

# TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN 2005



**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

### 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/scielo.php>

### Suscripciones

Tres números anuales

Venezuela: Bs. 30.000

Extranjero: US\$ 100

Costo unitario: Bs. 10.000

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

Apartado Postal 47.169

Caracas 1041-A. Venezuela

Telfs/Fax: (58-212) 605.2046 / 2048 /

2030 / 2031/ 662.5684

Enviar cheque a nombre de:

*IDEC Facultad de Arquitectura UCV*

### Envío de materiales, correspondencia y suscripciones 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*

## Planilla de suscripción



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

Profesión: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

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

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

Teléfono/Fax: \_\_\_\_\_

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

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

correspondiente a los números:

Venezuela: o Institucional Bs. 33.000 o Personal Bs.30.000

Extranjero: o Institucional US\$ 100 o Personal US\$ 90

Cheque a nombre de: IDEC Facultad de Arquitectura UCV o IFA Facultad de Arquitectura LUZ

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

- IFAD/LUZ Apartado Postal 526, Maracaibo, Venezuela. Fax: (58-0261) 759.84.81.

Página en el Internet:

<http://www.arq.ucv.ve/idec/paginas/revista.html> e-mail: [tyc@idec.arq.ucv.ve](mailto:tyc@idec.arq.ucv.ve)

<http://www.arq.luz.ve/tyc/>



Volumen 21. Número III  
septiembre - diciembre 2005  
Depósito Legal: pp.85-0252  
ISSN: 0798-9601

Portada:  
Collage: Viviendas en el  
centro histórico de  
Maracaibo, pp. 31-40

### 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

Felix 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

Ignacio de Oteiza

José Adolfo Peña U.

Héctor Silva Michelena

Fruto Vivas

#### Editor

IDEC/UCV

#### Co-Editor

IFAD/LUZ

#### Director

Alberto Lovera

#### Co-Director

Ricardo Cuberos

#### 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

#### Coordinación editorial

Michela Baldi

#### Diseño y diagramación

Mary Ruth Jiménez

#### Corrección de textos

Helena González

#### Portada

Rozana Bentos

#### Impresión

Impresos Minipres C.A.

ESTA PUBLICACIÓN CONTÓ  
CON EL APOYO FINANCIERO DE LAS  
SIGUIENTES INSTITUCIONES

CONSEJO DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y HUMANÍSTICO  
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA



CONSEJO DE DESARROLLO  
CIENTÍFICO Y HUMANÍSTICO  
LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA



**fonacit**

CONSEJO NACIONAL  
DE INVESTIGACIONES  
CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA CIENCIA  
Y LA TECNOLOGÍA EN LA REGIÓN ZULIANA



# notas biográficas

## Idalberto Águila Arboláez

Ingeniero Civil (ISPJAE, Cuba, 1984). Profesor Agregado del IDEC desde 1997. Profesor Asistente, Facultad de Construcciones, Universidad Central de Las Villas, Cuba (1984-1994). Profesor del Postgrado en Desarrollo Tecnológico de la Construcción (IDEC) desde 1999. Coordinador docente del IDEC. Investigador en el área de Materiales y Tecnología de la Construcción. Magister Scientiarum en Desarrollo Tecnológico de la Construcción, Mención Honorífica (IDEC-FAU-UCV, 2000). Candidato a Doctor en Ciencias en la FAU-UCV [iaguila@idec.arq.ucv.ve](mailto:iaguila@idec.arq.ucv.ve)

## Nastia Almao

Ingeniero Químico (LUZ, 1974). MSc in Mechanical Engineering (University of Texas at Austin, USA). Profesora Titular de la Facultad de Ingeniería de LUZ. Investigadora en el área de Aplicaciones de la Energía Solar, Simulación Numérica de Procesos de Flujo y Transferencia de Calor, Comportamiento Térmico de Edificaciones. Investigadora nivel I del PPI. Asesor de la Unidad de Ahorro Energético de ENELVEN y de la Alcaldía de Maracaibo. [nalmao@cantv.net](mailto:nalmao@cantv.net)

## Carlos Angarita

Arquitecto (UCV, 1978). Profesor Asistente, Investigador del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, área Economía de la Construcción, IDEC-UCV. ExPresidente del INAVI, ExPresidente de CONAVI [cangarita@idec.arq.ucv.ve](mailto:cangarita@idec.arq.ucv.ve)

## Alex Luzardo

Ingeniero Mecánico (LUZ, 1996). Ingeniero de mantenimiento en Schering Plough y Bridgestone Firestone (1996-1998). Jefe de la Unidad de Ahorro Energético C.A. ENELVEN. Investigador responsable del proyecto: Calificación Térmica de las Edificaciones en Maracaibo, financiado por ENELVEN y FONACIT. [coe@enelven.com.ve](mailto:coe@enelven.com.ve)

## Alaisa Pirela

Lic. en Comunicación Social, mención Publicidad y Relaciones Públicas (LUZ 1992). Maestría en Informática Educativa, Universidad Rafael Belloso Chavín (cursando). Miembro del personal Docente y de Investigación de la Universidad del Zulia. Jefe del Departamento de Teoría e Historia de la Escuela de Diseño Gráfico de la FAD-LUZ. Director creativo en diversas agencias de publicidad. Relacionista público y asesor publicitario de imagen y clima organizacional para diversas empresas. [alaisap@totalcom.net](mailto:alaisap@totalcom.net) / [aepirela@luz.com.ve](mailto:aepirela@luz.com.ve)

## Alexis Pirela

Arquitecta (LUZ, 1976). Doctora Arquitecta por la Escuela Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid, España. Profesora Titular Emerita. Investigadora PPI, Nivel I. Adscrita al laboratorio de investigaciones de Historia de la Arquitectura y el Urbanismo Regional del Departamento de Historia y Crítica de la FAU-LUZ. Directora de un programa de investigación sobre arquitectura marabina y antillana. [alexisp@cnet.com.ve](mailto:alexisp@cnet.com.ve)

## Carlos Quirós

Arquitecto (LUZ, 1975). Profesor Titular Facultad de Arquitectura de LUZ. Jefe de la Sección de Acondicionamiento Ambiental del IFA (1993-1996 y 1996-1999). Investigador adscrito a la sección de Acondicionamiento Ambiental en el Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura I.S.A. (hoy IFA), en el área de asoleamiento en las edificaciones. Investigador Nivel Candidato del Programa de Promoción al investigador (PPI). [Cquiros@luz.edu.ve](mailto:Cquiros@luz.edu.ve)

## Verónica Reyes

Arquitecta (la Universidad del Zulia, 1987). MSc. Planificación Integral del Turismo (LUZ, 1993). Jefe del Departamento de Planificación Urbana de la Alcaldía de Maracaibo (1996-1998). Coordinadora del Centro de Optimización Energética de la C.A. Energía Eléctrica de Venezuela (ENELVEN). [verrey@cantv.net](mailto:verrey@cantv.net)

## Milena Sosa Griffin

Arquitecto (UCV, 1979). Diploma de Estudios Profundos en Ciencias y Técnicas de la Edificación (École Nationale des Ponts et Chaussées, París 1984). Doctor en Ciencias y Técnicas de la Edificación (Université Pierre e Marie Curie, París 1988). Profesor-Investigador del IDEC-FAU-UCV. Ex coordinadora del área de Desarrollo Experimental del IDEC-UCV. Investigadora acreditada en el Programa de Estímulo al Investigador (PEI) de la UCV. Investigador Nivel I del PPI. [milenasosa@idec.arq.ucv.ve](mailto:milenasosa@idec.arq.ucv.ve)

## Javier Suárez

Arquitecto (LUZ-1990). Docente Agregado adscrito al Departamento de Historia de la Ciudad, la Arquitectura y el Diseño de la FAD-LUZ desde 1996 y su actual Director. Investigador activo del Laboratorio de Historia de la Arquitectura y el Urbanismo Regional. Estudiante del Doctorado de la FAD-LUZ, mención de Historia de la Arquitectura. [jsuarez@luz.edu.ve](mailto:jsuarez@luz.edu.ve)

## editorial

<i>Nature Takes its Toll</i>	La naturaleza pasa su factura <i>Alberto Lovera</i>	6
------------------------------	--	---

## artículos

<i>An Evaluation of the Corn Leaf as a Possible Source of Pozzolanic Material</i>	Evaluación de la hoja de maíz como posible fuente de material puzolánico. <i>Idalberto Águila Arbolález / Milena Sosa Griffin</i>	9
<i>Towards a Regulation upon Thermal Quality in Maracaibo's buildings (Regulation upon Thermal Quality in Buildings)</i>	Hacia una normativa sobre la calidad térmica de las edificaciones en Maracaibo. (Normativa de Calidad Térmica de las Edificaciones) <i>Nastia Almao / Verónica Reyes / Carlos Quirós / Alex Luzardo</i>	19
<i>The House in Maracaibo's Historical Centre. Interior Organization</i>	La casa del centro histórico de Maracaibo. La organización interior <i>Alexis Pirela / Javier Suárez / Alaisa Pirela</i>	31
<i>Popular Houses Promotion through Housing Community Organizations. Difficulties and Learning</i>	La promoción de viviendas populares a través de las Organizaciones Comunitarias de Vivienda. Dificultades y enseñanzas. Estudio de casos <i>Carlos Angarita</i>	41

## postgrado

<i>Call for the VIII Master in Technological Development of Construction (2007-2008)</i>	Convocatoria VIII Maestría en Desarrollo Tecnológico de la Construcción (2007-2008) <i>Idalberto Águila</i>	51
--	--	----

## documentos

<i>Construction and Impact upon the Environment: the case of earth and other materials</i>	Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales <i>Mariano Vázquez Espí</i>	53
--	--	----

## eventos

<i>Construction Experimental Development Institutes research meetings</i>	XXIV Jornadas de Investigación del IDEC <i>Carmen Barrios</i>	67
<i>Horta and After 25 Masters of Belgium Modern Architecture</i>	Horta and After: 25 Maestros de la arquitectura moderna en Bélgica <a href="http://www.fau.ucv.ve">http://www.fau.ucv.ve</a>	68
<i>Expo AICHI 2005, Japan</i>	Expo AICHI 2005, Japón <a href="http://www.fau.ucv.ve">http://www.fau.ucv.ve</a>	69

## reseñas

<i>Books and Magazines</i>	Revistas y Libros <i>Carmen Barrios</i>	71
<i>2002-2005 Index</i>	Índice Acumulado 2002-2005	73
<i>Regulations for authors and arbitrators</i>	Normas para autores y árbitros	75

## La naturaleza pasa su factura

Alberto Lovera  
IDEC / FAU / UCV

Durante demasiado tiempo el sistema industrial dominante en el mundo —que han compartido las economías capitalistas y del llamado socialismo real en su momento— ha ignorado las leyes del comportamiento de la naturaleza, provocando que la madre natura empiece a pasar su factura por la ignorancia de las leyes que rigen el ciclo de la regeneración de los recursos naturales renovables y el uso de los no renovables. Este patrón de extracción, producción y consumo ha tenido como resultado un deterioro ambiental creciente, que obliga a repensar las bases del sistema de producción.

Los adoradores del mercado y de la planificación centralizada han producido efectos parecidos y perjudiciales a la ecología del planeta y de las sociedades en su afán de un crecimiento económico sin consideración del efecto en el mediano y largo plazo del deterioro ambiental, que pone en entredicho la viabilidad de calidad de vida, no sólo de las generaciones futuras, sino de las actuales.

La producción de bienes y servicios para dar respuestas a las necesidades de los seres humanos del planeta implica el uso del acervo que la naturaleza nos ofrece, pero hay que hacerlo considerando las reglas de preservación y restitución de patrimonio natural tiene sus tiempos, cuando se violentan o ignoran se producen efectos perversos y dañosos.

Ya no es viable un modelo de producción y consumo ignorante y trasgresor de las reglas de la naturaleza. Se ha puesto en evidencia que la economía es un subsistema de la naturaleza, como postula la Economía Ecológica, y no como pretende la Economía Ambiental, que concibe a la naturaleza como un subsistema de la economía (Cf. Aguilera, F, *Economía y medio ambiente: un estado de la cuestión*, Editorial Biblioteca Nueva, Fundación Argentaria, Madrid, 1998).

La naturaleza juega un doble rol: suministradora de recursos y receptora de residuos, además de otros servicios ambientales (Cf. Martínez, J./Roca, J., *Economía ecológica y política ambiental*, FCE, México, 2001). Entender esta interacción entre la naturaleza y la actividad humana es básico para comprender y hacer compatible el uso sostenible del patrimonio natural y la atención de las necesidades de la población de nuestro planeta.

El problema de fundar una concepción sostenible del desarrollo es aún más complejo. Tiene que considerar los diferentes planos (Cf. Naredo, J, M., 1997, "Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible": <http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a004.html>): **Sostenibilidad Global**, cuando

razonamos sobre la extensión a escala planetaria de los sistemas considerados, tomando la Tierra como escala de referencia; **Sostenibilidad Local** cuando nos referimos a sistemas o procesos más parciales o limitados en el espacio y en el tiempo. **Sostenibilidad Parcial** cuando se refiere sólo a algún aspecto, subsistema o elemento determinado y no al conjunto del sistema o proceso estudiado con todas sus implicaciones. Evidentemente, a muy largo plazo, tanto la sostenibilidad local como la parcial están llamadas a converger con la global. Sin embargo, la diferencia entre la sostenibilidad local (o parcial) y la global cobra importancia cuando, como es habitual, no se razona a largo plazo.

Impulsar la Construcción Sostenible es importante, aun cuando se ubique en el campo de la sostenibilidad parcial. Si llega a impactar a los sistemas urbanos y sus conexiones, podría ubicarse en la sostenibilidad parcial, pero sólo será decisiva si se articula con una estrategia de sostenibilidad global. Para que ello sea posible se impone una nueva óptica de la producción y el consumo, una manera diferente de entender la relación entre economía y naturaleza, que entienda que la primera tiene que respetar y articularse con las reglas de comportamiento de la segunda, donde las señales del mercado puedan estar reguladas por la acción estatal y puedan ser sensibles a la acción y reacción de la contraloría social de los ciudadanos. En caso contrario, la naturaleza pasará su factura cuando se haga caso omiso de que la producción de bienes y servicios tiene una doble naturaleza indisoluble: material-técnica y económica-social. Ambas aristas son de importancia para atender las necesidades de manera sostenible desde una perspectiva económica, social y ambiental.

# PUBLICACIONES CDCH-UCV 2005

BOLÍVAR, Adriana

**DISCURSO E INTERACCIÓN EN EL TEXTO  
ESCRITO**

(2ª. edición)

CASADO, Eleazar

**ENTREVISTA PSICOLÓGICA  
Y COMUNICACIÓN HUMANA**

(3ª. edición)

CASANOVA, Eduardo

**INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DEL SUELO**

(2ª. edición)

DÁVILA, Rafael

**ADMINISTRACIÓN Y PLANIFICACIÓN  
DE MAQUINARIA AGRÍCOLA**

GONZÁLEZ DE PALMERO, Mary Carmen

**EL APARATO BUCAL Y SU RELACIÓN  
CON LAS REGIONES DE LA CARA.**

**Desarrollo, estructura y función**

(3ª. edición)

GUEVARA DÍAZ, María Teresa

**GERENCIA DE SERVICIOS PSICOLÓGICOS:**

**Una estrategia para la formulación  
de Programas**

(1ª. reimpresión)

HERNÁNDEZ, Dilio

**HISTORIA DIPLOMÁTICA DE VENEZUELA  
1830-1900**

(1ª. reimpresión)

MACHADO-ALLISON, Antonio

**LOS PECES DE LOS LLANOS DE VENEZUELA.**

**Un ensayo sobre su historia natural**

(3ª. edición)

MACHADO-ALLISON, Antonio y Alexis Rodríguez

**ANIMALES VENENOSOS Y PONZOÑOSOS  
DE VENEZUELA. Un Manual para el mejor  
conocimiento biomédico de los accidentes  
ocasionados por animales venenosos**

(2ª. edición)

MARTÍN FRECHILLA, Juan José y Yolanda Texera

**PETRÓLEO NUESTRO Y AJENO.**

**La ilusión de Modernidad**

MARTÍN FRECHILLA, Juan José, Yolanda Texera Arnal

y Alfredo Cilento Sarli

**UN ARCHIVO PARA LA HISTORIA:**

**ACTA CIENTÍFICA VENEZOLANA**

**1950 - 2000**

PEÑARANDA HERNÁNDEZ, Pablo Miguel

**LOS APORTES DE LA PSICOLOGÍA A LA  
ODONTOLOGÍA, UNA INVESTIGACIÓN  
SOBRE FACTORES PSICOSOCIALES**

**EN EL DOLOR CRÓNICO BUCOFACIAL**

Coedición con el Vicerrectorado Académico

RAMÍREZ CAMILO, Rafael

**DIALÉCTICA DE LA VERIFICACIÓN  
DE HIPÓTESIS**

ROMERO, Alonso

**ESTUDIO SOBRE LAS CÓNICAS**

Coedición con la Facultad de Ingeniería.

