intensa que ya para 1941 (Censo Nacional de Población, 1941) el número de habitantes de Venezuela había llegado a los 3.851.000 y la proporción de población urbana a 31,3%. Esta última cifra, si bien nos colocaba todavía en la condición de país fundamentalmente rural y atrasado, tiene valor como punto referencial de la intensa dinámica poblacional iniciada a partir de esa década.

En adelante, pero especialmente a partir de la década de los cuarenta, lo que se desató fue un acelerado proceso de urbanización, motivado por la percepción de una renta petrolera sin precedente que se distribuía territorialmente y una mejora notable de los índices de salud. En relación con este último aspecto, si bien se ha ido moderando a lo largo de los años la tasa de fertilidad, la de mortalidad registró una caída dramática, con un aumento considerable de la expectativa de vida. Se cumplía así otra relación que generalmente acompaña los procesos de urbanización, esto es, que en la medida en que un mayor porcentaje de la gente vive en ciudades, donde generalmente hay mejores condiciones sanitarias, va aumentando la expectativa de vida al nacer de toda la población del país. En efecto, para 1940 la esperanza de vida era aproximadamente de 35 años y ésta fue rápidamente aumentando, hasta llegar a 73,7 años en el año 2002 (INE), lo cual nos ubica en la categoría de países socialmente avanzados.

La tasa anual de crecimiento demográfico que llegó a alcanzar valores máximos de 3,84 % en 1960, ha ido disminuyendo hasta llegar a 1,9 % durante el período 2000-2005, siguiendo el patrón conocido de transición demográfica, propio de sociedades mejor educadas, especialmente de las mujeres (gráfico 1).

Por otra parte, en el cuadro 1 se muestran las tasas interanuales de urbanización y la evolución demográfica del país durante el periodo 1940-2005. En 65 años Venezuela pasó de ser un país rural, donde sus áreas urbanas sólo albergaban el 31,3% de la población, a ser otro altamente urbanizado, donde para 2005, 86,9% de sus habitantes vivía en ciudades.

En el gráfico 2 se muestran dos curvas: una con las tasas de urbanización registradas y la otra con la evolución de la población total a lo largo del tiempo. El examen de la primera curva permite apreciar gráficamente cómo se ha cumplido el clásico patrón de curva "S", propio de los procesos de urbanización: al principio un ritmo lento, luego un período de elevadas tasas, para luego gradualmente ir amainando el ritmo, hasta el momento en que prácticamente la totalidad de la población puede considerarse urbana. Sin embargo, al apreciar la curva de población se puede ver como ésta ha ido creciendo a una tasa que si bien ha amornado en los últimos años, todavía muestra una fuerte inercia que la mantendrá en aumen-

Gráfico 1  
Evolución de la Tasa de Crecimiento Vegetativo en Venezuela



Fuente: Elaboración propia. Datos INE.

to por varias décadas más. Las proyecciones elaboradas por el INE señalan una población de 34.775.000 para el año 2025.

Desde el punto de vista del crecimiento futuro de las ciudades, aspecto que interesa especialmente, esta última situación tendrá consecuencias muy importantes. En efecto, aun cuando es cierto que la tasa de urbanización se ha reducido de manera muy apreciable, pues casi ha cesado el éxodo rural-urbano, estabilizándose la población que vive en los campos y pequeños centros poblados, la población urbana continuará creciendo en promedio al ritmo vegetativo.

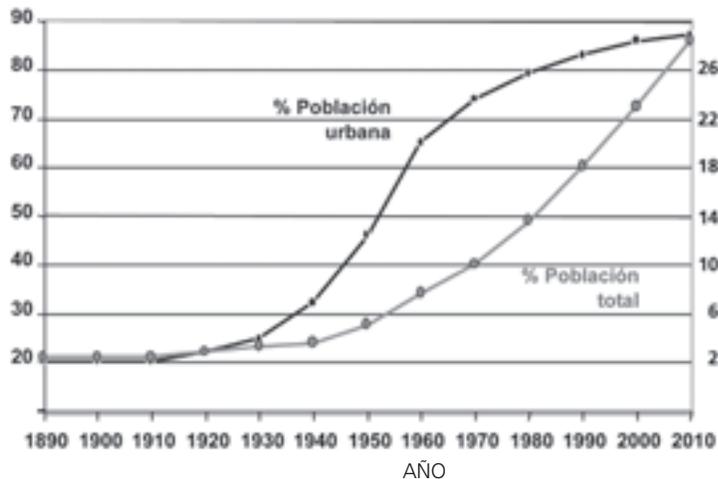
Vale señalar que, no obstante el elevado nivel de urbanización alcanzado por Venezuela, su tasa de crecimiento vegetativo se mantiene todavía en valores altos, que no se corresponden con los primeros, cuando se hacen comparaciones internacionales (Lattes, 2000). Esto hace que,

Cuadro 1  
Tasas interanuales  
de urbanización en Venezuela

Año	Tasa interanual
1950-1955	6,92
1955-1960	6,39
1960-1965	5,36
1965-1970	4,71
1970-1975	4,58
1975-1980	4,34
1980-1985	3,38
1985-1990	3,11
1990-1995	3,17
1995-2000	2,72
2000-2005	2,33

Fuente: United Nations Population Division, 2005.

Gráfico 2  
Población total y  
porcentaje  
de Población urbana  
en Venezuela



Fuente: Elaboración propia. Datos INE.

por ejemplo, a Uruguay, que tiene un nivel de urbanización similar al nuestro, le tome unos 70 años duplicar su población, mientras que la nuestra puede hacerlo en 29 años.

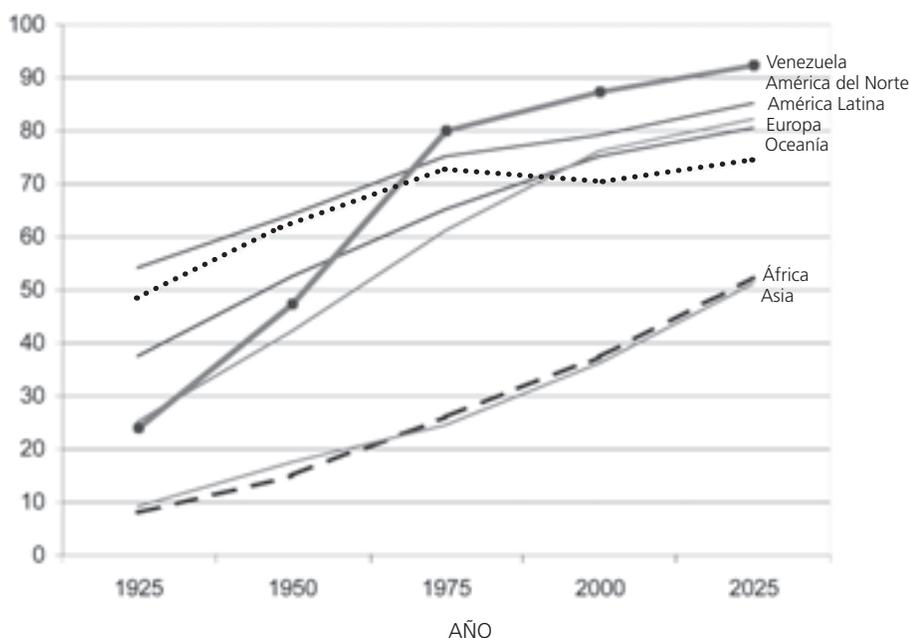
Si tomamos en cuenta que el tamaño estimado de la población para el año 2005 fue de 26.488.000 habitantes, ello indica que en los años venideros ésta sufrirá un aumento anual que puede estar en el orden de los 400.000 habitantes. Suponiendo una composición del núcleo familiar promedio de 4,4 personas, se puede inferir que sólo en términos de nuevas viviendas se requerirá construir alrededor de 90.000 unidades anuales. Esto significa que habrá que hacer un esfuerzo muy importante, solamente para darle infraestructura urbanística, viviendas y servicios apropiados al incremento poblacional anual.

Para que se aprecie la intensidad del proceso de urbanización que ha ocurrido en el país, que le da características tan especiales, procede hacer algunas comparaciones en el ámbito internacional. En el gráfico 3 se han dibujado las curvas con los porcentajes promedios de urbanización durante el periodo 1925-2025, para cada uno de los continentes, separándose los de América en: Norte y América Latina. Además se han incorporado los porcentajes de urbanización de Venezuela, para los mismos años (United Nations Population Division, 2006).

A partir del examen del gráfico 3 se pueden formular los siguientes comentarios:

- América del Norte, Europa y Oceanía tenían para 1925 niveles de urbanización promedio entre 40% y 50%, mientras que América Latina registraba un nivel de 25%. Esto último, no obstante, que existían países como Uruguay, Argentina y Chile que habían alcanzado valores más elevados de urbanización que el promedio de la región para la época.
- Asia y África eran los continentes menos urbanizados para 1925, con valores que rondaban por debajo del 10%. Este rezago se mantiene y para el año 2000 el nivel promedio de urbanización de ambos continentes es de alrededor de 50%.