SÁNCHEZ CARRILLO, Jesús

**LAS SEQUÍAS EN VENEZUELA**

Coedición con la Facultad de Ingeniería.



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 Silería, La Floresta, Caracas  
Teléfonos: 286.8648 (Directo) - 284.7222 - 284.7077 - 284.7666 / Fax: Ext. 244 /  
E-mail: [publicar@telcel.net.ve](mailto:publicar@telcel.net.ve)

Igualmente, están a la venta en la librería de la Biblioteca Central, P.B.  
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) / [www.revele.com.ve/cdch](http://www.revele.com.ve/cdch)





## Evaluación de la hoja del maíz como posible fuente de material puzolánico

Idalberto Águila Arboláez / Milena Sosa Griffin  
IDEC / FAU / UCV

### Resumen

Se realiza en este artículo una caracterización de la ceniza de hoja de maíz con miras a su utilización, como material puzolánico, en sustitución parcial del cemento Pórtland a emplear en las obras, para la elaboración de morteros y concretos. Se evalúan las características físicas y químicas del material, así como algunas de sus propiedades principales, desde el punto de vista constructivo, entre las que destacan la resistencia a compresión y la durabilidad, concluyéndose que el material en estudio posee potencialidades de ser empleado con estos fines.

### Abstract

*This article describes the ashes present in corn leaves with the view to its usage as puzolanic material to replace partially Portland cement in the production of concrete and mortars. The physical and chemical characteristics of this material are evaluated, and also some of its main attributes from the construction point of view, among which we have its resistance to compression and durability. The conclusion is that this material has the potential to be used for this purpose.*

El uso de materiales con propiedades puzolánicas data, por lo menos, de hace 2.000 años, cuando los romanos utilizaron cenizas volcánicas en la construcción de muchas de sus principales obras, como el Panteón, el Coliseo, numerosos acueductos, etc. Sin embargo, es sólo desde hace algunas décadas y luego de muchos siglos de olvido, cuando se ha generalizado el empleo de esta característica de algunos materiales para su uso práctico en la construcción.

Reconociendo como Puzolana cualquier material silíceo o aluminio-silíceo que es capaz de reaccionar con cal en presencia de agua para generar un producto con características cementantes, se puede encontrar en la naturaleza una importante gama de materiales rocosos que pueden ser calificados como puzolanas. Así se pueden contar algunas rocas de origen volcánico, como la piedra pómez, las tobas y las cenizas volcánicas, entre otras. También algunas rocas de origen sedimentario como la calcedonia, el ópalo y algunas arcillas.

Inicialmente fueron utilizadas puzolanas de origen natural en la producción industrial de cementos Portland puzolánicos, pero más recientemente se han hecho numerosas investigaciones tendientes a utilizar algunos materiales artificiales, comúnmente desechos de producciones industriales y agrícolas, para la obtención de materiales puzolánicos con posibilidades de utilización en la construcción.

Entre los residuos industriales más empleados con este fin están las cenizas volantes de la siderúrgica, los escorias de alto horno y la micro sílice, en tanto que las cenizas de desechos agrícolas como la cascarilla de arroz y la hoja y el bagazo de caña destacan como fuentes comprobadas de material puzolánico.

### Descriptores:

Material puzolánico; Morteros y concretos;  
Uso de fibras vegetales como material de construcción

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN. Vol. 21-3, 2005, pp. 09-18.  
Recibido el 10/05/06 - Aceptado el 28/06/06

En trabajos anteriores (Águila, 2001) se investigó la factibilidad técnica del uso de la cascarilla de arroz para producir material puzolánico con resultados muy positivos. En este caso se trata de determinar las potencialidades de la hoja del maíz con este mismo fin, aunque se reconoce de partida que la cantidad de sílice en la ceniza de esta última es muy inferior a la anterior.

La hoja del maíz, si bien no ha sido investigada hasta la fecha, sí se conoce que tiene un porcentaje alto de sílice en su ceniza (cuadro 1), lo cual la hace un potencial candidato a ser investigado.

Aunque estos valores no se pueden generalizar, pues corresponden a una investigación con materiales específicos de un lugar y que pueden variar para otras zonas, sí reflejan que la ceniza de hoja de maíz posee un contenido de sílice superior a 60%. Y es precisamente

esta razón lo que motiva a acometer un trabajo como éste, con el cual se pretende demostrar que la producción de cemento puzolánico es una alternativa real de utilización de un desecho de la producción del maíz, como es su hoja.

Si bien la hoja del maíz no siempre se desecha, porque es común que se utilice en otras funciones como la alimentación animal, no es menos cierto que importantes cantidades de hoja se pierden cada año en los campos y que un programa bien dirigido en este sentido puede permitir recuperar parte de este material y utilizarlo en la producción de un generoso sustituto de cemento, con su consiguiente aporte económico y ecológico.

### Disponibilidad de materia prima en Venezuela

El cuadro 2 muestra el volumen de producción de los principales renglones agrícolas de Venezuela entre los años 1998 y 2001. En él se aprecia que el maíz ocupa uno de los primeros lugares durante esos años y que su tendencia es al aumento. Esto refleja las posibilidades como fuentes importante de materia prima.

De igual manera el cuadro 3 muestra que existe una importante producción de maíz en casi todos los estados del país, siendo los principales Portuguesa y Guárico.

### Procesamiento del material

El proceso de producción del material consta de dos actividades principales: la combustión de la hoja de maíz hasta hacerla ceniza y la molienda de dicha ceniza.

La combustión de la hoja de maíz se hizo por tandas, en un ambiente semicerrado en la planta experimental de El Laurel, a partir de la propia quema de la hoja en estado seco y duró aproximadamente 40 minutos por tanda.



Foto 1  
Hoja de maíz

Cuadro 1  
Contenido de ceniza y sílice en residuos agrícolas

Residuos agrícolas	Contenido de ceniza (%)	Contenido de Sílice en ceniza (%)
Cascarilla de arroz	18-25	85-95
Vaina del trigo	8-11	88-91
Paja de arroz	13-15	80-84
Bagazo	13-15	70-75
<b>Hoja del maíz</b>	<b>10-13</b>	<b>62-65</b>
Nodo del bambú	1-2	56-58
Tallo y hoja del girasol	10-12	24-26

Fuente: VISVESVARAYA, H.C. Recycling of agricultural wastes with special emphasis on Rice Husk Ash. En Use of vegetable plants and their fibers as building materials, Joint Symposium. (p.E5)

La molienda de la ceniza se realizó con un Molino de bolas en los laboratorios de la Escuela de Metalurgia de la Facultad de Ingeniería de la UCV. La capacidad del molino es de 5 kg, gira a una velocidad de 60 r.p.m. y se empleó una proporción de material a carga moledora de 1 a 6. El tiempo de molienda fue de una hora, establecido a partir de una investigación previa realizada por el autor para determinar el tiempo necesario de molienda para obtener una finura similar a la del cemento Portland en el caso de la ceniza de cascarilla de arroz (Águila, 2001).

## Caracterización de los materiales

### *Materiales utilizados*

En la elaboración de las probetas se utilizó: cemento, arena, agua y ceniza de hoja de maíz, con las siguientes características.

#### *Arena*

Se utiliza arena estándar de Ottawa. Dado que esta arena es en 99,5 % cuarzo, es homogénea con relación a la arena comercial y así se limitan factores externos que pudieran influir al reaccionar con el material cementante. Los resultados de la caracterización del agregado se indican en el cuadro 4 y cumplen con la norma ASTM.

Cuadro 2  
Producción nacional de los principales renglones agrícolas de Venezuela

Productos	Producción (ton)			
	1998	1999	2000	2001
Arroz	701.168	720.193	676.775	787.119
<b>Maíz</b>	<b>983.121</b>	<b>1.149.452</b>	<b>1.689.551</b>	<b>1.801.061</b>
Sorgo	448.871	363.874	581.526	554.064
Caraota	17.454	13.891	14.758	12.788
Frijol	13.687	13.338	10.663	9.280
Ajonjolí	27.306	31.262	32.605	26.910
Algodón de rama	43.066	37.545	16.823	14.082
Coco	133.075	128.420	111.076	105.801
Palma Aceitera	338.714	336.260	372.658	348.295
Apio	24.692	27.612	24.418	28.737
Batata	13.345	13.928	10.264	12.081
Ñame	63.857	69.623	87.567	87.523
Ocumo	60.466	63.179	62.994	64.443
Papa	371.312	384.050	341.662	329.214
Yuca	519.044	593.996	570.564	605.537
Aguacate	41.661	41.467	52.294	44.465
Cambur	812.921	788.332	763.635	735.079
Lechosa	97.455	98.948	114.234	130.204
Mango	136.257	132.460	130.262	74.982
Melón	132.678	125.672	113.011	130.765
Naranja	475.023	462.579	496.768	456.495
Patilla	310.862	248.508	149.296	167.921
Plátano	615.095	605.225	847.579	766.704
Piña	251.184	298.766	351.078	300.090
Uva	10.528	11.705	12.960	11.328
Ajo	11.397	10.365	11.316	11.216
Cebolla	222.367	199.816	175.228	235.999
Lechuga	19.996	23.742	27.730	29.921
Pepino	16.299	17.347	18.048	13.855
Pimentón	86.577	87.222	77.724	62.232
Remolacha	15.509	15.903	16.556	16.646
Repollo	60.777	61.291	54.835	53.896
Tomate	213.539	220.805	213.064	181.697
Zanahoria	237.628	213.222	184.424	177.642
Café	66.840	79.854	78.440	91.877
Cacao	17.965	13.918	16.126	15.834
Caña de Azúcar	8.111.023	8.501.109	8.831.523	8.862.621

Fuente: Dirección de Estadísticas. MPC.

Cuadro 3

## Superficie y producción de maíz por entidad federal en el año 2001

Entidad Federal	Superficie Cosechada (ha)	Producción (t)
Anzoátegui	12.355	30.825
Apure	21.618	64.847
Aragua	15.047	42.975
Barinas	58.028	236.241
Bolívar	16.940	50.830
Carabobo	1.115	4.005
Cojedes	20.635	76.376
Delta Amacuro	56	133
Falcón	975	1.182
Guárico	141.957	399.175
Lara	3.531	8.751
Mérida	660	1.190
Miranda	1.125	1.346
Monagas	10.828	30.318
Nueva Esparta	35	49
Portuguesa	183.656	758.159
Sucre	2.061	3.718
Táchira	698	1.117
Trujillo	4.797	8.659
Yaracuy	25.270	79.937
Zulia	865	1.228
Total	522.252	1.801.061

Fuente: Dirección de Estadísticas, MPC.

Cuadro 4

## Caracterización de la arena utilizada

Cedazo		Límite superior retenido	Límite inferior retenido	Retenido (%)	Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido acumulado
#	mm					
16	1,18	0	0	0	0	0
30	0,60	4	0	1.10	5.52	1.1
50	0,30	77	67	98.88	494.4	99,98
100	0,15	100	4	0.02	0.08	100.00

Cuadro 5

## Caracterización físico-química del cemento y la ceniza de hoja de maíz

Propiedades físico-químicas	Cemento	Ceniza de hoja de maíz
<b>Propiedades físicas</b>		
Gravedad Específica	3,03	1,91
Superficie Específica (m <sup>2</sup> /Kg)	3,604	6,328
Finura (% Pasa 325)	82,19	87,29
<b>Análisis químico (%)</b>		
SiO <sub>2</sub>	22,44	47,62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,43	0,00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,21	1,58
CaO	63,41	5,16
MgO	0,58	4,12
SO <sub>3</sub>	2,55	0,90
K <sub>2</sub> O	0,31	9,51
Na <sub>2</sub> O	0,26	0,33
Humedad		4,53
Pérdida al fuego	1,75	17,67
TiO <sub>2</sub>	0,10	Trazas
ZnO	Trazas	0,06
MnO	Trazas	0,28

### *Cemento*

Cemento Portland tipo I según norma COVENIN 28 (ASTM C 150). El resumen de su caracterización físico-química se encuentra en el cuadro 5.

### *Ceniza de hoja de maíz*

Se utilizaron hojas de maíz provenientes de plantaciones ubicadas en los Valles de Tuy, en el estado Miranda. Los resultados de su caracterización se resumen en el cuadro 5.

### *Ensayos de caracterización*

#### *a) Análisis químico*

Se utiliza un equipo de absorción Atómica Perkin Elmer 2380 para determinar el contenido de cada elemento en una muestra de material. Los análisis químicos de la ceniza y el cemento utilizados para los morteros se resumen en el cuadro 5.

#### *b) Densidad*

Se sigue el método ASTM C188. Se utiliza un recipiente estándar de Le Chatelier. Los resultados se resumen en el cuadro 5.

#### *c) Superficie específica*

Se determina la finura de los materiales cementantes (cemento y ceniza) utilizando un Permeabilímetro Blaine (ASTM C204), en términos de su superficie específica, expresada como unidad de superficie por unidad de masa. Los resultados se resumen en el cuadro 5.

#### *d) Distribución de tamaño de partículas*

La distribución del tamaño de partículas del agregado se determina por tamizado (ASTM C136).

Del análisis físico se desprenden varios comentarios: en primer lugar, que la ceniza de hoja de maíz pesa menos que el cemento, su gravedad específica no llega a las dos terceras partes de la del cemento. En la mayoría de los casos esto es una ventaja pues se lograrían concretos más livianos. En segundo término, tanto la superficie específica como el porcentaje que pasa el tamiz 325, nos dan un índice de la finura del material. En ambos casos se aprecia que con 1 hora de molienda se obtiene una finura mayor que la del cemento Portland. Esta finura es importante a la hora de medir la reactividad del material.

Del análisis químico realizado el elemento más importante es el porcentaje de sílice en la ceniza, pues es éste el que le otorga la capacidad puzolánica a la ceniza. Se presenta 47,62% de sílice, un nivel por debajo de lo esperado según las referencias encontradas, sin embargo, no deja de ser un valor considerable. Se aprecian porcentajes relativamente altos de humedad (4,53%) y pérdida al fuego (17,67%). Estos valores podrían reducirse si se perfec-

cionan los procesos de producción del material, con lo cual se incrementaría apreciablemente el porcentaje de sílice.

Como elemento negativo se aprecia un porcentaje relativamente alto de álcalis, lo cual puede convertirse en un problema cuando se utilicen agregados que tengan capacidad de reacción con ellos. Si bien el  $\text{Na}_2\text{O}$  se mantiene en valores bajos, el  $\text{K}_2\text{O}$  se presenta en un 9,51%, un nivel considerable, sobre todo si se compara con el del cemento.

### *Diseño de mezcla*

Para el diseño de la mezcla se utilizó el método propuesto por Porrero, Ramos y Grases, obteniendo las proporciones en que deben combinarse el cemento, el agua y los agregados para un concreto de Resistencia Característica de  $250 \text{ Kg/cm}^2$ .

Se definió trabajar con 6 mezclas diferentes, modificando progresivamente las cantidades de cemento y ceniza empleadas. Se partió de una muestra patrón donde el 100% del ligante utilizado fuese cemento Portland, siendo 0% la cantidad de ceniza. A partir de ahí se fue disminuyendo la cantidad de cemento, sustituyéndolo por cantidades iguales, en peso, de ceniza. Los porcentajes de sustitución se reflejan en el cuadro 6 donde además se indican las proporciones utilizadas para las diferentes mezclas de morteros.

### *Pruebas realizadas a los morteros*

A cada una de las mezclas de mortero descritas se le realizaron las siguientes pruebas físicas.

#### *a) Determinación de la consistencia.*

Según el método ASTM C230, la cantidad de agua necesaria para cada mortero se determina por medio del flujo, el cual en general se encuentra entre 100% y 110%, para obtener así una pasta con una consistencia adecuada. En el presente estudio se utilizó la relación agua/ligante (cemento más ceniza) con un valor constante de 0,50 y se determinó el valor del flujo de cada mezcla. En el cuadro 6, así como en el gráfico 1 se refleja cómo el flujo disminuye en la medida en que se sustituye más cemento por ceniza, lo cual significa que, para lograr una consistencia adecuada, se requiere mayor cantidad de agua en la mezcla cuando se emplea ceniza en sustitución de cemento. Esto es una desventaja de este material debido a que un incremento en la cantidad de agua redundaría en una reducción de la resistencia a la compresión. Si los valores de sustitución fuesen grandes debería evaluarse la posibilidad de utilizar aditivos plastificantes para mantener baja la relación agua cemento.

*b) Resistencia a la compresión*

Siguiendo la norma ASTM C109, para cada mezcla de mortero se elaboraron 3 probetas cúbicas de 5,08 cm de lado, con la finalidad de obtener un promedio representativo. El curado se realizó por inmersión en agua. Se utilizó una Máquina Universal Baldwin a velocidad constante de aplicación de carga y con la escala de 5.000 Kg. El resumen de los resultados se refleja en el cuadro 7 y en el gráfico 2, apreciándose cómo la resistencia a compresión a los 28 días se mantiene cercana a la del patrón, hasta un 20% de sustitución, experimentando disminuciones posteriores, proporcionales al porcentaje de sustitución.

*c) Expansión de morteros.*

Se sigue el método de determinación de la expansión en morteros por medio de barras: COVENIN, ASTM C157, ASTM C227 y ASTM C441.

Se determina la susceptibilidad de la combinación cemento-agregados a reacciones expansivas debido a los iones hidroxilos asociados a los álcalis (óxido de sodio y óxido de potasio), por medio del cambio dimensional que sufren barras de mortero preparadas con los materiales en estudio.

Se preparan 2 barras de 285 mm de largo y una sección cuadrada de 25 mm de lado para cada mezcla. Las barras son colocadas en cámara húmeda a 21°C y las medidas de expansión se realizan en función del tiempo de curado, por medio de un comparador ASTM C490. El resumen de los resultados se encuentra en el gráfico 3.

Se preparan 2 barras de 285 mm de largo y una sección cuadrada de 25 mm de lado para cada mezcla. Las barras son colocadas en cámara húmeda a 21°C y las medidas de expansión se realizan en función del tiempo de curado, por medio de un comparador ASTM C490. El resumen de los resultados se encuentra en el gráfico 3.

Cuadro 6

Proporciones de materiales en las mezclas de mortero

Materiales	Patrón	10%	15%	20%	25%	30%
Contenido ceniza (g)	0	10	15	20	25	30
Cemento (g)	1250	1125	1062,5	1000	937,5	875
Ceniza de hoja de Maíz (g)	0	125	187,5	250	312,5	375,0
Ligante Total (g)	1250	1250	1250	1250	1250	1250
Volumen Equivale (cc)	0	78,38	117,57	156,77	195,96	235,15
Ceniza equivalente (%)	0	6,51	9,96	13,55	17,29	21,18
Arena (g)	3.437,5	3.437,5	3.437,5	3.437,5	3.437,5	3.437,5
Agua (cc)	630	630	630	630	630	630
Relación agua cemento a/c	0,50	0,56	0,59	0,63	0,67	0,72
Relación agua ligante total a/L	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Flujo	106	93	82	80	68	60
Mezcla total (g)	4.687,5	4687,5	4.687,5	4.687,5	4.687,5	4.687,5
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	2,249	2,226	2,214	2,203	2,192	2,181

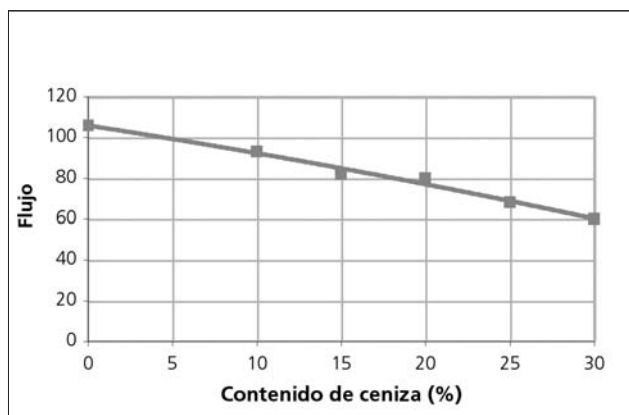


Gráfico 1  
Influencia del contenido de ceniza en el flujo de la mezcla

Cuadro 7

Resultados del ensayo de Resistencia a Compresión

Proporción cemento : ceniza	Resistencia a compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	
	7 días	28 días
100 : 0	301	413
90 : 10	264	425
85 : 15	298	397
80 : 20	254	398
75 : 25	258	381
70 : 30	249	367

El gráfico 3 muestra la expansión de los morteros preparados con ceniza de hoja de maíz en función del tiempo. Se constata que en las condiciones de curado (inmersión en agua), el cambio dimensional fue relativamente pequeño, por debajo de 0,003%, con valores no muy diferentes para las distintas combinaciones, no pudiendo establecerse una relación clara entre el contenido de ceniza y la expansión del mortero. En espera de un estudio más específico de este comportamiento se podría intuir que no existe un efecto importante del contenido de álcalis en ceniza.

d) *Ensayo de durabilidad*

Se sigue el método ASTM C452, con la finalidad de estudiar el comportamiento de los materiales cementantes y sus reacciones posibles tanto con los agregados como con agentes agresivos externos, lo cual da un índice de su estabilidad química y su durabilidad. Se preparan probetas de cada mortero y son sumergidas en una solución saturada de sulfato de sodio. La posible expansión es medida por medio de un comparador ASTM C490 en función del tiempo de exposición. Los resultados se encuentran en el gráfico 4 e indican que para adiciones de hasta el 20% no se aprecian efectos negativos, manteniéndose la expansión por debajo de 0,003%. Para adi-

Gráfico 2  
Resistencia a compresión a 7 y 28 días según el contenido de ceniza

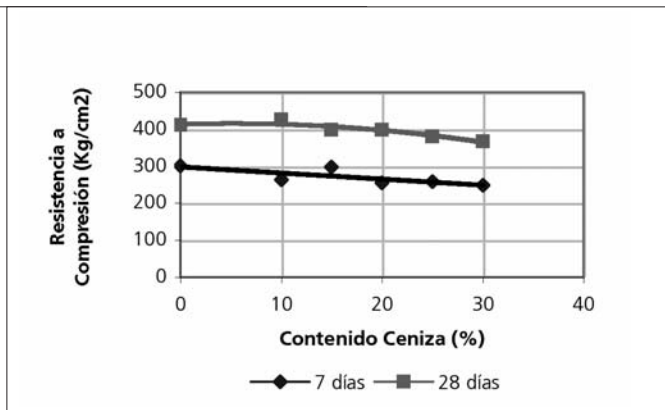


Gráfico 3  
Expansión de morteros

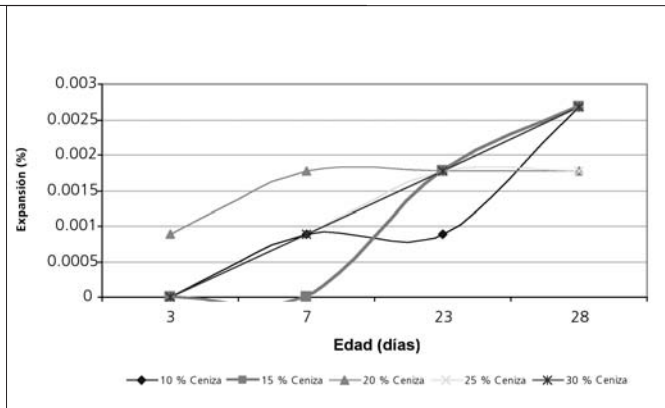
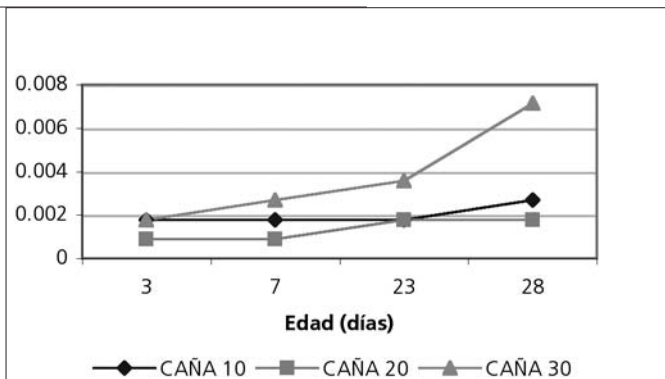


Gráfico 4  
Expansión de morteros en solución saturada de sulfato de sodio



ciones de 30% de ceniza se experimenta una expansión algo superior pero igualmente pequeña.

*e) Índice de actividad puzolánica*

El término "puzolana" se ha extendido a todo material silíceo o sílico-aluminoso que por sí solo poseen baja o nulas propiedades cementantes, pero en presencia de humedad y cal pueden reaccionar químicamente y formar compuestos que sí tienen interesantes propiedades cementantes e hidráulicas. Por ello utilizamos un índice de actividad puzolánica definido como la relación de resistencias a la compresión de un mortero con adición de material puzolánico y la de un mortero a base de cemento Portland. En general se especifica que dicho índice no debe ser inferior a 0,75 lo que quiere decir que el material puzolánico debe de tener al menos el 75% de la resistencia del patrón.

Se calculan los "índices de actividad puzolánica-IAP" a los 7 y 28 días. En el cuadro 8 se resumen los resultados. El IAP se mantiene muy alto hasta 20% de sustitución y aunque comienza a descender para porcentajes mayores, se mantiene por encima de 0,75.

*f) Densidad del mortero.*

En el gráfico 5 se muestra cómo la densidad del mortero va disminuyendo en la medida en que se aumenta el contenido de ceniza, lo cual es consecuencia de su menor densidad respecto al cemento Portland.

**Conclusiones**

De la investigación realizada se desprende que, en efecto, estamos en presencia de un material con la potencialidad de ser usado como sustituto parcial del cemento en las obras, al menos, en proporciones que no superen el 20%. Para estos valores vemos que se pueden lograr morteros de propiedades similares al cemento puro. La resistencia a compresión y la estabilidad química se comportan muy bien, en tanto que se logran morteros más ligeros, lo cual comúnmente es deseable. En contraposición se experimenta una disminución en el flujo de la mezcla, lo cual puede provocar una demanda mayor de agua para su elaboración con los inconvenientes que esto traería.

En la caracterización del material se aprecia un importante contenido de sílice (47,6%) en la ceniza, el cual podría incrementarse si se estudia y desarrolla un proceso más riguroso de obtención del material. Se presentó un 4,5% de humedad y un alto 17,7% de pérdidas por fuego. Ambos elementos se podrían reducir y, por consiguiente, obtener un material más puro, si se estudia mejor el proceso de producción. Es recomendable entonces formular una investigación futura que haga énfasis en este aspecto.

Cuadro 8  
Resultados del ensayo de Resistencia a Compresión

% de Cenizal	AP a 7 días	IAP a 28 días
0	1	1
10	0,877	1,029
15	0,990	0,961
20	0,841	0,964
25	0,857	0,923
30	0,827	0,889

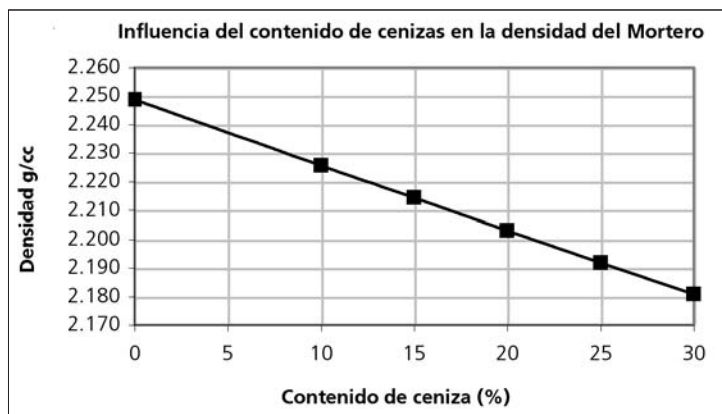


Gráfico 5  
Variación de la densidad de mortero con el porcentaje de ceniza



## Referencias bibliográficas

- Águila, I. (2001) "Cementos Pozzolánicos, una alternativa para Venezuela", *Tecnología y Construcción*, n° 17-III, pp. 27-34. Caracas.
- Cachan, A. Cementos. Encuentro Medioambiental Almeriense: En busca de soluciones. Andalucía. Documento de Internet.
- Cincotto, M.A.; Agopyan, V. y John, V.M. (1990) Optimization of Rice Husk Ash production.
- Vegetable plants and their fibers as building materials, Proceedings of the Second International Symposium, RILEM, CIB, UFBa. Salvador de Bahía.
- Farías, J. S. A. y Recena, F. A. P. (1990) Study for brazilian Rice Husk Ash Cement. Vegetable plants and their fibers as building materials, Proceedings of the Second International Symposium, RILEM, CIB, UFBa. Salvador de Bahía.
- Hammond, A. (1983) "Pozzolana cements for low cost housing". Appropriate Building Materials for low cost housing, Proceedings of a Symposium, CIB, RILEM. Nairobi.
- Hwang, C. L. y Wu, D. S. (1989) Properties of cement paste containing Rice Husk Ash. Third International Conference on the use of Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete. Trondheim.
- IMCYC (2001) "Propiedades del concreto que contiene ceniza volante ultrafina", *Construcción y Tecnología*, febrero 2001. México.
- Martirena, J. F.; Middendorff, B.; Budelmann, H. y Gehrke, M. (1997) Estudio de la reacción de hidratación de aglomerantes de cal puzolana fabricados en base a desechos de la industria azucarera. Inédito. Informe resultado de trabajo de investigación. Universidad Central de las Villas-UCLV, Santa Clara, Cuba.
- Mazlum, F. y Uyan, M. (1992) Strength of Mortar made with cement containing Rice Husk Ash and cured in Sodium Sulphate solution. Fourt International Conference on the use of Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete. Instambul.
- Mehta, P. K. The chemistry and technology of cements made from rice husk ash. Proceedings of a joint workshop on production of cement-like materials from agro-wastes. UNIDO/ESCAP/RCTT/PCSIR. Bangalore.
- Mehta, P. K. (1989) Pozzolanic and Cementitious By-Products in Concrete-Another look. Third International Conference on the use of Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete. Trondheim.
- Nagataki, S. (1994) Mineral Admixtures in Concrete: State of the Art and Trends. *Concrete Technology: Past, present and future-Procendings*, of V. Moham Malhotra Symposium. Detroit.
- Ratnam, C.V.S. Manufacture and utilization of cement like materials from rice husk-issues for consideration. Proceedings of a joint workshop on production of cement-like materials from agro-wastes. UNIDO/ESCAP/RCTT/PCSIR. Bangalore.
- Rodríguez, R.; Dámazo, D. y Uribe, R. (2000) "Los cementos puzolánicos aumentan la resistencia del concreto al ataque de sulfatos", *Construcción y Tecnología*, julio 2000. México.
- Salas, J.; Castillo, P.; Sánchez de Rojas, M. I. y Veras, J. (1986) "Empleo de cenizas de cáscara de arroz como adiciones en morteros", *Materiales de Construcción*, vol. 36, n° 203, pp. 21-39, Madrid.
- Shah, R. A.; Khan, A. H.; Chaudhry, M. A. y Quaiser, M. A. Utilization of RHA for the production of cement-like materials in rural areas. Proceedings of a joint workshop on production of cement-like materials from agro-wastes. UNIDO/ESCAP/RCTT/PCSIR. Bangalore.
- Shimizu, G. y Jorillo, P. (1990) Study on the use of rough and unground ash from an open heaped-up burned rice husk as a partial cement substitute. Vegetable plants and their fibres as building materials, Proceedings of the Second International Symposium, RILEM, CIB, UFBa. Salvador de Bahía.
- Smith, R.G. y Kamwanja, G.A. (1986) The use of Rice Husks for making a cementitious material. Use of vegetable plants and their fibres as building materials, Joint Symposium, RILEM. Bagdad.
- Sosa, M. (1994) Utilización de materias primas vegetales para la producción de materiales de construcción. Análisis crítico. (Inédito). Trabajo de ascenso, FAU-UCV, Caracas.
- Suguita, S.; Shoya, M. y Tozuda, H. (1992) Evaluation of Pozzolanic Activity of Rice Husk Ash. Fourt International Conference on the use of Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete. Instambul.
- United Nations Centre For Human Settlements (Habitat) (1993): Development of Pozzolanic Cement. Endogenous Capacity-Building for the production of binding materials in the Construction Industry. Selected case studies. Nairobi, Kenya.
- Visvesvaraya, H.C. (1986) Recycling of agricultural wastes with special emphasis on Rice Husk Ash. Use of vegetable plants and their fibres as building materials, Joint Symposium, RILEM. Bagdad.