Gráfico 3  
Porcentaje (%) de Población Urbana en los Continentes y en Venezuela



Fuente: United Nations Population Division, 2006.

- América Latina es el continente que sufre un proceso de urbanización más acelerado, pasando de 25% en 1925 a 75,3% para el año 2000, con lo cual alcanza un nivel de urbanización similar a los de América del Norte y Europa.
- Venezuela, que para 1925 tenía un nivel de urbanización ligeramente inferior al promedio de su región, se dispara a partir de 1940 con una tasa de urbanización superior a las registradas en cualquier otro de los continentes. Para el año 2005 su nivel de urbanización llegó a 86,9%, superando así todos los valores continentales promedio alcanzados para la época. Es de señalar, no obstante, que para el mismo año, Uruguay y Argentina superaban por algunos puntos dicha cifra (91,2% y 89,9%, respectivamente), siendo estos dos los máximos valores de urbanización registrados en la América Latina.

Por otra parte, cuando se analiza más detenidamente el proceso de urbanización que ha tenido Venezuela a nivel de las principales ciudades, se encuentra que éstas estuvieron creciendo después de 1940 a tasas que por lo elevadas resultaban inmanejables durante algunos periodos (ver cuadro 2). Por ejemplo, Caracas llegó a crecer al 10,8% anual entre 1940 y 1950. Durante esa misma década, Barquisimeto creció al 10,0% anual, Maracaibo al 9,8%, Maracay al 12,0% y Valencia al 8,2%. Estas tasas se fueron reduciendo paulatinamente con el paso de los años, pero todavía para el periodo 2000-2005 todas estas ciudades, con excepción de Caracas, crecían a tasas superiores al 2,0%, lo cual se considera un valor muy elevado. Otro tanto ocurrió más tarde en ciudades de tamaño intermedio como Puerto La Cruz-Barcelona, Ciudad Guayana, Maturín, San Cristóbal, Mérida, Punto Fijo y otras tantas.

Ahora bien, ¿qué ha significado este proceso en cuanto a la calidad de vida urbana y el aumento de los impactos ecológicos? Lo más visible ha sido el acelerado crecimiento demográfico de las ciudades, que ha desbordado las posibilidades económicas y técnicas del país, tanto públicas como privadas, para dotarlas de una infraestructura física y de servicios apropiados y poder adelantar un proceso urbanístico ordenado, no obstante las cuantiosas inversiones que hay que reconocer se han hecho. Especialmente grave ha sido la incapacidad material e institucional para albergar dignamente a la población pobre.

Cuadro 2  
Tasas de urbanización en principales ciudades venezolanas (%)

	1940 - 1950	1950 - 1955	1955 - 1960	1960 - 1965	1965 - 1970	1970 - 1975	1975 - 1980	1980 - 1985	1985 - 1990	1990 - 1995	1995 - 2000	2000 - 2005
Caracas	10,78	6,61	6,60	4,94	4,69	2,66	1,91	0,90	0,54	0,35	0,33	0,33
Barquisimeto	9,96	6,37	6,40	5,12	4,85	4,34	4,18	2,69	2,18	2,21	2,19	2,19
Maracaibo	9,80	5,88	5,81	4,39	4,14	3,42	3,16	3,39	3,47	3,47	3,46	3,47
Maracay	12,03	6,51	6,60	6,85	6,85	5,79	5,32	3,49	2,86	2,83	2,87	2,84
Valencia	8,23	6,06	5,88	7,18	7,39	5,88	5,33	5,31	5,30	5,30	5,30	5,30

Fuente: Elaboración propia y United Nations World Urbanization Prospects, 2006.

Los nuevos asentamientos de la gente humilde han surgido descapitalizados y por lo general contruidos anárquicamente en terrenos invadidos, muchos de los cuales están expuestos a desastres naturales. Las viviendas han sido en su mayor parte contruidas con materiales precarios y participación directa de las familias que las habitan.

Esta situación, motivada en gran parte por las elevadas tasas de urbanización, se ha visto agravada por la crisis económica que ha afectado a Venezuela durante los últimos 25 años. En este lapso han disminuido considerablemente las inversiones públicas en infraestructura urbana y en mantenimiento de instalaciones. ¿Cuáles son las consecuencias y manifestaciones tangibles de este proceso acelerado de urbanización, desde la perspectiva de la calidad de vida en las ciudades y de su funcionamiento ecológico? En Venezuela han sido las siguientes:

- La mayor parte de las ciudades han crecido sin disponer de capacidad fiscal directa o de recursos del erario nacional o privado suficientes, para atender las demandas de un buen urbanismo. Esto ha sido especialmente notorio en la atención a los barrios pobres.
- Su crecimiento ha sido por lo general desordenado, con un urbanismo de baja calidad, donde se destaca, entre otros aspectos, la mala planificación del uso de la tierra y ejecución de las redes viales, con deficientes servicios de transporte público urbano, razones por las cuales las ciudades se mantienen generalmente congestionadas y contaminadas por el tránsito vehicular. Además, el pobre equipamiento edilicio y de espacios públicos y zonas verdes para socializar les merman belleza estética y las hacen menos humanas. Por otra parte, suelen ser ostensibles las fallas de los servicios de salud y educación, en cuanto a su dotación física y a la calidad de su prestación.
- Los servicios de red, como los de agua potable, cloacas y alcantarillado, frecuentemente son discontinuos, deficitarios o inexistentes, especialmente en el caso de apropiados sistemas de drenaje urbanos.
- Los servicios de electricidad sufren interrupciones recurrentes, muy incómodas para la población en general y altamente dañinas para el aparato productivo. Los de gas son mayormente inexistentes, a pesar de la rica dotación de este tipo de hidrocarburos con que cuenta el país. A ello se agrega por lo general, entre otras muchas carencias, la baja calidad de los servicios de aseo urbano y domiciliario, con consecuencias ambientales muy serias para la salud de los habitantes.
- La ausencia de una adecuada planificación urbana genera comúnmente patrones de ocupación del espacio donde destacan la proliferación de áreas con bajas densidades poblacionales, encareciéndose la dotación de servicios y sacrificando frecuentemente suelos agrícolas de calidad. Así mismo, se suele dar una mezcla inconveniente de usos del suelo. Por ejemplo, en aquellas ciudades que han logrado el surgimiento de alguna zona industrial, la situación con relación a los usos del suelo, agravadas por las invasiones fortuitas para albergar a la gente humilde en sitios vecinos al trabajo, han contribuido a conformar condiciones ambientales muy degradadas, altamente nocivas para la población. Las áreas de urbanismo informal, donde vive preferentemente la gente pobre, son porcentualmente mayores en superficie ocupada y población que aquellas donde prevalece un cierto ordenamiento físico. Pero lo más grave es que son estos barrios los que presentan las viviendas en peores condiciones y los mayores déficit de infraestructura y servicios.

Al cuadro anteriormente dibujado, con trazos muy gruesos y al cual deben todavía incorporarse muchos otros factores que conspiran contra la calidad de vida y la ecología, debe agregarse una de las peores secuelas que ha traído el proceso explosivo de urbanización y el consiguiente aumento de la pobreza en las ciudades. Se trata del incremento de los índices delictivos y la inseguridad personal. Este grave fenómeno no deja estrato social indemne, aun cuando suele afectar con mayor intensidad a la población que reside en los barrios marginales. Como resultado, la vida urbana se hace cada vez más insegura, por lo cual los sectores pudientes toman sus propias previsiones, que además de representar deseconomías, van segmentando las ciudades en pequeños *ghettos* o fortalezas privadas.

### ***Propuestas para enfrentar el reto de la urbanización sustentable en Venezuela***

Por todas las razones expuestas, el mejoramiento sustentable de la calidad de vida en las ciudades debe constituirse actualmente en objetivo prioritario de la sociedad venezolana. No sólo porque es un derecho de los ciudadanos sino un requisito para la superación social de la mayoría que vive en ellas, que está sufriendo las consecuencias de un violento proceso de urbanización. Además, porque ello implica echar las bases para una prosperidad sólida en las ciudades, indispensable para su progreso.

Por estos motivos estamos urgidos de formular una política nacional de urbanización sustentable que sea el resultado de un amplio consenso, para que reciba el apoyo político deseable y pueda constituirse en marco de referencia de otras múltiples actuaciones del Estado y de la sociedad venezolana. Entre éstas, por ejemplo, la lucha contra la pobreza seguramente encontrará en los ámbitos urbanos uno de los respaldos más efectivos.

Se propone que la política nacional de urbanización sustentable le dé prioridad a las siguientes áreas programáticas.