## Listado de normas y métodos utilizados

ASTM	Manual of Aggregates and Concrete Testing.
ASTM C109	Test method for compressive strength of hydraulic cement mortars (Using 50 mm cube specimens).
ASTM C136	Sieve analysis of fine aggregate
ASTM C150	Specifications for Portland cement.
ASTM C157	Test Method for length change of hardened cement mortar and concrete.
ASTM C188	Density of hydraulic cement
ASTM C192	Method of making and curing concrete test specimens in laboratory.
ASTM C204	Fineness of Portland cement by air permeability apparatus
ASTM C227	Test method for potential alkali reactivity of cement aggregate combinations (Mortar bar method).
ASTM C230	Specification for Flow table for use in tests of hydraulic cement.
ASTM C305	Method for mechanical mixing of hydraulic cement pastes and mortars of plastic consistency.
ASTM C311	Sampling and testing fly ash or natural pozzolans for use as a mineral admixture in Portland cement concrete.
ASTM C430	Fineness of hydraulic cement by the 45 $\mu\text{m}$ (N°325) sieve.
ASTM C441	Test method for effectiveness of mineral admixtures in preventing excessive expansion of concrete due to alkali aggregate reaction.
ASTM C452	Test method for potential expansion of Portland cement mortars exposed to sulfate.
ASTM C490	Apparatus for use in measurement of length change of hardened paste, mortar and concrete.
ASTM C778	Specification for standard sand.

## Hacia una normativa sobre la calidad térmica de las edificaciones en Maracaibo\* (Normativa de Calidad Térmica de las Edificaciones)

Nastia Almao / Verónica Reyes / Carlos Quirós / Alex Luzardo  
ENELVEN / LUZ

### Resumen

Se presenta una metodología para evaluar el diseño energético de la envolvente de una edificación, bajo las condiciones climáticas de la ciudad de Maracaibo, que servirá como base para el diseño de una Ordenanza Municipal que regule la calidad térmica de las edificaciones. La metodología esta basada en la determinación del Valor de Transferencia Térmica Global de la edificación. Se elaboraron las bases de datos requeridas para su determinación y, se dan recomendaciones sobre los límites de cumplimiento. Se presentan los objetivos, estructuración, y alcances que se recomienda tenga la ordenanza de calificación térmica de las edificaciones del municipio Maracaibo.

### Abstract

*A methodology to evaluate de energetic design of a building envelope, under Maracaibo city climatic conditions is presented. It will be the support of a municipal code for building design, which will regulate the building envelope thermal quality. It is based on the building Overall Thermal Transfer Value calculation. The required data base for its determination were constructed and recommendations about criteria compliance are given. Finally, the objective, general content and scope recommended to be included in the Maracaibo new municipal energy code are presented.*

Maracaibo es una ciudad con características ambientales muy particulares. Debido a su ubicación geográfica, posee durante todo el año un clima caracterizado por alta temperatura y humedad. En los últimos 25 años el crecimiento de la ciudad de Maracaibo se ha caracterizado por una rápida expansión urbana que ha originado profundos cambios en su calidad ambiental. Este crecimiento ha sido regido por un Plan de Desarrollo Urbano que no contempla variables sobre la calidad térmica de las edificaciones. La aplicación de este instrumento legal y la no consideración de técnicas bioclimáticas en el diseño han originado edificaciones térmicamente inadecuadas, obligando a sus usuarios a instalar equipos mecánicos acondicionadores de aire de gran capacidad para lograr ambientes más confortables, generando un uso intensivo del mismo y elevando el consumo de electricidad.

En consecuencia, Maracaibo representa la ciudad con mayor consumo eléctrico residencial, tanto en Venezuela como en toda América Latina. Esta circunstancia ha dado lugar a la realización de diferentes trabajos promovidos por la Corporación Energía Eléctrica de Venezuela (ENELVEN), relacionados con recomendaciones para mejorar la calidad térmica del espacio urbano y de las edificaciones, los cuales se pueden considerar como antecedentes de esta investigación. Cabe señalar que estos trabajos han generado cambios significativos en la arquitectura local, sin embargo, sólo una normativa de cumplimiento obligatorio, que regule la ganancia térmica a través de la envolvente de las edificaciones, ofrecerá una respuesta contundente a los problemas de calidad térmica y consumo energético.

\* Los autores desean expresar su agradecimiento al Fondo Nacional de Tecnología e Innovación FONACIT, adscrito al Ministerio de Ciencia y Tecnología, y a la C.A. Energía Eléctrica de Venezuela-ENELVEN, por el financiamiento de este proyecto, así como a la Comisión de Mejoramiento de la Calidad Térmica de las Edificaciones por sus valiosos aportes y comentarios.

### Descriptores:

Calidad térmica de las edificaciones; Normativa de Calidad Térmica; Edificaciones en Maracaibo (Venezuela)

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN. Vol. 21-III, 2005, pp. 19-29.  
Recibido el 24/01/06 - Aceptado el 23/02/06

Cualquier normativa de esta naturaleza requiere de un método de cálculo que cuantifique la ganancia térmica a través de la envolvente de la edificación para el establecimiento de límites que sirvan como parámetros de cumplimiento.

En este trabajo se presenta una metodología de cálculo que permitirá la evaluación del diseño energético de una envolvente, considerando las condiciones climáticas locales, el comportamiento térmico de las configuraciones constructivas de paredes y techos, el acabado externo de los mismos, el tipo y la dimensión de los ventanajes, las protecciones solares externas y la temperatura interior de diseño del sistema de acondicionamiento ambiental, y que servirá de base para el establecimiento de una normativa sobre la calidad térmica de las edificaciones en Maracaibo. Igualmente, se presentan de manera resumida los objetivos, el contenido, el alcance y los incentivos propuestos para la elaboración de la Ordenanza sobre Calidad Térmica de Edificaciones (OCATED) en el municipio Maracaibo.

Para su desarrollo, se hizo en primer lugar una revisión de la normativa local de construcción y de algunos códigos energéticos y normas internacionales. Luego, se seleccionó el método de cálculo, se elaboraron las bases de datos requeridas para los mismos y, finalmente, se elaboraron recomendaciones sobre los límites de cumplimiento.

## Revisión de Normas: nacionales y de otros países

Como marco de referencia para el establecimiento de la metodología, se revisó la Ordenanza de Zonificación de la Ciudad de Maracaibo; luego, a nivel nacional, la Norma Sanitaria para Edificaciones, y se pudo constatar, coincidiendo con trabajos realizados por otros autores (cf. Siem y Sosa, 2000), que no existe ningún requerimiento vinculado ni a la eficiencia energética ni a la calidad térmica de las edificaciones. A continuación se estudiaron varias normativas internacionales, seleccionando algunas correspondientes a localidades con condiciones climáticas similares a las de Maracaibo, tales como el Código de Edificaciones de Pakistán (1990), el Código de Edificaciones de Jamaica (1994) y el Código de Eficiencia Energética para la Construcción de Edificaciones del Estado de Florida (1998). También se analizó el ASHRAE/IES Standard 90.1-1989, poniendo especial atención en aquellos requerimientos establecidos para ciudades como San Juan de Puerto Rico y Guantánamo. En esta revisión se pudo observar que, en general, los mencionados Códigos

regulan todos los sistemas de la edificación relacionados con el consumo de energía, como iluminación, distribución y potencia eléctrica, sistemas de ventilación y aire acondicionado, sistemas y equipamientos auxiliares, equipos de calentamiento, equipos y sistemas de servicio de agua caliente. Con excepción del Código de Florida, las normativas fueron establecidas como de aplicación opcional y forman parte de un proceso de educación y adaptación para la elaboración en el futuro de un instrumento legal de carácter obligatorio. La norma ASHRAE 90.1-1989 muestra las pautas para el diseño de edificaciones energéticamente eficientes y sirve como referencia para la mayoría de los códigos revisados. Tanto en los códigos como en el estándar se establecen diferentes métodos para verificar el cumplimiento de la normativa. Los más importantes son los denominados Método Preestablecido y Método de Comportamiento Térmico del Sistema. En el primero, la evaluación se realiza a través de tablas que contienen paquetes de alternativas de construcción de la envolvente, presentando los requerimientos que deben satisfacer las paredes y techos. El segundo método requiere un programa de cálculo, con modelos matemáticos, para permitir mayor flexibilidad en la evaluación de diseños de edificaciones o envolventes más complejas. La determinación de la ganancia térmica a través de las superficies exteriores se realiza mediante la introducción de datos característicos de la envolvente de la edificación a evaluar. Es requerido el desarrollo de este programa de cálculo para poder elaborar las tablas que constituyen el método preestablecido. Ambos métodos se basan en información ya tabulada y procedimientos de cálculo descritos por la ASHRAE (1997). La norma ASHRAE 90.1-1989 requiere que, en el caso de materiales o de configuraciones constructivas cuya información no exista en la data plasmada en sus manuales, sea solicitada al fabricante. La información requerida debe provenir de pruebas de laboratorios certificados, siguiendo las normas ASTM correspondientes, también descritas en la norma o estándar.

## Selección del método de cálculo

En este trabajo se seleccionó el Método de Comportamiento Térmico, basado en la determinación del Valor de Transferencia Térmica Global (VTTG) de paredes y techos, siguiendo básicamente la metodología propuesta por la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning

Engineers), contenida en la versión 1997 del ASHRAE/IES Standard 90.1-1989. El VTTG de una edificación depende de su orientación, el tipo de configuración constructiva de la porción opaca, el tipo de ventanaje y el tipo de protecciones solares externas.

### Valor de Transferencia Térmica Global

El Valor de Transferencia Térmica Global (VTTG) representa la ganancia térmica máxima a través de las superficies exteriores de una edificación, fijando una temperatura interna de veinticinco grados centígrados (25°C). Se evalúa bajo condiciones climáticas establecidas como extremas para la ciudad de Maracaibo y se determina en forma separada para paredes y techos, por unidad de área total.

La evaluación se realiza a través de la introducción de datos de la envolvente de la edificación a evaluar en un programa de cálculo especialmente diseñado para la determinación del VTTG. El valor resultante se presenta desglosado para paredes y techos y, luego de establecidos los límites, permitirá determinar si el diseño califica o no. El VTTG está basado en:

- Diferencia de Temperaturas Equivalente ( $DT_{eq}$ ), la cual toma en cuenta la ganancia solar de la configuración, a través del valor del factor de atenuación y el retraso térmico.
- Propiedades térmicas, físicas y ópticas de la porción opaca de las paredes y techos.
- Propiedades térmicas y ópticas de la porción transparente de paredes y techo.
- Proporción de área de ventanas en paredes y de tragaluzes en techos.
- Factor de proyección de sombra externa.
- Orientación de cada pared.
- Temperatura interna de diseño.

Las ecuaciones para determinar el Valor de Transferencia Global (VTTG) por unidad de área total de pared o techo, son:

$$\text{Para paredes:} \tag{1}$$

$$\text{VTTG}_i = U_i (DTE_i F_{cop} A_c)_i (1 - RVP_i) + FS_v F_{cv} RVP_i CS_x + U_v RVP_i DT$$

donde:

$VTTG_i$  es el valor de transferencia térmica global para una orientación específica de pared o fachada  $i$  (en  $w/m^2$ ).

$U_i$  es el coeficiente global de transferencia de calor o transmitancia térmica de la porción opaca de la pared  $i$ , (en  $w/m^2 K$ ).

$DTE_i$  diferencia de temperatura equivalente entre el exterior y el interior que incorpora los efectos de ganancia solar en la pared opaca de color oscuro.

$F_{cop}$  factor de corrección por orientación de la porción opaca de la pared.

$A_c$  coeficiente de absortividad de la superficie externa de la porción opaca de la pared para corregir por color.

$DT$  diferencia entre la temperatura exterior de diseño (34°C) y la temperatura interior de confort, establecida en 25°C.

$RVP_i$  es la relación de área de ventanaje a área total de la pared  $i$ .

$FS_v$  factor solar para las superficies verticales, fijo en 316.68  $w/m^2$ , el cual corresponde al factor de ganancia solar máximo promedio anual de las ocho orientaciones, en Maracaibo.

$F_{cv}$  es el factor de corrección por orientación de los ventanajes.

$CS_x$  es el coeficiente de sombra del ventanaje, ya corregido por sombra exterior:  $CS_x = CS_v * CSE$ , siendo el CSE el factor de corrección por sombra externa, cuyo valor depende del tipo y dimensiones de la protección solar. El valor de CSE es igual a 1 si no se consideran protecciones solares externas.

$U_v$  transmitancia térmica del ventanaje de la pared  $i$  (en  $w/m^2 K$ ).

El VTTG promedio de paredes se determina como:

Para techos:

$$\text{VTTG}_p = \frac{\sum VTTG_i A_i}{\sum A_i} \tag{2}$$

donde:

$$\text{VTTG}_i = U_i (DTE Ac)(1 - RTT) + FS_i RTT CS_{x_i} + U_i RTT DT \tag{3}$$

$VTTG_t$  es el valor de transferencia térmica global del techo (en  $w/m^2$ );

$DTE$  Diferencia de temperatura equivalente entre el exterior y el interior que incorpora los efectos de ganancia solar de la porción opaca de color oscuro en el techo;

$RTT$  es la relación de área de tragaluz a área total del techo;

$U_t$  es el coeficiente global de transferencia de calor o transmitancia térmica de la porción opaca del techo (en  $w/m^2 K$ );

$DT$  Diferencia entre la temperatura exterior de diseño (34.0 C) y la temperatura interior de confort, establecida en 25 C;

$FS_t$  Factor solar, para superficies horizontales, corresponde al valor horario promedio anual de los máximos, fijo en 639.46  $w/m^2$ ;

$A_c$  Coeficiente de absortividad de la superficie externa de la porción opaca del techo para corregir por color;

$CS_{x_t}$  es el coeficiente de sombra del tragaluz, ya corregido por sombra exterior;

$U_f$  es la transmitancia térmica del tragaluz, en  $w/m^2 K$ .

Para su cálculo se requiere construir tres bases de datos: la base de datos climáticos; la base de datos de materiales y sistemas constructivos en el mercado de la construcción local con sus respectivas propiedades termo-físicas, y la base de datos de protecciones solares.

### Datos climáticos

Para la elaboración de esta base de datos se utilizaron los registros horarios de temperatura ambiente, radiación solar total y radiación difusa sobre superficies horizontales de todos los meses correspondientes a los años 1997 al 1999, medidos y suministrados por la estación meteorológica urbana del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura de La Universidad del Zulia IFA-LUZ. Estos datos fueron procesados para determinar los valores promedio horario correspondientes a cada mes. A partir de esta data, se procedió a calcular la radiación directa, difusa y reflejada que recibían los planos verticales, para ocho orientaciones: Norte, Noreste, Este, Sureste, Sur, Suroeste, Oeste y Noroeste; el factor de ganancia solar y la temperatura sol-aire para superficies de color oscuro y de color claro, para cada mes del año.

### Datos de materiales y sistemas constructivos en el mercado de la construcción local

Para la evaluación del comportamiento térmico de una determinada configuración constructiva se requiere conocer los valores del espesor, densidad, calor específico y conductividad térmica (o resistencia térmica equivalente) de cada capa de material que conforma el ensamblaje; además de la realización de mediciones experimentales de temperaturas en diferentes puntos especialmente seleccionados en el volumen de la edificación o, en su defecto, la realización de simulaciones informáticas basadas en técnicas avanzadas de computación. Los resultados permitirán determinar, para cada ensamblaje constructivo, el factor de atenuación y el retraso térmico, y conocer cómo varía la temperatura del aire interior en el transcurso del día, bajo las condiciones climáticas locales.

En Venezuela no existen laboratorios acreditados que determinen las propiedades termo-físicas anteriormente mencionadas de las diferentes configuraciones utilizadas en el mercado local de la construcción, y la única información que los fabricantes normalmente ofrecen es referente al peso y —en algunos casos (nuevas tecnologías)—

la resistencia térmica. En la literatura especializada es posible obtener el valor de estas propiedades para algunos materiales de uso común en la construcción internacional, tales como, arcilla, morteros, concreto de diferentes densidades, aislantes, maderas, impermeabilizantes y algunos bloques, pero no incluyen la amplia gama de bloques y zapas que se fabrican en nuestro país para la construcción de paredes y techos, ni los diferentes tipos de impermeabilizantes. Mientras no se tengan datos resultantes de mediciones realizadas por laboratorios especializados y certificados, una forma aproximada de obtenerlos es calculando la resistencia equivalente mediante el método de trayectorias en serie y paralelo de planos isotérmicos, descrito por la ASHRAE (1997), a partir de los materiales básicos cuyas propiedades se encuentran tabuladas.

### Diferencia de Temperatura Equivalente DTE de las configuraciones constructivas de paredes y techos utilizadas en la región

Uno de los métodos para determinar la ganancia de calor y carga de enfriamiento en un determinado instante de tiempo, en cálculos de sistemas de aire acondicionado, es el método TETD/TA, descrito en el Fundamentals ASHRAE (1997), el cual está basado en la diferencia de temperatura equivalente. Este es el concepto utilizado en este trabajo para determinar el VTTG. La ecuación utilizada para el cálculo del DTE, a cada hora, es:

donde:

$$DTE = T_{sa} - T_i + FA(T_{sa,t-\delta} - T_{sa}) \quad (4)$$

$T_{sa}$  es la temperatura sol-aire promedio;

$T_i$  es la temperatura interna de confort;

FA es el factor de atenuación efectivo;

$T_{sa,t-\delta}$  es la temperatura sol-aire  $\delta$  horas antes de la hora de cálculo de la diferencia de temperatura equivalente;

$\delta$  son las horas de retraso térmico.

El FA (factor de atenuación efectivo) representa la atenuación de la onda correspondiente a la variación transitoria periódica de la temperatura superficial externa de una pared expuesta a una variación periódica del flujo de

calor que experimenta la misma, debido al almacenamiento térmico del material; depende del calor específico, densidad y conductividad térmica del material y es calculado como:

$$FA = \frac{(T_{max} - T_{min})_i}{(T_{max} - T_{min})_o} \quad (5)$$

donde:

$(T_{max} - T_{min})_i$  es la amplitud de la onda de temperatura, correspondiente a la superficie interior de la pared o techo;

$(T_{max} - T_{min})_o$  es la amplitud de la onda de temperatura, correspondiente a la superficie exterior de la pared o techo.

Se realizaron simulaciones de comportamiento térmico con el programa EVITA (Almao et al., 1998), basado en diferencias finitas, para determinar la temperatura superficial interna y externa de cada configuración, y, a partir de esos datos, determinar el correspondiente factor de atenuación y retraso térmico de cada pared y techo. Luego, utilizando la data horaria promedio mensual de temperatura sol-aire, se determinaron en hojas de cálculo los valores horarios de DTE para superficie horizontal, en el caso de techos, y para las ocho orientaciones en el caso de paredes, para cada mes. Se construyó una hoja resumen que muestra los valores máximos y la hora a la cual ocurren, para cada mes y para cada orientación.

Estos cálculos han sido realizados para 38 configuraciones constructivas de paredes y 114 configuraciones constructivas de techo, de color oscuro ( $\alpha = 0,8$ ).

El factor de corrección por orientación de superficies opacas se calculó para cada configuración de pared, los cuales resultaron muy parecidos, razón por la cual se decidió promediar todos los valores obtenidos para cada orientación y obtener así un único factor de corrección de superficies opacas, por orientación, los cuales se muestran en cuadro 1.

A partir de los resultados obtenidos para las diferentes configuraciones constructivas de techos y paredes se obtuvieron ecuaciones que se ajustan a la data de DTE vs U/CT, utilizando como parámetro el peso por  $m^2$ . Esto

se hizo con la finalidad de disponer de correlaciones que permitieran estimar el valor del DTE si se presenta una configuración que no se encuentre en la base de datos.

### Factor de corrección del DTE por color

Todos los parámetros considerados para el cálculo del VTTG, relacionados con la ganancia solar de la envolvente, han sido determinados para un color oscuro de la superficie exterior. Por lo tanto, se requiere hacer una corrección de los DTE con un factor de absortividad denominado  $A_c$ , que es simplemente la relación entre la absortividad del color real y aquella correspondiente al color oscuro. En consecuencia, tendrá un valor igual a 1 para aquellos colores de absortividad igual a 0,8 y mayor que uno para colores con valores de absortividad mayores que 0,8.

Si en una misma fachada hay diferentes acabados o colores, el VTTG de dicha pared se debe calcular tomando en cuenta el porcentaje de área de pared que tiene cada color. Para ello se determina un  $A_{c_i}$  ponderado en área de porción opaca, de acuerdo a la siguiente ecuación:

donde:

$$A_{c_i} = \sum A_{c_j} RC_j \quad (6)$$

$RC_j$  es la relación entre el área de color j y el área de la porción opaca de la pared i ( $A_j/A_i$ ); y,

$A_{c_j}$  es el coeficiente de absortividad correspondiente al color j.

### Determinación del valor de $U_v$ y $Cs_v$

La transmitancia térmica y el coeficiente de sombra de los ventanajes se toman de la data suministrada por los fabricantes y su valor depende del tipo, color y número de vidrios que tenga el ventanaje bajo consideración. Igualmente, existe data de U y CS para las películas adhesivas protectoras de vidrio.

Cuadro 1  
Factor de orientación de la porción opaca de paredes

N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
0,80	0,86	1,04	1,04	0,99	1,16	1,14	0,97

### Diferentes configuraciones constructivas en una misma pared o techo

Si existen diferentes configuraciones constructivas en una misma fachada o techo, se requiere determinar un valor de U y DTE equivalente, para ser sustituido en la correspondiente ecuación de cálculo del VTTG. Para cada configuración existe un valor determinado de U y DTE, por lo tanto debe determinarse, en primer lugar, un valor ponderado en área de porción opaca del producto de U por DTE; luego, un valor ponderado en área de porción opaca de U, entre el cual se divide el producto, para obtener el valor de DTE equivalente que será corregido por orientación en la ecuación (1 y/o 2). Los cálculos se harán de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$U_j DTE_j = \frac{\sum U_i A_i DTE_i}{\sum A_i} \tag{7}$$

donde:

$A_i$  es el área de la sección i con determinada técnica constructiva;

$U_i$  y  $DTE_i$  son los valores de U y DTE de la técnica constructiva de la sección i.

El valor de U a utilizar en el segundo término de la ecuación (1), es el U ponderado en área de la sección opaca, esto es,

$$U_{pj} = \frac{\sum U_i A_i}{\sum A_i} \tag{8}$$

y el de DTE de la pared correspondiente será:

$$DTE_{pj} = \frac{U_j DTE_j}{U_{pj}} \tag{9}$$

### Factor Solar para determinar la ganancia solar a través del ventanaje ( $FC_v$ )

El factor solar para determinar la ganancia solar a través del ventanaje (ventanas y tragaluces) corresponde al valor horario máximo promedio anual de energía solar incidente sobre las ventanas (paredes) y superficie horizontal, tragaluces (techo), los cuales deben determinarse a partir de la data procesada de radiación solar, descrita anteriormente. Los factores de corrección obtenidos, por orientación, de los ventanajes  $FC_v$ , se muestran en el cuadro 2.

### Determinación del factor de corrección por sombra externa

El coeficiente de sombra externa (CSE) relaciona la ganancia térmica solar a través de una abertura acristalada provista de dispositivos de protección solar con respecto a la ganancia obtenida en el mismo ventanaje sin los elementos proyectantes de sombra, por lo tanto será igual a 1 cuando no se consideren protecciones solares externas. Su valor varía para cada hora del día, dependiendo de la orientación del ventanaje y del tipo de protección solar.

Las ecuaciones que permiten estimar el CSEt para una determinada ventana parcial o totalmente sombreada por una protección solar en una orientación específica y a una determinada hora, es la siguiente:

$$CSE_t = (IBF_t((AAB - ASV_t) / AAB) + (IDF_t + IRF_t)) / ITF_t \tag{10}$$

donde:

$CSE_t$  es el valor del coeficiente de sombra exterior para una orientación específica de una ventana a la hora t.

$IBF_t$  irradiancia solar directa incidente a la hora t, sobre la superficie de la fachada donde se ubica la ventana, expresada en  $W/m^2$ .

$ASV_t$  área de la sombra proyectada por la protección solar sobre la ventana (en  $m^2$ ) a la hora t.

$AAB$  área de la abertura a evaluar (en  $m^2$ ).

$IDF_t$  irradiancia solar difusa incidente a la hora t, sobre la superficie de la fachada donde se ubica la ventana expresada en  $W/m^2$ .

Cuadro 2 Factor de corrección por orientación de los ventanajes.							
N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
0,64	0,78	1,10	1,07	0,92	1,21	1,35	0,93



IRF<sub>t</sub> irradiancia solar reflejada incidente a la hora t, sobre la superficie de la fachada donde se ubica la ventana expresada en W/m<sup>2</sup>.

ITF<sub>t</sub> irradiancia solar total incidente a la hora t, sobre la superficie de la fachada donde se ubica la ventana expresada en W/m<sup>2</sup>.

En la ecuación para determinar el VTTG de paredes para cada orientación, el valor del CSE a sustituir corresponde al CSE promedio anual, considerando las horas de carga térmica máxima para cada uno de los meses del año (ver cuadro 3). Se determina como:

Se determinaron los CSE para los siguientes tipos de protección solar: alero horizontal, aleta vertical, mixta y anular.

$$CSE_{prom} = (CSE_1 + CSE_2 + L + CSE_{12}) / 12 \tag{11}$$

### Establecimiento de los límites

Se seleccionó un prototipo de edificación que será denominado Edificación de Referencia, el cual corresponde a un volumen con relación de aspecto 1:1,5, con su eje mayor orientado Este-Oeste, considerada la relación de aspecto conveniente para mínima ganancia solar en nuestra latitud (Quirós, 1995; Nediani, 1998). Para determinar el límite correspondiente a techos, se estableció la construcción tradicional para las paredes, o sea, bloques de arcilla de 9 cavidades frisados a ambos lados, 10% de ventanaje con vidrio claro y un acabado de color medio, lo cual garantiza una ganancia mínima aceptable a través de las paredes. Se calcularon valores de VTTG de las diferentes configuraciones constructivas de techos existentes

en el mercado local. Para cada uno de ellos se determinó la capacidad de enfriamiento requerida para lograr una temperatura de confort de 25°C, en las condiciones pico de ganancia solar a través de las superficies exteriores.

Al analizar las losas nervadas de espesor mayor de 15cm, construcción tradicional de techos pesados, se determinó que se requieren en el orden de 244,42 BTU/h/m<sup>2</sup> de enfriamiento mecánico para satisfacer la carga debido al techo. Al colocar poliestireno expandido de 2,54 cm de espesor y densidad mayor o igual que 15 kg/m<sup>3</sup>, protegido con una capa delgada de mortero sobre la losa, se logra disminuir esta capacidad de enfriamiento requerido en un 77%. Esta opción requiere una inversión adicional de 13.500 Bs/m<sup>2</sup> (7 US\$/m<sup>2</sup>) de construcción si la vivienda ya está construida, y de 3.000 Bs/m<sup>2</sup> (1,56 US\$/m<sup>2</sup>) si se va a construir. En el caso de la vivienda a construir, existirá un ahorro mayor de 50% en inversión inicial por equipo de aire acondicionado, y un ahorro anual en consumo de energía eléctrica en la misma proporción en que disminuyó la carga. Los valores de VTTG obtenidos con esta opción de aislamiento son menores que 25w/m<sup>2</sup>. Si se considera un valor de 300 US\$ por tonelada de refrigeración requerida, se estima que el período de retorno simple de la inversión es menor de 1 año (10 meses), lo cual, en términos económicos, es considerado una muy buena inversión (costo de la energía eléctrica 0,03 US\$/kwh).

Los resultados correspondientes a losas de menor espesor (10 cm a 15 cm) indican valores mayores de BTU/h/m<sup>2</sup> de enfriamiento mecánico. El valor promedio está en el orden de 404 BTU/h/m<sup>2</sup>, y al colocar una capa de aislamiento de 2,54 cm se obtienen reducciones de orden menor (26,51%). Los valores de VTTG disminuyen pero resultan mayores que 30 w/m<sup>2</sup>. Se consideró la opción de colocar poliestireno de 5,08 cm, cuya inversión

Cuadro 3  
Horas de carga térmica máxima para cada mes del año para las diferentes orientaciones de las fachadas en periodo de asoleamiento

Mes	N	S	E	O	NE	NO	SE
Enero		13,5	10,5	16,5	9,5	16,5	10,5
Febrero		13,5	10,5	16,5	10,5	16,5	11,5
Marzo		13,5	10,5	16,5	10,5	16,5	10,5
Abril	11,5	12,5	10,5	16,5	10,5	16,5	10,5
Mayo	13,5		10,5	16,5	10,5	15,5	10,5
Junio	12,5		9,5	16,5	11,5	15,5	10,5
Julio	13,5		9,5	16,5	10,5	16,5	10,5
Agosto	13,5	12,5	10,5	16,5	10,5	16,5	10,5
Septiembre		12,5	10,5	16,5	10,5	16,5	10,5
Octubre		11,5	10,5	16,5	9,5	15,5	10,5
Noviembre		12,5	9,5	16,5	9,5	16,5	10,5
Diciembre		12,5	10,5	16,5	9,5	16,5	10,5

■ El área sombreada corresponde a períodos sin asoleamiento en las fachadas Norte y Sur.

adicional es 1.500 Bs/m<sup>2</sup> (0,78 US\$/m<sup>2</sup>), con respecto al de 2,54 cm. De esta forma, el VTTG pasa a ser menor que 20 w/m<sup>2</sup> y los porcentajes de reducción de enfriamiento están en el orden de 87%. Estos resultados son para techo oscuro. Este análisis indica que seleccionar 25 w/m<sup>2</sup> como límite superior de VTTG en techos garantiza una reducción significativa en capacidad de enfriamiento requerida (y, en consecuencia, en consumo de energía eléctrica), logrado con una inversión adicional por parte del constructor de entre 5% y 8% más, pero con un beneficio significativo para el usuario de la vivienda en relación con el consumo de energía eléctrica. Este límite permite incluir una amplia gama de techos existentes en el mercado local, así como también las nuevas tecnologías que garantizan un alto grado de aislamiento. En el caso de los techos livianos, con peso menor de 145 kg/m<sup>2</sup>, los valores de BTU/h/m<sup>2</sup> requeridos para satisfacer la carga debido al techo pueden ir desde 360 BTU/h/m<sup>2</sup> hasta 700 BTU/h/m<sup>2</sup>. Por lo tanto, se requiere que el aislamiento externo con poliestireno sea de 2 plg, para cumplir con el límite de 25 w/m<sup>2</sup>, con lo cual se logra reducir la carga térmica a través del techo en más de 84%. La inversión adicional es de 15.000 Bs/m<sup>2</sup> (7,8 US\$/m<sup>2</sup>), lo cual representa aproximadamente 20% más para el constructor, pero con beneficio para el usuario de la vivienda.