#### *Planificación para la sustentabilidad*

Alcanzar la sustentabilidad urbana exigirá nuevos enfoques de planificación. El perfil de esa planificación a la escala de cada ciudad, deberá ser el siguiente:

- Integral. La planificación urbana tradicional orientada mayormente a los aspectos físico-espaciales, diseño de redes viales, determinación de necesidades de equipamiento y a la elaboración de planes de uso de la tierra deberá sufrir una transformación para incorporar los aspectos sociales y económicos en forma prioritaria. La sustentabilidad del desarrollo urbano que se desea hay que alcanzarla en la triple dimensión: social, económica y ecológica (Canadian Institute of Planners, 2006). Aun cuando teóricamente existe una planificación a nivel nacional, que debe perseguir objetivos de ordenación territorial, para las alcaldías resulta indispensable disponer localmente de instrumentos integrales que con suficiente detalle y anticipación les indiquen la gama de iniciativas de distinto tipo que demanda la urbanización sustentable, entre las cuales las de carácter social obviamente tienen gran importancia en Venezuela.
- Altamente participativa. Otra característica distintiva de esta planificación es que ha de ser eminentemente participativa. La Ley Orgánica de Ordenación Urbanística hace mandatoria la celebración de consultas públicas para someter a consideración los proyectos de planes urbanos. Pero las más de las veces estas consultas son sólo remedo de un proceso participativo. La participación debe realizarse desde la fase de los diagnósti-

cos urbanos, para convalidarlos, tomando parte múltiples actores sociales que hay que identificar previamente. En el caso de los barrios pobres hay que inducir la participación de los líderes comunales y de organismos de participación social que son generalmente los que disponen de mayor conocimiento sobre los problemas más acuciantes. La académica es una de las comunidades que es indispensable que participe más. En la actualidad existen universidades o núcleos de educación superior en la mayor parte de las ciudades mayores de 50.000 habitantes. Los miembros de esa comunidad, independientemente de sus profesiones y áreas de trabajo, deben tener entre sus responsabilidades sociales la de preocuparse por la calidad de vida de las ciudades que habitan. De ellos se debe esperar una participación mucho más activa y educada a la hora de hacer planes para el futuro. Otra colectividad que debe hacerse presente es la de industriales y comerciantes, responsables de motorizar una parte importante de la actividad económica. En fin, deben estar representados todos los sectores motores o protagonistas de la vida social y económica.

- Técnica. Es una planificación de mediano y largo plazo con una amplia base técnica, que demanda de equipos profesionales bien entrenados y dotados de todo el instrumental necesario. El urbanismo que se planifique debe ser de calidad, respetando y dándole vitalidad a los cascos urbanos de valor histórico, favoreciendo la densificación, evitando la dispersión urbana, pero previendo seriamente la expansión inevitable de la ciudad, considerando la integración de usos del suelo con fundamento en valores ecológicos, anticipando una red vial bien diseñada y proporcionada, y conservando los monumentos o edificaciones históricas, los cuales constituyen la “memoria de las ciudades” (Timers and Seymoar, 2004), entre otros muchos aspectos.
- Privilegia las alianzas. Las amplias transformaciones urbanas necesarias por lo general solamente son realizables a través de alianzas o asociaciones entre entes de distinta naturaleza. Alianzas entre organismos públicos nacionales, estatales o locales para acometer determinadas obras o para ampliar los servicios. Alianzas entre entes públicos y de la iniciativa privada para determinados fines. Y la promoción de asociaciones entre entidades privadas para desarrollar variadas iniciativas. La concertación de tales alianzas debe hacerse desde la fase de formulación de los planes, pues esa es una manera de asegurar su cumplimiento.
- Se preocupa del seguimiento de los planes. Dicha planificación hay que visualizarla como una actividad permanente que se confunde con la gestión urbana cotidiana. Es muy importante entonces el seguimiento de los planes para ver en qué medida el desarrollo urbano se aproxima a los objetivos deseables. Esta actividad demanda una atención permanente de los instrumentos que pueden aplicarse para corregir las desviaciones.
- Le asigna alto valor a los aspectos ecológicos. Es una planificación que tiene una sustentación ecológica muy clara y, por lo tanto, estos aspectos le merecen una atención muy especial, no solamente en lo que se refiere a la conservación de la naturaleza sino en la propia ecología humana tan afectada por los patrones de producción y problemas propios de la vida urbana. Un aspecto muy importante en este contexto es la planificación que se haga en lo que respecta a la incorporación de nuevas tierras para satisfacer la expansión urbana. Hay que orientar este proceso de manera inteligente. Siempre habrá

necesidad de hacer estas previsiones pero dichas áreas deben ser seleccionadas con criterio ecológico en su sentido más amplio.

- Demanda buena información. La planificación para la sustentabilidad exige disponer de buena información social, económica y físico-natural. Resulta muy necesario contar con buenas bases de datos demográficas, empleo, ingreso, y actividades económicas, entre otras. Así mismo, con sistemas de información geográfica con la caracterización del entorno de la forma mas precisa posible, los usos del suelo, las zonas vulnerables a los desastres naturales, etc.

En el contexto de la planificación, vale un alerta. Ella se considera indispensable para la realización exitosa de cualquier emprendimiento urbano. Ahora bien, no debe conferírsele el carácter de panacea. Esto es especialmente procedente cuando se trabaja con ciudades que padecen de un alto porcentaje de informalidad, como son las nuestras, donde la aplicación de las normativas urbanísticas puede ser prácticamente nula en sectores geográficamente muy extensos.

La transformación de los ambientes degradados propios de estas barriadas no se logra con la aplicación de los instrumentos convencionales de urbanismo, sino generalmente con intervenciones físicas directas y con la colaboración de las comunidades. Sin embargo, para tener éxito en esto último también se requiere una planificación que si bien se sale de los carabones convencionales, no por eso deja de ser un ejercicio de creativa previsión.

Finalmente hay que fijarse como meta que todas nuestras ciudades mayores de 10.000 habitantes deben estar dotadas de una unidad de planificación y gestión urbana, dentro de las características técnicas arriba señaladas. Dichas unidades no pueden sucumbir a la rutina burocrática implícita en la permisería urbana. Esta es una actividad que deben cumplir con acierto y honestidad. Pero su principal misión es ocuparse de cómo transformar en sostenibles a sus ciudades y cómo lograr que en ellas se eleve la calidad de vida. De lo contrario su actuación será un fracaso. Así mismo, conviene considerar en cada ciudad la creación de consejos asesores de planificación. Estos entes, además de ofrecer un espacio propicio a la participación de una gama amplia de actores provenientes de los sectores público, privado y social, suelen ser un medio efectivo para generar consensos sobre sus objetivos y las estrategias para alcanzarlos.

#### *Fortalecimiento de los gobiernos municipales*

De las distintas instancias de gobierno, la más llamada a ser la responsable de la urbanización sustentable es la municipal. Lamentablemente, salvo raras excepciones, eso no es así en Venezuela, por una serie de razones históricas, entre las cuales ha tenido mucho peso el recio centralismo de los gobiernos. Esta situación deberá ser revertida para que se pueda tener éxito en dicha empresa.

Hay que hacer un esfuerzo nacional masivo para elevar la calidad administrativa y técnica de las alcaldías. El gobierno central, a través de organismos como el Ministerio de Planificación y Desarrollo, Fundacomun, instituciones como el IESA y Cendes y algunas de las universidades nacionales, entre otros, debería esmerarse en la instrumentación de un programa de mejoramiento profesional de la burocracia municipal. Particular atención hay que poner en la formación de planificadores urbanos, consustanciados con las exigencias de la

sustentabilidad. Existen facultades de arquitectura y urbanismo en el país preparadas para dar este tipo de formación.

Es conveniente organizar un servicio permanente de asesoría técnica a las alcaldías, para apoyarlas en la solución de problemas específicos: transporte, aseo urbano, recaudación fiscal, diseño urbanístico, seguridad pública y formulación de ordenanzas, entre otros múltiples aspectos. También se requiere que se les dé apoyo para que sean dotadas del equipamiento informático necesario, sistemas de información geográfica, estaciones de monitoreo de la calidad ambiental, entre otros indispensables para la planificación y para ejercer el gobierno en red o virtual, y coordinar los servicios de seguridad y defensa civil.

#### *El financiamiento de la urbanización sustentable*

Uno de los limitantes más serios de la urbanización sustentable es la disponibilidad de recursos económicos suficientes para poder atender la demanda de inversión necesaria. Esta situación es particularmente grave en los países en desarrollo, como Venezuela, donde el proceso de urbanización ha sido tan violento.

Las exigencias de capital para estos fines son de tal magnitud que hay que tratar de maximizar tanto las aportaciones de la iniciativa privada como del sector público. Se estima que un país en desarrollo no debería invertir en infraestructura urbana menos de entre 3% y 5% del PIB (China Peoples Republic, 2005).

Con respecto a la iniciativa privada, a nivel individual o de las empresas, sobre ella recae un volumen muy importante de la inversión en las ciudades cuando se contabilizan las obras de urbanismo formales o informales, viviendas y edificios para distintos propósitos. Por ejemplo, en Venezuela el sector privado informal fue el que más viviendas construyó (972.360 unidades) durante el período 1990-2001 (Censo Nacional de Vivienda, 2001). Lo que ocurre es que este inmenso potencial económico y de creatividad debe ser estimulado con las políticas públicas apropiadas, sobre todo generando un clima propicio a la inversión y a la generación de empleos productivos, que es lo que a fin de cuentas pesa más en la creación de la prosperidad necesaria al urbanismo sustentable.