En el caso de las paredes, bajo el mismo prototipo, se realizaron cálculos de VTTG y capacidad de enfriamiento requerido para diferentes configuraciones cons-

tructivas, con el techo construido con un sistema que garantiza una ganancia mínima a través del mismo. Se establecieron límites en porcentaje de ventana para la peor y para la mejor configuración desde el punto de vista térmico, así como también para la construcción tradicional con bloques de arcilla de 15 cm de espesor. En el cuadro 4, se muestra un resumen de los resultados obtenidos para tres casos: concreto armado, bloque de arcilla y sandwich de concreto y poliestireno; y, en el caso de la construcción tradicional, se presenta para diferentes valores de porcentaje de ventanaje de vidrio claro. En este caso, todas las fachadas tienen el mismo porcentaje de ventanaje, pero es el valor del VTTG ponderado en área el que se compara con el valor límite, lo cual permite diferentes porcentajes en las diferentes fachadas. Al fijar 60 w/m<sup>2</sup> como límite se tiene una reducción de 40% en requerimiento de capacidad de enfriamiento con respecto al concreto. Para la construcción tradicional, con un acabado exterior de paredes de color medio, se puede aumentar este porcentaje de ventanaje cambiando el tipo de vidrio y colocando protecciones solares externas. El valor del VTTG límite corresponde a 10% de ventanaje en la construcción tradicional, de color medio y es coherente con el valor exigido en códigos de otros países.

Un resumen de los límites permitidos en propiedades térmicas y ópticas, para cumplir con el valor límite del VTTG de techo y paredes se presenta en el cuadro 5.

Cuadro 4  
Resumen de resultados de VTTG de paredes

Configuración constructiva de paredes	Porcentaje ventanas de vidrio claro	VTTG (w/m <sup>2</sup> )	BTU/h/m <sup>2</sup>
Concreto armado; espesor 10 cm	10	100,42	342,65
Bloque de arcilla; espesor 15 cm	10	60,26	205,60
Bloque de arcilla; espesor 15 cm	20	91,5	312,59
Bloque de arcilla; espesor 15 cm	30	122,74	418,78
Sandwich de concreto y poliestireno; espesor 15 cm	10	38,46	131,24

Cuadro 5  
Límites en propiedades térmicas y ópticas

Techos Pesados (Peso > 145 kg/m <sup>2</sup> )			
Parte	% del área	U (w/m <sup>2</sup> K)	CS
Opaca	80 - 100	0,63 - 1,15	-----
Transparente	20 - 0	5,91	0,95
Techos Livianos			
	Peso ≤ 145 kg/m <sup>2</sup>	U < 0,67 w/m <sup>2</sup> K	0,625 ≤ Ac ≤ 1
Paredes masivas Ac ≤ 0,7			
Opaca	60-90	0,64 - 2,07	-----
Transparente	40-10	5,91	0,3 - 0,95

A continuación se hace una presentación resumida de los objetivos, contenido e incentivos propuestos para la elaboración de la Ordenanza sobre Calidad Térmica de Edificaciones en el Municipio Maracaibo OCATED.

### **Ordenanza sobre Calidad Térmica de Edificaciones en el municipio Maracaibo OCATED**

El objetivo de la Ordenanza es garantizar que las condiciones de diseño y construcción de la envolvente de las edificaciones cumplan con los límites del Valor de Transferencia Térmica Global (VTTG) de techo y paredes establecidos para el municipio Maracaibo, con el fin de procurar condiciones térmicas confortables, logrando la reducción del consumo de energía eléctrica por el uso de equipos de aire acondicionado y la disminución de la contaminación ambiental.

#### *Contenido de la Ordenanza*

La ordenanza presentará como contenido 11 títulos, una exposición de motivos y cuatro anexos que permitirán detallar los cálculos involucrados en un programa que acompañará la misma para facilitar las evaluaciones. El contenido general está estructurado de la siguiente forma:

#### *Exposición de motivos.*

- Título I. Del Objeto.
- Título II. De las disposiciones generales
- Título III. De las definiciones
- Título IV. De los requisitos para la obtención de la Certificación de Calidad Térmica
- Título V. De la Metodología de Cálculo
- Título VI. De los límites establecidos
- Título VII. De las disposiciones complementarias
- Título VIII. De los incentivos.
- Título IX. De las sanciones
- Título X. De las disposiciones transitorias
- Título XI. De las disposiciones finales.

Anexo nº 1: Representación gráfica de las orientaciones establecidas para paredes y ventanas.

Anexo nº 2: Detalles del método de cálculo del Valor de Transferencia Térmica Global (VTTG).

Anexo nº 3: Representación gráfica y nomenclatura de las Protecciones Solares.

Anexo nº 4: Tabla de incentivos por calificación especial.

#### *Aspectos más relevantes de la OCATED*

Es el primer instrumento legal elaborado en el país, relacionado con la calidad térmica de edificaciones y el confort de sus ocupantes.

1. Establece límites para la transferencia de calor a través de las superficies exteriores de la edificación, los cuales pueden ser alcanzados sin coartar la creatividad en el diseño.
2. Los límites establecidos consideran las características del clima local y de los sistemas y materiales constructivos utilizados en el municipio.
3. Incluye un programa computacional denominado PROCATED, que facilita la evaluación de la edificación.
4. Instrumenta un régimen de incentivos consistentes en la Calificación Especial Urbana de Oro, Plata y Bronce, por parte de la Oficina Municipal de Planificación Urbana (OMPU), acompañados según la calificación de incentivos fiscales.

#### *Alcances*

Los alcances de la aplicación de la ordenanza son:

1. Es aplicable a nuevas edificaciones así como a remodelaciones de edificaciones existentes.
2. Es aplicable a edificaciones para uso residencial, comercial, educativo, recreativo, turístico, asistencial.

#### *Régimen de Incentivos*

El propósito de los incentivos, es el de estimular el diseño y la construcción de edificaciones con una calidad térmica mayor a la exigida por la norma. Para ello se establece una certificación especial que reconoce el esfuerzo adicional para la contribución en el uso eficiente de la energía eléctrica a través de una escala de calificación que mejora la calidad térmica exigida por la norma entre 10% y 30%. Se establecen dos tipos de incentivos: incentivos urbanos e incentivos fiscales.

##### *1. Incentivos Urbanos.*

Los incentivos urbanos están diseñados para reconocer el esfuerzo adicional que hace el propietario de la obra para que ésta logre un Valor de Transferencia Térmica Global de paredes y techo menor que el límite máximo establecido en ordenanza. Será otorgado por la Oficina Municipal de Planificación Urbana (OMPU). Esta Calificación Especial Urbana podrá colocarse en la fachada principal de la obra mediante una placa para informar a terceros y podrá ser utilizada como herramienta de mercadeo.

La Calificación Especial Urbana será otorgada de acuerdo a los siguientes términos:

a) **Bronce:** cuando el VTTG de paredes y techo del edificio evaluado resulte entre 10% y 20% menor que los límites aprobatorios; es decir, el valor para paredes debe ser mayor que cuarenta y ocho vatios por metro cuadrado ( $48,00 \text{ W/m}^2$ ) y menor o igual a cincuenta y cuatro vatios por metro cuadrado ( $54,00 \text{ W/m}^2$ ); y para techos, debe ser mayor que veinte vatios por metro cuadrado ( $20 \text{ W/m}^2$ ) y menor o igual que veintidós coma cincuenta vatios por metro cuadrado ( $22,50 \text{ W/m}^2$ ).

b) **Plata:** cuando el VTTG de paredes y techo del edificio evaluado resulte entre 20% y 30% menor que los límites aprobatorios; es decir, el valor para paredes debe ser mayor que cuarenta y dos vatios por metro cuadrado ( $42,00 \text{ W/m}^2$ ) y menor o igual que cuarenta y ocho vatios por metro cuadrado ( $48,00 \text{ W/m}^2$ ); y para techos, debe ser mayor que diecisiete coma cincuenta vatios por metro cuadrado ( $17,50 \text{ W/m}^2$ ) y menor o igual que veinte vatios por metro cuadrado ( $20,00 \text{ W/m}^2$ ).

c) **Oro:** cuando el VTTG de paredes y techo del edificio evaluado resulte 30% menor que los límites aprobatorios, el valor para paredes debe ser menor o igual que cuarenta y dos vatios por metro cuadrado ( $42,00 \text{ W/m}^2$ ) y para techos, debe ser menor o igual que diecisiete coma cincuenta vatios por metro cuadrado ( $17,50 \text{ W/m}^2$ ).

El cuadro 6 contiene un resumen de los límites de VTTG que se deben cumplir para obtener cualquiera de las calificaciones especiales. Cabe destacar que para alcanzar las categorías mencionadas se deben cumplirse ambos límites, es decir, para techo y para paredes.

## 2. Incentivos Fiscales.

Los incentivos fiscales consisten en exenciones totales o parciales de los impuestos relacionados con los inmuebles construidos en el municipio y se otorgan como beneficio al propietario por alcanzar algunas de las calificaciones especiales sobre calidad térmica. Se proponen los siguientes incentivos fiscales:

a) Si la calificación especial otorgada es Bronce:

- Una rebaja de 25% del monto del impuesto que resulte de aplicar a los ingresos brutos la alícuota correspondiente al clasificador de actividades económicas de la Ordenanza sobre Licencia e Impuestos a las Actividades Económicas de Industria, Comercio, Servicios y de Índole del Municipio Maracaibo, durante el periodo de construcción y venta de la edificación o del parcelamiento, hasta un máximo de un (1) año.
- La exención total del impuesto sobre inmuebles urbanos durante el primer año, contado a partir de la fecha de expedición de la Constancia de Habitabilidad de la edificación o del parcelamiento por parte de la Oficina Municipal de Planificación Urbana (OMPU).
- La exención parcial de 25% de la tasa por los servicios administrativos correspondientes a la expedición, por parte de la Oficina Municipal de Planificación Urbana (OMPU), de la Constancia de Cumplimiento de Calidad Térmica, de la Constancia de Cumplimiento de Variables Urbanas Fundamentales, de la Certificación de Calidad Térmica y de la Constancia de Habitabilidad.

b) Si la calificación especial otorgada es Plata:

- Una rebaja de 50% del monto del impuesto que resulte de aplicar a los ingresos brutos la alícuota correspondiente al clasificador de actividades económicas de la Ordenanza sobre Licencia e Impuestos a las Actividades Económicas de Industria, Comercio, Servicios y de Índole del Municipio Maracaibo, durante el periodo de construcción y venta de la edificación o del parcelamiento, hasta un máximo de un (1) año.
- La exención total del impuesto sobre inmuebles urbanos durante los primeros dos años, contados a partir de la fecha de expedición de la Constancia de Habitabilidad de la edificación o del parcelamiento por parte de la Oficina Municipal de Planificación Urbana (OMPU).
- La exención parcial de 50% de la tasa por los servicios administrativos correspondientes a la expedición, por parte de la Oficina Municipal de Planificación Urbana (OMPU), de la Constancia de Cumplimiento de Calidad Térmica, de la Constancia de Cumplimiento de Variables Urbanas Fundamentales, de la Certificación de Calidad Térmica y de la Constancia de Habitabilidad.

Cuadro 6  
Resumen de los límites correspondientes a cada calificación

	Limite Aprobatorio	Limite Incentivo		
		Bronce	Plata	Oro
		Porcentaje de reducción		
		Entre un 10% y 20%	Entre un 20% y 30%	más de 30%
Paredes ( $\text{W/m}^2$ )	60	$48,00 < \text{VTTG} \leq 54,00$	$42,00 < \text{VTTG} \leq 48,00$	$\text{VTTG} \leq 42,00$
Techos ( $\text{W/m}^2$ )	25	$20,00 < \text{VTTG} \leq 22,50$	$17,50 < \text{VTTG} \leq 20,00$	$\text{VTTG} \leq 17,50$

- c) Si la calificación especial otorgada es Oro:
- Una rebaja de 75% del monto del impuesto que resulte de aplicar a los ingresos brutos la alícuota correspondiente al clasificador de actividades económicas de la Ordenanza sobre Licencia e Impuestos a las Actividades Económicas de Industria, Comercio, Servicios y de Índole del Municipio Maracaibo, durante el período de construcción y venta de la edificación o del parcelamiento, hasta un máximo de un (1) año.
  - La exención total del impuesto sobre inmuebles urbanos durante los primeros tres años, contados a partir de la fecha de expedición de la Constancia de Habitabilidad de la edificación o del parcelamiento por parte de la Oficina Municipal de Planificación Urbana (OMPU).
  - La exención total de la tasa por los servicios administrativos correspondientes a la expedición, por parte de la Oficina Municipal de Planificación Urbana (OMPU), de la Constancia de Cumplimiento de Calidad Térmica, de la Constancia de Cumplimiento de Variables Urbanas Fundamentales, de la Certificación de Calidad Térmica y de la Constancia de Habitabilidad.
  - Las exenciones y rebajas previstas en el presente capítulo operarán de pleno derecho, previa verificación y

certificación emanada por parte de la Oficina Municipal de Planificación Urbana (OMPU) de las disminuciones previstas de los límites máximos del Valor de Transferencia Global de paredes y techos establecidos en los Artículos 50 y 51 de la presente Ordenanza.

## Conclusiones y Recomendaciones

Se ha establecido una metodología de cálculo que servirá de base para la instrumentación de una ordenanza municipal que regule la calidad térmica de las edificaciones en la ciudad de Maracaibo. Se utiliza el concepto de VTTG para evaluar la ganancia térmica a través de cada superficie de la envolvente de una edificación, tomando en cuenta la orientación, el tipo de configuración constructiva de la porción opaca, el acabado externo, el tipo de ventanaje y el tipo de protecciones solares externas. Se recomienda como valores límites de VTTG de techos  $25 \text{ w/m}^2$ , y para paredes de  $60 \text{ w/m}^2$ , para ser utilizados como criterio de cumplimiento de la ordenanza. Finalmente, se presentan los objetivos, la estructuración, los alcances, los puntos relevantes y el régimen de incentivos que se espera tenga la nueva ordenanza de calificación térmica de las edificaciones del municipio Maracaibo.

## Referencias bibliográficas

- Almao, N.; Rincón, J. y González, E. (1998) "EVITA: Modelo Computacional para la Evaluación de Viviendas Térmicamente Adaptadas", Revista Técnica, vol. 21, n° 1: 74-84, Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia.
- ASHRAE (1997) Handbook of Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, New York, USA.
- ASHRAE/IES Standard 90.1-1989 (1997) Energy, Efficient Design of New Buildings Except Low-Rise Residential Buildings, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers. Energy, New York, USA.
- Comisión para el Mejoramiento de la Calidad Térmica de las Edificaciones y el Espacio Urbano (1998) Recomendaciones para mejorar la calidad térmica del espacio urbano. C.A. ENELVEN, Maracaibo, Venezuela.
- Comisión para el Mejoramiento de la Calidad Térmica de las Edificaciones y el Espacio Urbano (1999) Recomendaciones para mejorar la calidad térmica de las edificaciones. C.A. ENELVEN, Maracaibo, Venezuela.
- Energy Efficiency Code for Building Construction, State of Florida, 1997 Edition, Revised 1998.
- Nediani, Giuseppe (1998) Orientación de edificios rectangulares para mínima exposición solar, aplicado a 10 Grados de Latitud Norte. Memorias del Primer Simposio Venezolano de Confort Térmico y Comportamiento de Edificaciones (COTE-DI'98), Caracas.
- Norma Sanitaria para Proyecto, Construcción, Reparación, Reforma y Mantenimiento de Edificaciones, MINDUR/MSAS, Gaceta Oficial N° 4.044.
- Ordenanza de Zonificación de la Ciudad de Maracaibo. Concejo Municipal de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela.
- Quirós, Carlos (1995) "Condiciones climáticas y confort térmico en una localidad intertropical. Caso de estudio: Maracaibo, Venezuela", Revista Técnica, n° abril 1995: 151-158, Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia.
- Siem G. y Sosa M. E. (2000) "Diagnóstico de la normativa venezolana vigente en relación a las exigencias térmicas, acústicas y de iluminación". Memorias de la Conferencia Internacional sobre Confort y Comportamiento Térmico de Edificaciones, junio 21-23, COTEDI 2000. Maracaibo, Venezuela.