Además, el Estado, en un rol eminentemente facilitador, puede crear condiciones favorables a la inversión a nivel local, apoyando la iniciativa privada a través de la construcción de obras de infraestructura convenientes, asegurando la prestación de servicios como los de agua, electricidad, seguridad, etc; dando seguridad jurídica y otorgando los estímulos fiscales adecuados, entre otras medidas.

En cuanto al sector público, la generación de fondos para costear los equipamientos urbanísticos demanda recurrir a todas las diferentes fuentes existentes.

#### *Techo para todos*

Otro de los grandes compromisos que tiene la urbanización sustentable es poder adecuar la oferta de viviendas a la creciente demanda que genera un proceso acelerado de crecimiento vegetativo de la población. En Venezuela, esta es una competencia que se ha venido resolviendo desfavorablemente para los ciudadanos, incrementándose todos los años el pasivo social constituido por familias apiñadas en una vivienda, a veces construidas con materiales precarios o carentes de los servicios sanitarios básicos.

No ha existido una política de vivienda que haya tenido continuidad en el tiempo. Ésta debe asegurar el financiamiento suficiente para todas las familias con suficiente capacidad de pago, que lamentablemente son las menos, pues no alcanzan a 20%. Para el resto de las familias, el Régimen Prestacional de Vivienda y Hábitat debe prever el otorgamiento de subsidios directos para compensar su capacidad de pago, de manera que puedan adquirir, construir o remodelar por iniciativa propia sus habitaciones. Por esta última vía es posible mejorar una gran cantidad de viviendas precarias y llevarlas a condiciones verdaderamente aceptables. Por supuesto, el sistema de financiamiento habitacional debe también considerar el crédito a los constructores que edifican urbanismo formal y viviendas. Pero todas las nuevas unidades habitacionales que se construyan o las que se renueven en las barriadas humildes por iniciativa individual deben obedecer a planes de urbanismo bien concebidos. Así mismo, se deben implementar programas de titularización para los invasores de terrenos públicos y privados.

Un aspecto en el que se aprecia claramente la incapacidad institucional pública es el de la oferta suficiente de terrenos urbanizables en las ciudades. Éste ha sido un mal crónico en el país a nivel municipal. No obstante, creemos que ello es perfectamente subsanable si se formulan los programas adecuados. El antiguo Fondo Nacional de Desarrollo Urbano fue creado con ese propósito pero la falta de comprensión de algunos de sus administradores hizo que se desviase de su función fundamental, convirtiéndose en un organismo más de financiamiento y construcción habitacional.

Finalmente, cabe decir que en el país han sido bastante estudiados los problemas del sector habitacional. Existe una buena bibliografía al respecto, por ejemplo: Bolívar, 2000; Baldó y Villanueva, 2000; Cilento, 1999; Linares, 2006; Flores de Gabaldón, 2006, entre otras; también se han producido experiencias muy exitosas en cuanto a construcción de obras de urbanismo y viviendas y existe un sector de la construcción formal que, debidamente aprovechado, podría hacer una contribución notable a la solución de este gravísimo problema. Su solución será fundamental para la sustentabilidad social de nuestras ciudades.

#### *Mejorar el equipamiento de los barrios pobres*

La otra gran batalla que se está perdiendo en la mayor parte de los países en desarrollo y por supuesto también en Venezuela es la de lograr un hábitat sustentable en las barriadas pobres. La magnitud del problema parece rebasar la capacidad de las instituciones responsables de atender esta situación. Difícilmente podrá hablarse de ciudades sustentables cuando una proporción importante de su población suele habitar en condiciones degradadas ambientalmente. De allí la importancia de arbitrar programas susceptibles de ir resolviendo con celeridad las carencias de viviendas, de servicios sanitarios, salud, educación y seguridad, a lo cual nos referimos en el punto anterior.

En este campo también se han logrado ciertos éxitos a escala puntual en Venezuela y otros países culturalmente similares, que hay que analizar con el propósito de aprovecharlos y poder reproducirlos a gran escala. Al estudiar esas experiencias generalmente se encuentra que las propias comunidades beneficiadas han jugado un rol fundamental, tanto en la planificación como en su ejecución. También se ha visto que se requiere tener acceso a una cantidad de recursos financieros suficientes para estos menesteres, que generalmente no están disponibles o no existen las instituciones capaces de administrarlos con honestidad

y eficiencia. Estos deberían ser por lo tanto otros puntos de partida a tener muy presentes para acometer este tipo de programas.

#### *La sustentabilidad ecológica*

Lograr que una ciudad sea ecológicamente sustentable en el sentido amplio del término constituye una empresa altamente compleja, como antes se tuvo la oportunidad de exponer. Eso no obsta para que en tal sentido se trate de instrumentar todas las iniciativas técnicas, sociales y financieramente viables. Por supuesto que un primer paso elemental es asegurarle a la población, y especialmente a la más pobre, tres servicios que son indispensables para empezar a aproximarse a dicho objetivo: agua potable continua y de buena calidad a nivel domiciliario, captación y tratamiento de aguas servidas y recolección de basura, limpieza urbana y disposición final de desechos.

Otro aspecto central es el relacionado con la provisión de espacios verdes: parques con árboles que den sombra, lo cual es muy necesario en el trópico para paliar el rigor del clima, plazas y otros espacios para socializar, canchas deportivas, cinturones verdes y jardinería bien diseñada y mantenida. Las ciudades, por humildes que sean, se enriquecen y se hacen más vivibles y estéticamente atractivas cuando existe profusión de espacios públicos y áreas verdes bien conservadas. El apego a la naturaleza comienza mediante su disfrute a través del contacto directo.

Los desastres naturales a escala urbana se han convertido en el origen de todo tipo de calamidades sociales. Este es un aspecto generalmente desatendido a escala preventiva y por lo tanto merece una atención cuidadosa.

Yendo más a fondo en la problemática ecológica hay que preocuparse por los grandes problemas del desarrollo urbano y la calidad ambiental. En primer lugar, con relación a patrones de vida y de producción, ecológicamente apropiados, con consumos austeros de agua y energía y congruentes con el estadio de desarrollo nacional y de baja intensidad en cuanto a los impactos ambientales generados.

Segundo, el control de la contaminación desde todas sus fuentes y manifestaciones y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en su alrededor: bosques, suelos, agua y fauna silvestre, entre otros. El suelo nuevo que se urbanice no puede ser a expensas de las tierras agrícolas de mejor calidad, pues Venezuela no es rica en este recurso.

La gestión ambiental urbana debe ser responsabilidad tanto pública como privada pero de parte del sector público es conveniente la existencia en cada ciudad de una unidad que se encargue de velar por dicha gestión.

La política de sustentabilidad urbana debe estar encuadrada dentro de las estrategias y directrices de la ordenación territorial, en la búsqueda de un país territorialmente más equilibrado, donde su desarrollo físico y espacial esté en armonía con los valores ecológicos. Ello supone privilegiar la planificación regional para el surgimiento de polos de desarrollo y sistemas de ciudades bien estructuradas.

#### *Una política de población*

Cuando hablamos del intenso proceso de urbanización en Venezuela, que ha traído como consecuencia una preocupante insustentabilidad social y política, haciendo caso omiso del serio desajuste económico que nos ha afectado a partir de la década de los ochenta,

se señaló que éste se debía a diferentes causas: altas tasas de crecimiento demográfico, acelerado éxodo rural-urbano, efectos de la inmigración internacional.

De estos factores motorizadores del proceso de urbanización, el único que persiste significativamente en la actualidad y que tendrá influencia en el desarrollo urbano futuro es el problema demográfico en las ciudades. Por lo tanto es necesario encarar esta situación con una política de población orientada a reducir las altas tasas de fecundidad que aún se mantienen, sobre todo entre los estratos más pobres que, como se señaló anteriormente, no guardan relación con el avance de la urbanización alcanzada por el país, cuando se compara con las naciones industrializadas. Es verdad que dichas tasas han venido disminuyendo, pero sus niveles actuales, aunado a la magnitud alcanzada por la población urbana, todavía determinan una inercia demográfica que pesa mucho para la satisfacción de los servicios públicos.

Esta política explícitamente formulada e instrumentada tiene que apoyarse en la atención primaria a la salud, incluyendo la salud reproductiva y materno-infantil; información y medios necesarios para regular el tamaño de la familia; educación pertinente para la vida especialmente de las niñas, y seguridad alimentaria, entre otros factores que han mostrado ser efectivos coadyuvantes en la aceleración de la transición demográfica hacia tasas de fecundidad más manejables dentro del proceso de urbanización (UNFPA-Venezuela, 2006).

#### *Transporte al servicio de la gente*

Dados los patrones de vida urbana que se han impuesto, no existe aspecto más importante para ordenar el funcionamiento de las ciudades que la atención del tráfico vehicular y el transporte público. Con esfuerzos relativamente sencillos en el primer caso y una planificación e inversión mayor en el segundo es posible regular el tráfico y dotar a las ciudades de buenos servicios de transporte público, lo cual es indispensable para su buen funcionamiento y calidad de vida de la población.