# CONDES

Consejo de Desarrollo  
Científico y Humanístico  
de La Universidad del Zulia

---

Es un ente de permanente asesoría y consulta del Consejo Universitario, adscrito al Vice Rectorado Académico, destinado a diseñar y ejecutar una política científica que comprende la elaboración de los fundamentos teóricos; y el establecimiento de mecanismos para estimular, financiar, difundir y promocionar la investigación en la Universidad como contribución al desarrollo del país.

## Visión

El CONDES, es una unidad Académico-administrativa de apoyo, que hará posible la consolidación de una comunidad científica, mediante: el financiamiento de proyectos y programas de investigación; el entrenamiento para la divulgación de sus resultados, la incorporación de jóvenes que garanticen la continuidad de las líneas y áreas; y, el reconocimiento a la labor realizada.

## Misión

Coordinar, estimular y difundir la investigación en el campo científico y en el de los estudios humanísticos y sociales, mediante la ejecución de programas, planes y proyectos académicos que integran las actividades científico-tecnológicas con las de docencia, de pre y postgrado, para así dar respuesta a las necesidades y demandas del entorno regional, nacional e internacional.

## Objetivos

General:

Establecer vinculación con los diferentes entes que realizan actividades de investigación.

Específicos:

Establecer interrelación con dependencias de investigación de LUZ, para conocer los planes y proyectos de las mismas.

Realizar acciones concernientes a la difusión y divulgación de las actividades de investigación.

Fomentar la actualización del personal de investigación.

Conocer y divulgar las actividades de apoyo a la investigación que realizan los organismos centrales de investigación (CONICIT, FUNDACITES, etc.)

Mantener relación estrecha entre la actividades de investigación y Postgrado.

## Programas de Financiamiento del CONDES

Programas y Proyectos de Investigación:

El CONDES, contribuye con el desarrollo de la investigación científica y humanística realizada por los miembros del personal Docente y de Investigación de LUZ o cursantes de postgrados.

Equipo:

Apoyar a los investigadores en la adquisición de equipos de gran envergadura, contribuyendo al mejor funcionamiento de las actividades científicas que se realizan por partes de aquellos grupos motivados a trabajar de manera interdisciplinaria.

Asistencia a Eventos y Reuniones científicas:

Promoción y apoyo a la comunidad científica de investigadores para la asistencia a diferentes eventos nacionales e internacionales con el fin de enriquecer la formación académica a través del intercambio entre pares.

Organización de Eventos científicos:

Apoyo a la realización de eventos enmarcados en el desarrollo de las actividades de investigación.

Cursos, entrenamiento y pasantías:

El CONDES financia la asistencia a cursos, entrenamiento y pasantías dentro y fuera del país.

Revistas científicas:

Para cumplir su función de divulgación científica, el CONDES asigna fondos para la edición de revistas arbitradas, siempre y cuando cumplan con la rigurosidad científica exigida a nivel nacional e internacional.



Dirección

Av. 4 Bella Vista con calle 74. Edif. FUNDALUZ. Piso 10. Maracaibo, Edo. Zulia

Código Postal: 4002. Telf./fax:(0261)926307, 926308, 596860.

Página Web: [www.condes.luz.ve](http://www.condes.luz.ve). E-mail: [condes@europa.ica.luz.ve](mailto:condes@europa.ica.luz.ve), [condes@neblina.reacciun.ve](mailto:condes@neblina.reacciun.ve)

## La casa del centro histórico de Maracaibo. La organización interior

Alexis Pirela / Javier Suárez / Aísa Pirela  
FAD / LUZ

### Resumen

El presente trabajo está enmarcado dentro de un programa de investigación que aborda el estudio de la vivienda histórica de Maracaibo. En este artículo se presentan los resultados del análisis morfológico de los aspectos relacionados con el interior de la vivienda. En la lectura realizada se consideró: la disposición del conjunto, la organización de la planta, la disposición volumétrica y los componentes del decoro interior. Su lectura permitió el reconocimiento de un componente arcaizante heredado de la colonia que persiste hasta el presente a pesar de los procesos modificadorios posteriores.

### Abstract

*This article presents results of the morphological analysis at the interior of the historical houses of Maracaibo. For this analysis we considerate: the urban disposition, the interior organization, the volumetric disposition and the decorations components. Through this investigation we could recognize an archaistic component from the colonial period that persisted through time. These results are part of an investigation program over historical house of Maracaibo.*

Este artículo se desprende de la última fase de una línea de investigación sobre la vivienda en el centro histórico de Maracaibo de la cual ha sido ya abordados algunos aspectos en trabajos anteriores, así: aspectos de orden histórico relacionados con las transformaciones habidas en el modelo residencial del casco central marabino (Pirela, 1997); aspectos de orden estético y teórico pertinentes para su conocimiento (Pirela, 1997); así como los resultados del estudio de los aspectos compositivos de la fachada externa de este modelo residencial del centro histórico (Pirela, Pirela y Suárez, 2003).

En este trabajo se tocan los aspectos relacionados a la organización interior. El análisis se estructura a partir del examen de conjunto y volumétrico que determinan la organización interna y la disposición de los componentes decorativos.

El estudio se realizó a partir de la observación de un conjunto de 61 casos ubicados en la Calle 94 o de Carabobo, cuyas características se consideraron apropiadas a los fines buscados. De estos 61 casos fue posible documentar 43 con todo detalle. Es importante destacar que para el momento del levantamiento de la muestra, dentro de los límites del centro histórico esta calle era la única que conservaba una lectura urbana más o menos compacta y mantenía su uso residencial. Estos dos son aspectos fundamentales para la investigación.

Para la realización del trabajo fue necesario recurrir a un método de análisis que permitiera determinar de modo objetivo los parámetros de lectura apropiados para la descripción de la composición interior de la arquitectura doméstica del centro histórico de Maracaibo.

### Descriptorios:

Maracaibo; Vivienda en centros históricos;  
Organización interior de la vivienda;

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN. Vol. 21-III, 2005, pp. 31-40.  
Recibido el 14/09/05 - Aceptado el 29/09/05

La muestra recopilada se registró tanto en planos como en fotografías a partir de los cuales se realizaron cuidadosos dibujos arquitectónicos que fueron reforzados con minuciosos gráficos de detalles tomados en sitio. Esta base permitió la elaboración de una precisa ficha de registro de cada casa, y la realización de un despiece de sus componentes interiores.

El instrumento aplicado para el análisis, que denominamos Matriz de análisis morfológico para la organización ambiental de la casa, está estructurado a partir de cinco instrumentos de lectura que resumen el conjunto de componentes a ser considerados en la vivienda de tipo histórico de Maracaibo (diagrama 1).

Esta matriz se propone como instrumento para el estudio morfológico de la organización interna. Su aplicación condujo a considerar dentro de este trabajo el estudio de las plantas, cortes, volúmenes y componentes interiores el cual se realizó a partir de la muestra de 43 casas que — como fue mencionado— fue posible documentar. Con el plano de cortes longitudinales se estudió la disposición de los pabellones, las alturas de fachadas y las alturas de cumbreras. Esto permitió la exploración de la relación entre los recintos y su cerramiento de techo, que en el caso de este modelo doméstico acusa gran relevancia.

Con el dibujo axonométrico de 43 casas se estructuró su composición volumétrica, es decir, se visualizaron los diferentes pabellones y su proyección tridimensional, se estudió el efecto que el constreñimiento del modelo colonial, por reducción del frente de parcela, sufre durante el siglo XIX, permitiendo precisar su impacto en los arreglos de la organización interna. El resultado condujo a evidenciar las formas típicas de organización interior así

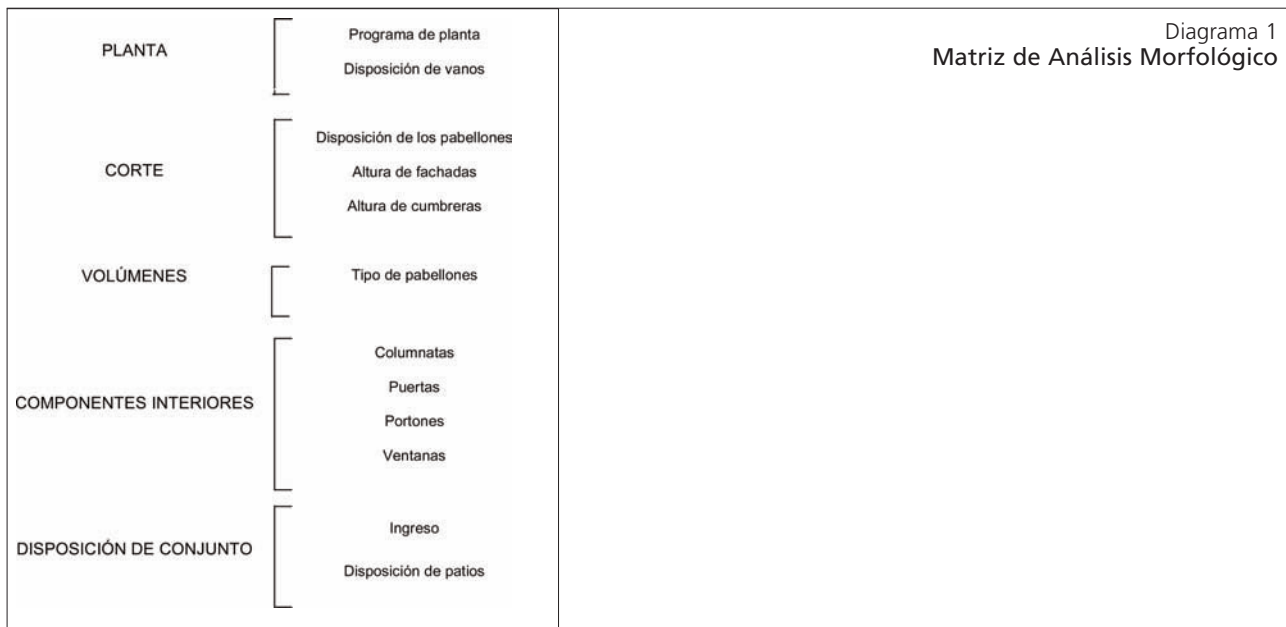
como su relación con la casa colonial de ascendencia hispánica. Así mismo, se realizó el examen del corte longitudinal de la vivienda, el cual permite el análisis de la disposición de los pabellones y el inventario de los componentes interiores, los que manifiestan una acusada influencia de la estética decimonónica propia de la arquitectura de origen antillano, lo que a los efectos de este estudio se considera la influencia modernizante de este modelo.

En el caso de la observación de la disposición del conjunto, el estudio se realizó a partir de una muestra mayor: 61 casos, ubicados en ambas fachadas de la calle, lo que permitió un análisis comparativo de la relación entre los ingresos y la disposición de los patios a fin de esclarecer las bondades ambientales del sistema.

**Variables urbanas y morfológicas determinantes de la disposición volumétrica**

En general esta casa se organiza con arreglo a una franja de terreno de proporción longitudinal muy estrecho, con poco frente y alrededor a un patio. Esta tipología es heredada de la casa hecha entre medianeras, por ello interdependiente, obligada a colindar con sus vecinas. A veces incluso los techos tenían continuidad constructiva o se techaban varias casas a la vez, razón para que se conformara un bloque de manzana más homogéneo e indiferenciado durante el período hispano, con menores alturas y menos quiebres.

Una característica muy evidente de la introducción del modernismo se expresa en las modificaciones introducidas en el nivel de las techumbres. En la arquitectura doméstica de finales del siglo XIX, los techos son un





importante rasgo tipológico. La continuidad del tejado colonial fue sustituida por un juego rítmico de pabellones que buscan aislarse los unos de los otros (cuadro 1).

De estas características de la disposición de conjunto deriva la necesidad de incorporar en el análisis tanto los elementos relacionados con la parcela como los relacionados con la composición volumétrica a partir del carácter de las techumbres para establecer una diferenciación de orden tipológico de este modelo.

#### *Clasificación de la vivienda según el frente de parcela y la disposición de los vanos*

Se observó que la anchura de la casa guarda relación con el número de vanos e influye en su organización interior. La anchura de parcela influye en el número de ventanas a la calle, aunque no obligatoriamente.

Dado que ello redundaba en la ordenación exterior de la fachada, y que estas ventanas son su rasgo morfológico más destacable, al analizar las anchuras de las viviendas se

encontraron los siguientes tipos básicos según esta variable:

*La casa de cuerpo ancho.* Estas viviendas admiten en general tres ventanas y una portada, siendo sus proporciones las que más se aproximan al modelo de caserón colonial. En la muestra se localizó un total de seis casas de este tipo, donde sólo dos casos tienen composición simétrica de fachada con cuatro ventanas y organización en atrio, el resto responde a un criterio asimétrico en su composición. La anchura de estas casas oscila entre 9 y 19 metros con las siguientes disposiciones que se muestran en el cuadro 2.

*La casa de cuerpo mediano.* Este tipo admite dos ventanas y portada. Se presentaron 23 casos cuya anchura oscila entre 7 y 8 metros, organizadas en las variaciones que muestra el cuadro 3.

*La casa de cuerpo angosto.* Es el tipo más abundante en la muestra. La anchura total de la vivienda va de 4 a 6 metros, y se organizadas en las variaciones que muestra el cuadro 4.

Cuadro 1  
La volumetría y el tejado: modelo colonial y modelo decimonónico



**Modelo colonial**

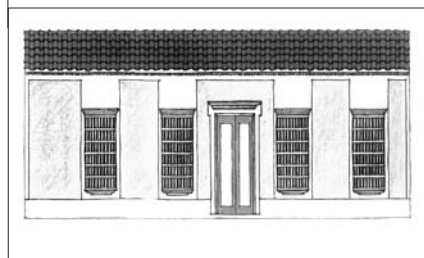
Maracaibo. Calle Venezuela hacia 1879 (Guerrero, 1970)



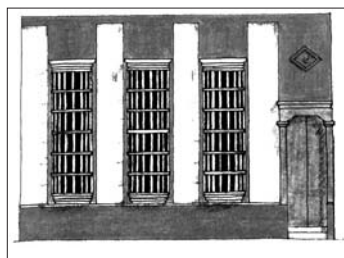
**Modelo decimonónico**

Maracaibo. Calle Venezuela hacia 1957 (Guerrero, 1970)

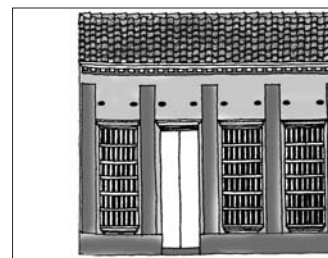
Cuadro 2  
Las casas de cuerpo ancho



**Ventana-ventana-puerta-ventana-ventana IIPII.** Variante de composición simétrica (Pirela, 1996)



**Ventana-ventana-ventana-puerta IIIP.** Variante de composición asimétrica A. Orientación Sur (Pirela, 1996)



**Puerta-ventana-ventana-ventana PIII** Variante de composición asimétrica B. Orientación Norte (Pirela, 1996)

*Disposición volumétrica por pabellones*

Para este modelo residencial también resulta importante el análisis de la lectura de los componentes volumétricos que son apreciados a simple vista, vale decir, a partir de la lectura de los pabellones<sup>1</sup> que la forman. De esta lectura se puede establecer que el modelo se conforma del siguiente modo:

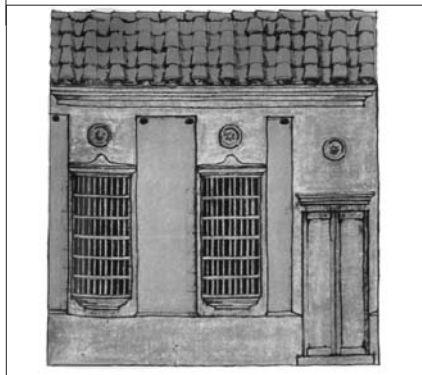
Al cuerpo de la casa que da su cara a la calle se le ha denominado *Pabellón Frontal o P1*. Es el conector de la casa con la calle. La característica más resaltante que lo define es la cubierta, que se desarrolla generalmente en dos vertientes presentando en algunos casos faldones laterales. En el caso de la Calle Carabobo casi todas las casas tienen pabellón a dos vertientes, sólo 7 casos tienen faldones laterales. La altura máxima registrada es de 9 metros de piso a cumbre y la mínima de es 5,5 metros, registrándose un ángulo de inclinación de las cumbres

que oscila entre 30° y 45° en todos los casos.