Por lo general se considera que la atención de estos aspectos puede estar a cargo del departamento de vigilancia del tránsito. Esto es una equivocación. Ambos aspectos: tráfico y transporte público requieren de un enfoque profesional especializado para estudiar las soluciones más convenientes y planificar y concertar las fórmulas más viables y eficientes social y económicamente para que las ciudades disfruten de buenos servicios de transporte colectivo, que constituyan verdaderas alternativas al vehículo individual que las más de las veces no hace sino agravar la congestión y la contaminación urbanas.

#### *Tecnologías sustentables*

Puede aparecer distante la oportunidad de que nuestras ciudades se ocupen de aspectos tecnológicos asociados a la sustentabilidad urbana. Sin embargo, en muchas de ellas existen instituciones de nivel superior con capacidad de hacer aportes técnicos valiosos para resolver muchos de los problemas que en este sentido se presentan: tratamiento de efluentes, manejo de desechos, materiales de construcción y eficiencia energética, entre otros.

Conviene establecer el hábito de discutir a nivel local con estas instituciones una agenda de los problemas de insustentabilidad existentes. Esta iniciativa tendrá el doble papel de contribuir a una educación más focalizada en las realidades y utilitaria y a promover la innovación tecnológica, a la vez que se motiva la responsabilidad social de la comunidad educativa, en pro de la solución de los problemas ciudadanos.

### *Educación y estímulos a la ciudad sustentable*

Las múltiples experiencias que se tienen de ciudades donde ha sido posible elevar la calidad de vida en corto tiempo muestran que es indispensable acompañar estas empresas con un cambio de actitud de la población. Tales cambios son factibles a través de programas *ad hoc* de educación ecológica ciudadana, formal e informal, que enfatizen los hábitos de comportamiento cívico, higiene y limpieza pública, obediencia a las ordenanzas, especialmente las relacionadas con el tránsito y la promoción de campañas de conservación de los recursos naturales, entre otras. Hay que divulgar los beneficios que obtienen las comunidades como resultado de instrumentar un urbanismo sustentable y para ello resulta muy conveniente mostrar experiencias exitosas logradas en otras ciudades.

Aprender a valorar las iniciativas de mejoramiento urbano constituye un factor sumamente favorable, pues la población las hace suyas y colabora proactivamente en su realización.

En este contexto, la realización exitosa de un programa nacional de urbanización sustentable ha de ser complementada con un régimen que estimule a nivel local a todos los actores involucrados, tanto públicos como privados. Las mejores realizaciones en este campo deben ser reconocidas y premiadas.

El Gobierno Nacional debería establecer un régimen de estímulos financieros y de otra naturaleza para premiar cada año a las ciudades que alcancen logros más destacados en cuanto al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes. Los estímulos financieros deberían constituir subvenciones para ser invertidas en mejoramiento urbano en proyectos de obras o servicios preconvenidos. Pueden seleccionarse estas experiencias exitosas como proyectos pilotos para divulgar sus logros y servir de modelo a otras ciudades. En este sentido hay que tomar en consideración que “las ciudades aprenden las unas de las otras” (UNFPA, 2007).

## **Reflexiones finales**

El lector podrá inferir de todo lo expuesto que para Venezuela es crucial durante el presente siglo adelantar una política de urbanización sustentable. Será difícil concebir un mejoramiento efectivo de la calidad de vida de la mayoría de la población durante las próximas décadas si no generamos un elevado consenso sobre la conveniencia de adelantar muchas de las diversas propuestas que se formulan para aproximarnos a la urbanización sustentable.

Se trata de instrumentar acciones en múltiples dimensiones, pero todas orientadas hacia el objetivo de mejorar el bienestar de las colectividades urbanas. Por la magnitud de lo que se pretende en cuanto a recursos humanos y materiales demandados y en lo que se refiere a esfuerzos intelectuales y de gerencia pública requeridos, no me cabe la menor duda de que se trata de una iniciativa que merece el calificativo de gran empresa nacional. Su realización tendrá que ser obra de toda la sociedad a través de numerosos actores, entre ellos muchos profesionales de diversas disciplinas. Dentro de estos últimos existen disciplinas a las cuales les corresponde una mayor cuota de liderazgo y responsabilidad. Me refiero específicamente a los arquitectos y urbanistas quienes deben convertirse en portadores de esta reivindicación y en planificadores y realizadores de muchas de las acciones propuestas.

Estoy convencido de que la salida exitosa para los países latinoamericanos, y en particular de Venezuela, será la adopción de una estrategia de desarrollo sustentable. Dentro de ella tiene elevada prioridad lo que beneficie al mayor número de ciudadanos. Y en tal sentido estoy seguro de que lo que mejore las ciudades a través de la urbanización sustentable es lo que tendrá una mayor repercusión.

## Referencias bibliográficas

- Baldó, J. y Villanueva, F. (2000) "Dimensión social y política del programa de vivienda para el año 2000", *Revista SIC* n° 623, Caracas.
- Bolívar, T. (2000) "Al cuidado de la intemperie: las maneras de habitar", en: *Venezuela Siglo XX. Visiones y testimonios*. Fundación Polar, Caracas.
- Canadian Institute of Planners (2006) *The Planning*. The Vancouver Working Group. Discussion Papers for the World Urban Forum. Vancouver.
- China Peoples Republic (2005) Chinas Sustainable Urbanization. Issues papers prepared for the 2005. CCICED Annual General Meeting.
- Cilento, A. (1999) *Cambio de paradigma del hábitat*. Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Estados Unidos de Venezuela (1941) *Censo Nacional de Población 1941*. Caracas.
- Flores de Gabaldón, M. G. (2006) *Vivienda y ciudad Sustentable*. Aportes para una ciudad sustentable. Centro de Estudios de Vivienda y Hábitat. Universidad Metropolitana, Caracas.
- Friedman, T. (2006) *La Tierra es plana*. mr. Ediciones, Madrid.
- Gabaldón, A. J. (2006) *Desarrollo sustentable. La salida de América Latina*. Editorial Grijalbo. Caracas.
- INE-Instituto Nacional de Estadística (2006) *Censo Nacional de Vivienda*. Caracas.
- Lattes, A. E. (2000) "Población urbana y urbanización en América Latina". Presentado en las II Jornadas Iberoamericanas de Urbanismo sobre las Nuevas Tendencias de la Urbanización en la América Latina, Quito.
- Lawrence, R. J. (2001) *Human Ecology*, en: M. K. Tolba (ed.) *Our Fragile World*, Vol. I. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Linares, A. (2006) *La producción formal de viviendas y sus perspectivas*. Aportes para una ciudad sustentables. Centro de Estudios de Vivienda y Hábitat. Universidad Metropolitana, Caracas.

- Rees, W. E. (1992) "Ecological Foot Print and Appropriated Human Capacity: What Urban Economics Leave Out", en *Environment and Urbanization*, 4 (2), p. 121.
- Sassen, S. (2001) "The Central Role of Cities in our Environments Future: Constrains and Possibilities", en: M. K. Tolba (ed.) *Our Fragile World*, Vol. I. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Timers, V. & N. Kate Seymoar (2004) *The Livable City*, Vancouver.
- UNFPA-Fondo de Población de las Naciones Unidas (2007) *Estado de la Población Mundial 2007: Liberar el potencial de crecimiento urbano*. New York.
- UNFPA-Fondo de Población de las Naciones Unidas Venezuela (2006) *Población, desigualdad y políticas públicas: un diálogo político estratégico*. CDB Publicaciones. Caracas.
- United Nations Centre for Human Settlements (Habitats) (1996) *An Urbanizing World*. Oxford University Press.
- United Nations Population Division (2006) *World Population Prospects. Venezuela Demographic Profile 1950-2005*. New York.
- World Resources 1996-1997 (1996) World Resources Institute/The United Nations Environment Programme/ The World Bank. Oxford University Press.

## Programa de Habilitación Física de Barrios seleccionado en el “Seminario Cities, Science And Sustainability” Trieste, Italia. Septiembre 2007

*Josefina Baldó / Federico Villanueva*



La Academia de Ciencias para los Países en Desarrollo (TWAS), el Programa Especial para La Cooperación Sur-Sur de Desarrollo de las Naciones Unidas (UNDP-SSC) y el Consorcio en Ciencias, Tecnología e Innovación para el Sur (COSTIS) trabajan en un proyecto que apunta a identificar y publicar casos de estudio innovadores dentro de un proyecto de iniciativas exitosas en los países en desarrollo.

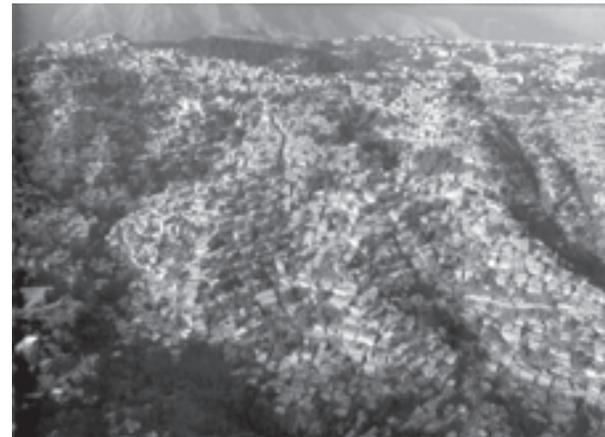
En especial el TWAS tiene como objetivo promover la capacidad científica y la excelencia para el desarrollo sustentable en el sur y forma parte del gran complejo científico International Centre for Theoretical Physics (ICTP) de Abdus Salam.

El Programa venezolano de Habilitación Física de las Zonas de Barrios, aplicado en todo el país, fue uno de los 17 casos seleccionados dentro de un universo de miles de aplicaciones para ser presentado en el taller sobre Ciudades, ciencia y sustentabilidad que tuvo lugar entre el 20 y 22 de septiembre en la ciudad de Trieste, Italia.

El Programa venezolano de Habilitación Física de las Zonas de Barrios quedó seleccionado junto a otros de dieciséis países: India, Filipinas, Pakistán, China, Nigeria, Malawi, Vietnam, Nepal, Bangladesh, Uganda, Suráfrica, Brasil, Argentina y México.

La presentación de la experiencia venezolana quedó como el caso más sobresaliente dentro de su tema, considerado como el programa más avanzado y monumental sobre el mejoramiento de barrios en todo el mundo. Destacando especialmente el carácter sustentable del programa basado en que los habitantes de los barrios son los organizadores, programadores, ejecutores y administradores de los proyectos y recursos para el mejoramiento integral de su hábitat. También se elogió el avance innovador de la iniciativa al apoyarse en la gente para su desarrollo, dotándola y capacitándola para potenciar la ejecución. Fue considerado como un programa altamente participativo, con una organización socializada, con una visión integral orientada a elevar el nivel de vida de la población de bajos recursos y a una escala gigantesca capaz de abarcar los 14 millones de personas que habitan en barrios en Venezuela.

La experiencia venezolana será publicada por la Academia de la Ciencia para los Países en Desarrollo.



Comunicado de los autores



Caracas 10 de octubre, 2007

Muy apreciado Decano,

Tenemos el gusto de saludarlo e informarle que el Programa de Habilitación Física de Barrios, quedó seleccionado entre miles de aplicaciones por la Academia de Ciencias para los países en Desarrollo (TWAS), el Programa Especial para la Cooperación Sur- Sur de Desarrollo de las Naciones Unidas (UNDP-SSC) y el Consorcio en Ciencias, Tecnología e Innovación para el Sur (COSTIS), para participar en el Seminario "Cities, Science and Sustainability", realizado en Trieste, en el Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics.

La Universidad Central de Venezuela quedó como la Institución donde nació y se desarrolló la experiencia, cuando hace 22 años nos vimos en la necesidad de plantear el problema de los barrios de una manera diferente y tratar de cambiar las políticas de asistencia habitacional. El Taller Vivienda permitió determinar las características y magnitudes de los proyectos y de las obras de Habilitación de los Barrios requeridas, las Investigaciones sobre las condiciones de urbanización de las zonas de barrios condujeron a la elaboración de metodologías apropiadas para su registro y el Plan para los Barrios de Caracas realizado en la Universidad fue premio de investigación en Vivienda, entre otros.

Como profesores jubilados de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, nos sentimos muy orgullosos de pertenecer a ella y que el programa haya sido distinguido internacionalmente.

Le anexamos los detalles de la selección.

Reciba un afectuoso saludo,

Prof. Josefina Baldó A.  
[josefinabaldo@cantv.net](mailto:josefinabaldo@cantv.net)

Prof. Federico Villanueva B.  
[villanuevaf@cantv.net](mailto:villanuevaf@cantv.net)

CC: Prof. Paola Posani  
Directora de la Escuela de Arquitectura

2008: Conmemoración del Cincuentenario de la Autonomía Universitaria  
50º Aniversario del 21 de noviembre de 1957, Día del Estudiante  
Plaza Boji • FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO, UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
Tel: (08 0212) 603 2048 / 603 2048 • Ciudad Universitaria Caracas 1041A, Venezuela • Apartado Postal 47108 • <http://faucv.ucv.ve>



## 1er. Coloquio Nacional UNAM-CIEP, México D. F., septiembre 2007

*Ernesto Lorenzo*

Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, Facultad de Arquitectura y Urbanismo,  
Universidad Central de Venezuela

La Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a través de su Centro de Investigaciones y Estudios de Postgrado (CIEP), llevó a cabo el Primer Coloquio Nacional de Diseño Sustentable entre el 3 y el 5 de septiembre de 2007, organizado como un foro de encuentro nacional, dirigido a toda la comunidad académica, profesional, empresarial, comercial y de servicio afín al área temática.

La estructura organizativa del evento giró alrededor de cuatro temas principales: el espacio y la sustentabilidad, el objeto y la sustentabilidad, la tecnología y la sustentabilidad y el entorno y la sustentabilidad, tratando así de abarcar todas las aristas presentes en el ejercicio profesional del arquitecto, en un contexto en el cual a nivel mundial se demandan construcciones cada vez más sustentables.

Entre las ponencias más destacadas en el ámbito del “espacio y la sustentabilidad” estuvo la del Arq. José Luis Caballero, quien presentó la aplicación piloto de un sistema constructivo basado en la utilización de materiales de desecho y reciclaje, así como la de la Arq. María Armani que presentó algunas experiencias desarrolladas en Argentina relacionadas con la utilización de adobe mejorado como material alternativo en la construcción de viviendas, mientras que los arquitectos Santiago Gil y Francisco Ramón cerraron la mesa de discusión con sendos trabajos enfocados en la importancia de transferir el conocimiento de sustentabilidad a las nuevas generaciones estudiantiles.

Sobre el tema del “objeto y la sustentabilidad” destacó la participación del Arq. Rosales Castillejo quien presentó la tesis “Una actitud sustentable como nuevo paradigma de la sociedad moderna”, y de la Arq. Mariana Arzate con una interesante recopilación de obras seleccionadas para evidenciar las nuevas tendencias de ahorro y eficiencia energética dentro del sector industrial mexicano.



En el área referida a “tecnología y sustentabilidad”, como representante de Venezuela, fui seleccionado como ponente de las posibilidades de aplicación del sistema de climatización pasivo de edificaciones mediante conductos enterrados; en el mismo bloque de participación destacó la presentación del Ing. Carlos Villanueva, quien expuso un trabajo sobre la contribución de la “núcleoenergía” al desarrollo sustentable.

Sobre el tema del “entorno y la sustentabilidad” tuvieron especial preeminencia el Arq. Iván Gaitán, quien mostró un interesante trabajo sobre la sustentabilidad ambiental en los barrios populares mexicanos; la Arq. Citrali Castillejos, quien planteó criterios de diseño para la integración de la vivienda al entorno natural, y la Arq. Virginia Lahera quien a través de algunos proyectos de arquitectura y urbanismo demostró algunas posibilidades de sustentabilidad ambiental en el sector edilicio.

También participaron destacados conferencistas como el Arq. Eduardo Navarro que tuvo a su cargo la exposición del macroproyecto llevado a cabo actualmente por la UNAM en pro de reducir el consumo energético habitual de dicha casa de estudios; los Arq. José Picciotto y Felipe Leal, quienes con sus presentaciones nutrieron a los asistentes con numerosas experiencias arquitectónicas fundamentadas en el diseño sustentable; el Arq. Fausto Ivez con el planteamiento de una interesante aplicación de cubiertas verdes en edificaciones y el Dr. José Luis Zayas, quien desarrolló el tema de la innovación tecnológica y la sustentabilidad.

El evento cerró con una pequeña reunión que nos permitió compartir experiencias en un ambiente un poco más informal, a la vez que brindábamos por el cierre exitoso del evento.

***Altopía. Otros lugares. Crítica interdisciplinaria a los lugares indeterminados de la ciudad contemporánea.***

José Ignacio Vielma. Colección Minerva. Manuales Universitarios. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela. Los libros de El Nacional. Caracas, 2005, 176 pp. ISBN 978-980-388-258-7

Este trabajo propone la noción de altopía para designar en la ciudad a todo “otro lugar” que se opone a ser clasificado dentro de las categorías clásicas de la crítica del espacio urbano, una indeterminación física y conceptual capaz de criticar la práctica de la arquitectura y el urbanismo desde su condición de espacio concreto sujeto a la experiencia.

Se divide en cuatro capítulos: el primero propone identificar la altopía como un campo residual entre conceptos y categorías relativos al concepto de lugar; el segundo describe los espacios propuestos a partir de las condiciones que le permiten ser identificados en su manifestación concreta; el tercero revisa algunas experiencias relacionadas con una estética que abandona la belleza como canon; el cuarto capítulo concluye identificando las implicaciones de la posibilidad de habitar el espacio altopío. El apéndice muestra fotografías tomadas entre 1994 y 1998 en seis espacios de Caracas, con descripciones que apuntan a hacer explícitas las posibles relaciones de estos espacios con la noción de altopía.



***1906-2006. Cien años de política de vivienda en Chile.***

María José Castillo y Rodrigo Hidalgo (editores)  
Ediciones UNAB. Serie Arquitectura N° 1. Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Andrés Bello. Santiago de Chile, 2007, 326 pp. ISBN 978-956-7247-47-9

Producto de una fructífera asociación entre la Universidad Central de Venezuela, la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Universidad Nacional Andrés Bello, el libro recopila los ensayos y las ponencias realizados por destacados investigadores y proyectistas especializados en el tema de la vivienda en Venezuela, Chile y otros países latinoamericanos, debatidos en el marco de la celebración del centenario de la primera ley de vivienda en Chile, evento que se realizó en octubre de 2006. De los trabajos presentados se derivan importantes preguntas y posibles respuestas: ¿qué entendemos por equidad en términos habitacionales? ¿cómo se logra la integración social? ¿cómo se regenera el capital social? ¿quiénes, sino los propios habitantes, tienen la capacidad de mejorar sostenidamente su vivienda y su entorno? ¿cómo llegar a los más pobres?

Se señala que uno de los objetivos de la política habitacional, acercándose desde la gran escala de la política pública a lo pequeño y cotidiano, debería ser apoyar las posibilidades que manejan las familias de ampliar su vivienda con el fin de conducir el proceso hacia la consolidación de la vivienda como un capital, un patrimonio y, en definitiva, un bien durable y transable.





UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DEL TÁCHIRA  
VICERRECTORADO ACADÉMICO  
**DECANATO DE INVESTIGACIÓN**  
**UNET**

Esta dependencia cumple con una serie de objetivos a fin de promover el desarrollo de la función investigativa en la UNET, encargándose de orientar y estimular a profesores y estudiantes hacia la teoría y práctica de esta actividad, además que determina y jerarquiza áreas, programas y líneas de investigación, privilegiando aquellas que apuntan al conocimiento y desarrollo institucional, regional y nacional.

Igualmente, el Decanato de Investigación se encarga de conformar unidades de investigación comprometidas con la realidad regional y nacional, propiciando de igual manera la creación de centros de investigación y contribuyendo con el logro de los objetivos generales de la institución.

A partir de las necesidades presentes en la sociedad a la cual se debe la institución y el Decanato de Investigación se han puesto en práctica una serie de políticas para atender el llamado que espera la sociedad venezolana; de esta manera, se trabaja en función de organizar grupos multi, interdisciplinarios, profundizando y ampliando la investigación en las diversas áreas del conocimiento a través del desarrollo cualitativo y cuantitativo.

Universidad Nacional  
Experimental del Táchira,  
Decanato de Investigación,  
Avenida Universidad  
Paramillo, San Cristóbal, Estado Táchira,  
República Bolivariana de Venezuela.  
Teléfono master:  
0058 0276-3532454.  
Ext. (313 -314 - 320  
Teléfono:  
0058 0276-353 24 54 - 353 29 49).  
Apartado Postal 02 IPOSTEL-UNET.

<http://investigacion.unet.edu.ve/>

**Del Sur, n° 33: Ciudad y Agua.**

Revista del Departamento de Diseño y Teoría de la Arquitectura.  
Universidad del Bío Bío. Concepción. Chile, octubre 2007, 84 pp.  
ISSN 0716-267

Un conjunto de artículos que con distintos enfoques plantean visiones sobre la importancia y las funciones del agua en la ciudad, en la arquitectura, en el paisaje y en la vida.

"Qué es lo que queda cuando el agua se va". **Hernán Ascuí Fernández/M. Dolores Muñoz Rebolledo/Nicolás Sáez Gutiérrez**

Fragmento de un acontecimiento que dejó profunda huella en la ciudad de Concepción: la inundación ocurrida en julio de 2006. Incluye fotografías tomadas por los propios habitantes durante los días del siniestro.

"Ciudad y riesgos naturales. Efectos del evento pluviométrico de julio de 2006 en el gran Concepción". **Claudia Vidal/Scarlet Martel**

Plantea la necesidad de que en la normativa urbana se incorporen las "características locales dado que la dinámica natural siempre estará presente en el sitio urbano de Gran Concepción y en la medida en que se tome conciencia de ello –por parte de la población y de las autoridades– se contribuirá a la prevención de riesgos.

"Agua, territorio y ciudades sustentables". **Iván Cartes**

Los asentamientos humanos deben ser repensados y replanteados de manera que integren los principios del desarrollo sustentable mejorando localidad de vida y reduciendo el impacto global del hábitat humano.

"Agua y ciudad" **Carolina Maturana**

Presentación de "La colección", instalación de 3 m x 1,50 m, donde esta artista visual exhibe 100 pares de zapatos recolectados en los márgenes del río Bío Bío, desarmados y posteriormente sellados al vacío y ordenadamente dispuestos sobre un mesón de acero inoxidable. Cada fragmento de zapato se constituye en fragmento de alguna historia de la ciudad no oficial.

"Agua y experiencia espiritual. Los jardines de letrados en China". **Caroline Alder**

La mayor parte de los jardines de letrados se encuentran al oeste de Shanghai, en la provincia de Jiangsu, sobre todo en la ciudad de Suzhou, ciudad llena de agua y atravesada por varios canales que se utilizaban antiguamente para el transporte de mercancías.

En las residencias de los letrados, arquitectura y jardín conforman un todo indisoluble. Los espacios interiores y exteriores se interpenetran por lo cual no pueden existir los unos sin los otros.

"Aguas contemporáneas". **Underlea Bruscato Portela**

A partir de la búsqueda de nuevas formas y las innovadoras capacidades de los diseños digitales, las teorías más atrevidas han planteado una "arquitectura líquida". Se reseñan distintos pabellones construidos con agua desde el H<sub>2</sub>O Expo en los Países Bajos, en 1997 hasta llegar a la Expo 2008 de Zaragoza que se dedicará al agua y donde el recinto ferial se desarrollará en una llanura utilizada tradicionalmente como huerta.

"Los paisajes del agua como expresiones de la realidad geográfica y cultural de la Patagonia".

**María Dolores Muñoz/Leonel Pérez/Rodrigo Sanhueza**

A partir del estudio de la Patagonia chilena, se plantea como tema relevante la relación de los paisajes del agua con otros elementos estructurantes para la ocupación del espacio como los sistemas de centros poblados y las redes de comunicación y transporte.





**22-I 2006**

**Para razonar un desastre. La comunicación Caracas-La Guaira, la autopista, los viaductos y la ingeniería nacional**

TyC 22, I, 2006, pp. 6 - 27  
*Alfredo Cilento / Juan José Martín*

**La reutilización con cambio de uso de la vivienda tradicional en el Barrio Obrero de la ciudad de San Cristóbal**

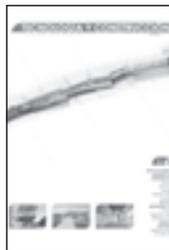
TyC 22, I, 2006, pp. 29 - 39  
*Dulce Marín*

**OMNIBLOCK®: validación para su comercialización**

TyC 22, I, 2006, pp. 41 - 54  
*Mercedes Marrero*

**Diagnóstico de la calidad higrotérmica y de ventilación en espacios representativos de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU-UCV)**

TyC 22, I, 2006, pp. 55 - 62  
*María Eugenia Sosa / Geovanni Siem / Tibisay Alizo*



**22-II 2006**

**Aplicación de cubiertas verdes en climas tropicales. Ensayo experimental comparativo con techumbres convencionales**

TyC 22, II, 2006, pp. 9 - 13  
*Francisco Vecchia / Gabriel Castañeda / Jaime Andrés Quiroa*

**Diagnóstico de la calidad acústica en espacios de enseñanza en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela (FAU/UCV)**

Programa de Cooperación PCU-ECOSNORD-FONACIT  
TyC 22, II, 2006, pp. 15 - 22  
*Geovanni Siem / María Eugenia Sosa*

**Componente modular prefabricado de concreto para placa de fundación superficial reticular alveolada. Una opción para la vivienda de bajo costo de desarrollo progresivo sobre suelo retro-expansivo**

TyC 22, II, 2006,  
pp. 23 - 33  
*Augusto J. Márquez*

**Evaluación del flujo de agua superficial y subterránea en la Ciudad Universitaria de Caracas. Resultados en avance.**

TyC 22, II, 2006, pp. 35 - 42  
*Víctor Obregón / Iván Saavedra / Melín Nava*

**Estudios, proyectos y obras. La experiencia de las Organizaciones Comunitarias de Vivienda**

TyC 22, II, 2006, pp. 35 - 42  
*Carlos Angarita*



**22-III 2006**

**Tendencias tecnológicas. Desarrollo de espacios arquitectónicos inteligentes y sustentables en el sector construcción de Maracaibo**

TyC 22, III, 2006, pp. 9 - 25  
*Carmen Araujo*

**Étude de la demande énergétique de climatisation pour une construction urbaine de type méditerranéenne**

TyC 22, III, 2006, pp. 27 - 34  
*Emmanuel Bozonnet / Rafik Belarbi / Francis Allard*

**Planteamientos para una gestión pública en el sector vivienda y hábitat**

TyC 22, III, 2006, pp. 35 - 41  
*Alfredo Roffé*

**Comportamiento térmico de un sistema de techo alternativo para vivienda social en Tuxtla Gutiérrez (Chiapas, México)**

TyC 22, III, 2006, pp. 43 - 49  
*Gabriel Castañeda / Francisco Vecchia*



**23-I 2007**

**El programa de habilitación de barrios en Venezuela. Ejemplo del control del proceso de construcción y de administración de los recursos por parte de comunidades organizadas**

TyC 23 I, 2007, pp. 9 - 16  
*Josefina Baldó Ayala*

**Desarrollo tecnológico y construcción de los hospitales venezolanos en el siglo XX**

TyC 23, I, 2007, pp. 17 - 31  
*Sonia Cedrés de Bello*

**Utilización eficiente de madera machihembrada para techos**

TyC 23, I, 2007, pp. 33 - 43  
*Ricardo Molina Peñaloza*

**Zonas climáticas para el diseño de edificaciones y diagramas bioclimáticos para Venezuela**

TyC23, I, 2007, pp. 45 - 60  
*Luis Rosales*



**23-II 2007**

**El lugar como hecho sociofísico: lectura de una casa-patio en Venezuela**

TyC 23, II, 2007, pp. 9 - 28  
*Yuraima Martín*

**El ordenamiento urbano, el diseño y la gestión de las redes sanitarias: el caso de Cantaura, municipio Freites del estado Anzoátegui**

TyC 23, II, 2007, pp. 29 - 49  
*Róger Martínez*

**The Mexican Construction Industry at the Starts of the Twenty-first Century: trends and outlook**

TyC 23, II, 2007, pp. 51 - 74  
*Priscilla Connolly*

**La experiencia venezolana en la fabricación de vigas laminadas encoladas**

TyC 23, II, 2007, pp. 75 - 88  
*Eric Barrios / Milena Sosa / Wilver Contreras*

## Normas para la presentación de trabajos a *Tecnología y Construcción*

*Tecnología y Construcción* es una publicación que recoge artículos inscritos dentro del campo de la Arquitectura y de la Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Construcción, especialmente: sistemas de producción; métodos de diseño; análisis de proyectos de arquitectura; requerimientos de habitabilidad y de los usuarios de las edificaciones; equipamiento de las edificaciones; nuevos materiales de construcción, mejoramiento de productos existentes y hallazgo de nuevos usos; aspectos económicos, sociales, históricos y administrativos de la construcción, informática aplicada al diseño y la construcción; análisis sobre ciencia y tecnología asociados a los problemas de la I&D en el campo de la construcción, filosofía de la ciencia, así como reseñas bibliográficas y de eventos.

Los trabajos presentados para su publicación deben atender a las recomendaciones siguientes:

- El autor (o los autores) debe(n) indicar título completo del trabajo acompañándolo de un breve resumen en español e inglés (máximo 100 palabras), además de una síntesis curricular no mayor de 50 palabras, que incluya: nombre, título(s) académico(s), institución donde trabaja(n), cargo, área de investigación, dirección postal, fax y correo electrónico.
- Los trabajos deben ser entregados en cd, indicando el programa y versión utilizados, o enviados al Comité Editorial como documento a través del correo electrónico de la revista ([tyc\\_idec@fau.ucv.ve](mailto:tyc_idec@fau.ucv.ve)), acompañados de una versión impresa con una extensión no mayor de treinta (30) páginas escritas a doble espacio en tamaño carta incluyendo notas, cuadros, gráficos, anexos y referencias bibliográficas.
- En el caso de que el trabajo contenga cuadros, gráficos, diagramas, planos y/o fotos, éstos deben presentarse en versión original impresa, numerados correlativamente según orden de aparición en el texto. Lo mismo es válido en el caso de artículos que contengan ecuaciones o fórmulas.
- Las referencias bibliográficas deben ser incluidas en el texto con el sistema autor-fecha, por ejemplo: (Hernández, E., 1995). Al final del texto deben incluirse los datos completos de las publicaciones mencionadas, organizados alfabéticamente.
- Se aceptarán trabajos escritos en castellano, portugués o inglés.
- Los trabajos deben ser inéditos y no haber sido propuestos simultáneamente a otra(s) revista(s).
- Las colaboraciones presentadas no serán devueltas.

El Comité Editorial someterá los trabajos enviados a la revisión crítica de por lo menos dos árbitros escogidos entre especialistas o pares investigadores. La identificación de los autores no es comunicada a los árbitros, y viceversa. El dictamen del arbitraje se basará en la calidad del contenido, el cumplimiento de estas normas y la presentación del material. Las sugerencias de los árbitros, cuando las haya, serán comunicadas a los autores con la confidencialidad del caso.

La revista se reserva el derecho de hacer las correcciones de estilo que considere convenientes, una vez que hayan sido aprobados los textos para su publicación. Siempre que sea posible, esas correcciones serán consultadas con los autores.

Los autores recibirán sin cargo tres (3) ejemplares del número de la revista en el cual haya sido publicada su colaboración. Por su parte, los árbitros, en compensación por sus servicios, recibirán una bonificación en efectivo y un ejemplar del número de la revista con el cual contribuyeron con su arbitraje, independientemente de que su opinión en relación con la publicación del artículo sometido a su consideración haya sido favorable o no.

El envío de un texto a la revista y su aceptación por parte del Comité Editorial representa un contrato por medio del cual se transfieren los derechos de autor a la revista *Tecnología y Construcción*. Esta revista no tiene propósitos comerciales y no produce beneficio alguno a sus editores.



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

**Rector**

Antonio París

**Vice-Rector Académico**

Eleazar Narváez

**Vice-Rectora Administrativa**

Elizabeth Marval

**Secretaria**

Cecilia Arocha

**CONSEJO DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y HUMANÍSTICO**

**Coordinador**

Bernardo Méndez A.

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO**

**Decano**

Azier Calvo

**Directora de la Escuela de Arquitectura**

Paola Posani

**Directora del Instituto de Urbanismo**

María Isabel Peña

**Directora del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción**

Alejandra González

**Directora-Coordinadora de la Comisión de Estudios de Postgrado**

Noain Ginzo

**Coordinador administrativo**

Gustavo Izaguirre

**Coordinador académico**

Guillermo Barrios

**Coordinadora de investigación**

Yuraima Martín

**Coordinadora de extensión**

Eugenia Villalobos

**INSTITUTO DE DESARROLLO EXPERIMENTAL DE LA CONSTRUCCIÓN / IDEC**

**Directora**

Alejandra González

**Investigación**

Nelson Rodríguez

**Docencia**

Argenis Lugo

**Extensión**

Laura Ramírez



UNIVERSIDAD DEL ZULIA

**Rector**

Leonardo Atencio Finol

**Vice-Rector Académico**

Rosa Nava Rincón

**Vice-Rector Administrativo**

Jorge Palencia Piña

**Secretaria**

Judith Aular de Durán

**CONSEJO DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y HUMANÍSTICO**

José Colina Chourio

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO**

**Decano**

Ramón Arrieta

**Coordinador del programa de Arquitectura**

Alberto Stanford

**Coordinador del programa de Diseño Gráfico**

Claudio Ordoñez

**Coordinadora de Estudios para Graduados**

Jane Espina

**Coordinadora de Extensión**

Dinah Bromberg

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO / IFAD**

**Director**

José Indriago

**Subdirector**

Ramón Reyes

**Áreas prioritarias de Investigación API:**

*Confort y Sostenibilidad del Ambiente*

*Construido*

*Gaudy Bravo*

*Infonomía para la Gestión de Espacios*

*Antropisados*

*Carmen Cecilia Araujo*

*Territorio, Ciudad y Comunidad:*

*Hugo Rincón*



UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DEL TÁCHIRA

**Rector**

José Vicente Sánchez

**Vice-Rector Académico**

Carlos Chacón

**Vice-Rector Administrativo**

Martín Paz

**Secretario**

Oscar Medina

**DECANATO DE INVESTIGACIÓN**

**Decano**

José Luis Rodríguez

**Coordinador**

**Socio-Económico-Cultural**

Iván Useche

**Coordinadora Industrial**

Cora Infante

**Coordinador Agropecuario**

Armando García

**Coordinador de Ciencias Naturales y Exactas**

Gilberto Paredes

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN ARQUITECTURA Y SOCIEDAD / GUIAS**

**Jefe**

Luis Villanueva

**DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA**

**Jefe**

Alfonso Arellano

---

Esta revista se terminó de imprimir en julio 2008 en los talleres de  
Impresos Minipres C.A. Caracas. Telf. 237 18 20. Fax. 235 80 38.  
Ejemplares 500.