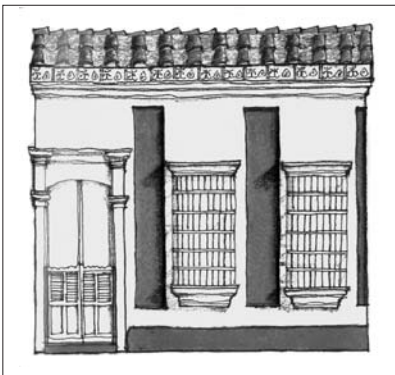
*El Pabellón de enlace o P2* se conforma normalmente como una vertiente de tejado que arranca en la solera del Pabellón P1 y baja hasta alcanzar la altura del volado de la galería. Este pabellón de enlace se distribuye funcionalmente entre un espacio vestíbulo que conecta con el corredor aporticado y un primer dormitorio.

*La galería o G* designa aquella parte de la casa conformada por el patio: la abertura a cielo o compluvium, el espacio corredor aporticado, la columnata y las crujías de habitaciones que lo rodean. El corredor aporticado es un espacio donde desahogan los vanos de las habitaciones a modo de "calle" interior, normalmente franqueado por una columnata destacada por su decoración. La techumbre de la galería contiene las habitaciones más el corredor. La Galería está conformada por una vertiente con inclinación de 10° a 25°, dependiendo de la anchura de la casa. La disposición de la galería se presen-

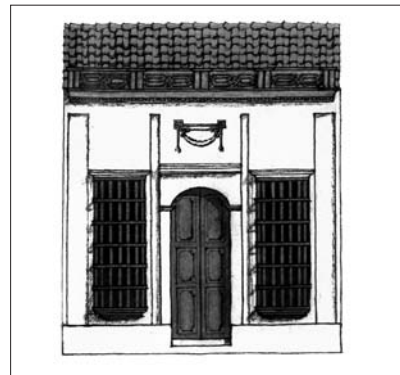
Cuadro 3  
Las casas de cuerpo mediano



**Ventana-ventana-puerta IIP.**  
Variante de composición asimétrica A  
Orientación Sur (Pirela, 1996)

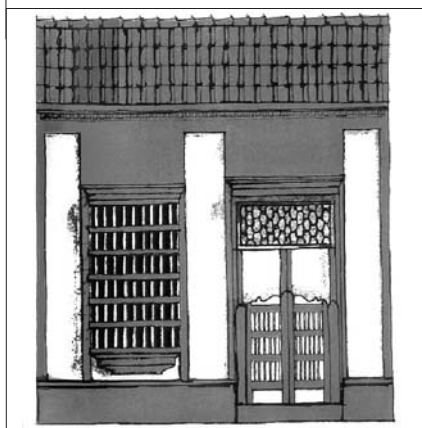


**Puerta-ventana-ventana. PII**  
Variante de composición asimétrica B.  
Orientación Norte (Pirela, 1996)

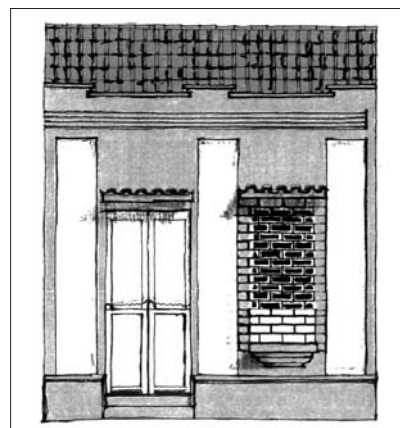


**Ventana-puerta-ventana IPI**  
Variante de composición simétrica.  
(Pirela, 1996)

Cuadro 4  
Las casas de cuerpo angosto



**Ventana-puerta. IP**  
Variante A. Orientación Sur (Pirela, 1996)



**Puerta-ventana. PI**  
Variante B. Orientación Norte (Pirela, 1996)

ta en tres tipos distintos (cuadro 5).

*Pabellón diferenciado P3.* Es un pabellón cuya conformación denota la voluntad de destacarse como un objeto autónomo desde el punto de vista formal y es muy evidente en el perfil del conjunto. Se da con frecuencia con dos niveles y entonces adquiere una gran altura que termina rematando con una techumbre de entre 2 a 4 metros.

*Pabellón posterior o P4.* Es un medio pabellón de una vertiente inversa que remata el conjunto. Precede el traspatio más los anexos o habitaciones de servicios.

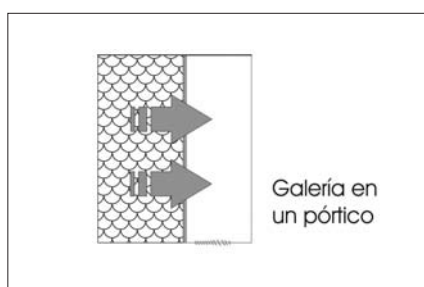
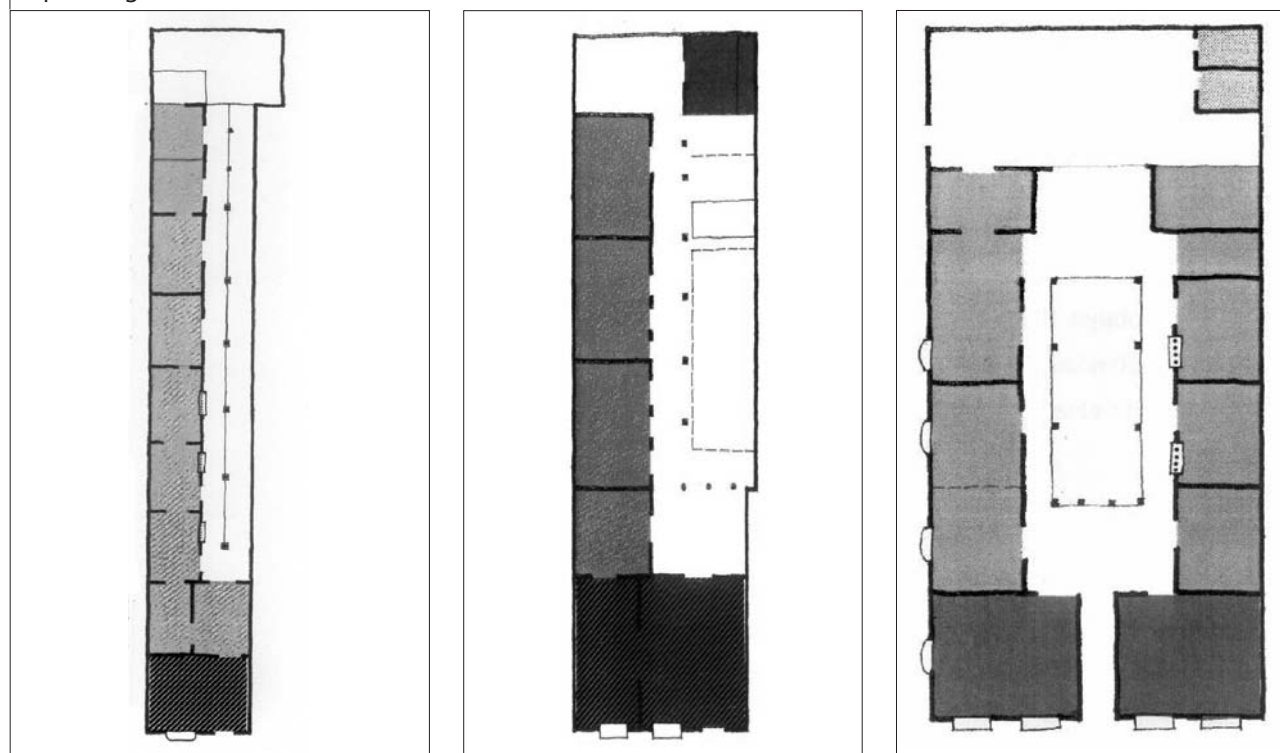
*Pabellón de enlace y remate P4:* el traspatio o T es un patio final rodeado por los muros colindantes donde se localizan funciones de servicio y donde se siembran

árboles con características de huerta. Espacialmente está fuera de la interioridad de la vivienda.

Los *Anexos o A*, son espacios accesorios de funciones de servicio muy concretas como baños, sanitarios, depósitos y lavandería. Normalmente de baja altura y desarticulados de juego compositivo del conjunto.

En la muestra de 43 casas analizadas interiormente, las articulaciones arrojaron 14 combinaciones basadas en la tipificación establecida. Dos de ellas determinan los modos de combinación característicos (gráfico 1). Es importante anotar que sólo tres casos no tienen galería. En el resto se dieron en combinaciones particulares.

Cuadro 5  
Tipos de galerías interiores

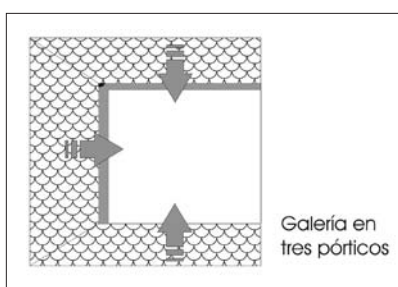


Galería en un pórtico

#### Galería de peristilo en un pórtico

Una crujía de habitaciones, techumbre en una vertiente, abertura y lindero.

Ejemplo: Casa 3-60 (Pirela, 1996)

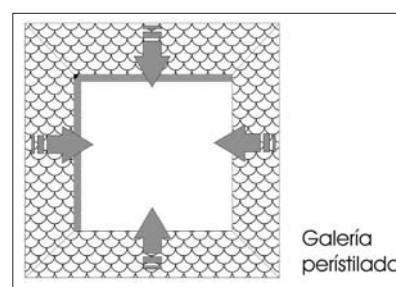


Galería en tres pórticos

#### Galería en tres pórticos

Se conforma una techumbre en tres vertientes.

Ejemplo: Casa 3-70 (Pirela, 1996)



Galería peristilada

#### Galería peristilada

Se presenta en arreglo centralizado a modo de atrio. Ejemplo: Casa 3-XI (Pirela, 1996)

### La organización interior de la vivienda

El análisis del espacio interior y su adecuación al clima se ha realizado a partir del plano de planta, el cual se usa como instrumento principal de análisis de la distribución espacial. Es así como estudiando la planta de cada casa y el plano de la manzana se obtiene la organización funcional y los tipos de espacios.

#### Los ingresos y la disposición de los patios

En un plano de la Calle Carabobo se ha vaciado la manera en que se disponen ventanas, puertas y patio de cada vivienda. El resultado obtenido es que en el frente norte de la calle la mayoría de las casas se organizan con la puerta a la derecha mientras que las casas del frente sur lo hacen con puerta a la izquierda. De 48 casas que tienen patio compluvium, solamente 3 no lo tienen alineado con la

puerta de ingreso. Quiere decir que el esquema funcional típico relaciona en un eje el ingreso y el patio. La razón es que habiendo la costumbre de dejar la puerta abierta en el día, se asegura con ello la circulación de las brisas dentro de la vivienda, al tiempo que se asegura la privacidad con el uso del portón-cancel. Esto queda comprobado cuando observamos que de 61 casas analizadas, 48 se han dispuesto en la parcela según la orientación más favorable. En este sentido es importante recordar que los vientos predominantes son del noreste. Las casas del frente norte orientan su patio al noreste y las del sur también lo hacen, por esa razón aparecen las fachadas invertidas. Los 48 casos de los 61 analizados representan el 78,6%, por lo que no cabe duda de que la disposición es intencionada, obedeciendo a un arreglo bioclimático (gráfico 2). Ello explica entonces porqué las fachadas presentan organización derecha o izquierda y lo que se pensaba que obedecía a un asunto exclusivamente formal, no es más que una sabia adecuación al clima.

Gráfico 1  
Modos de combinación característicos

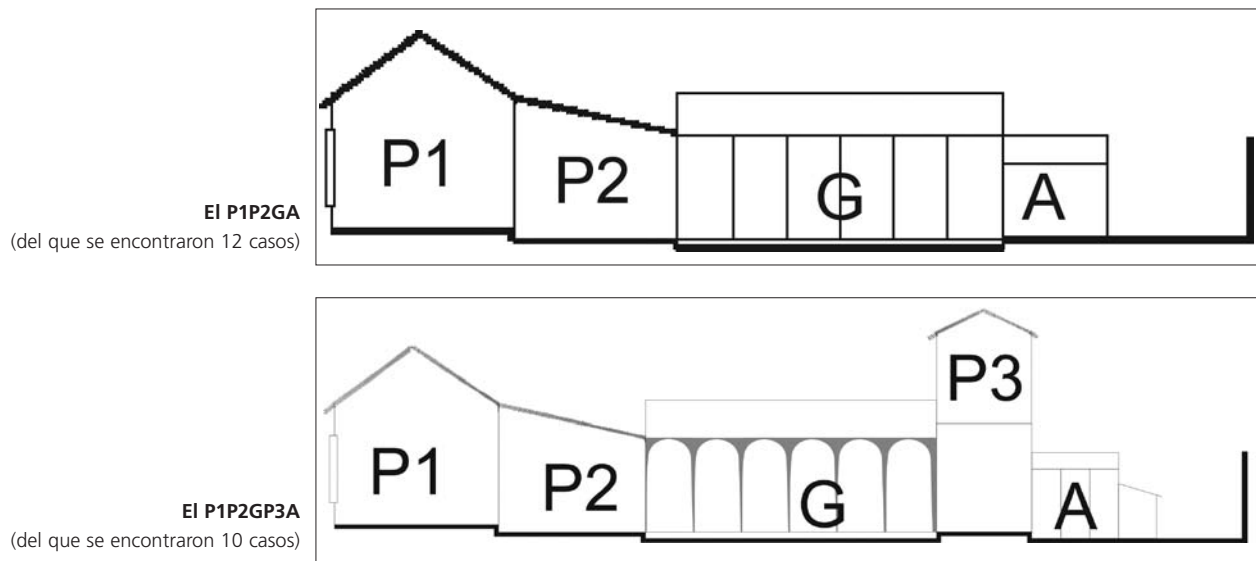
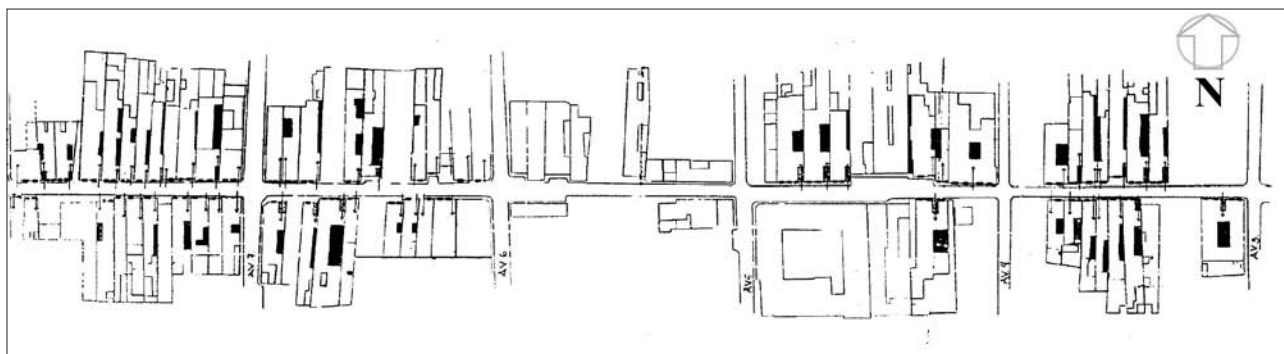


Gráfico 2  
Disposición en planta de patios



(Pirela, 1996)

### La organización interior

Se han presentado dos formas típicas de la planta: la organización en atrio y la organización lineal.

*La organización en atrio* se da en el modelo de casa de cuerpo ancho. El llamado caserón nos muestra el lógico esquema organizativo en atrio: un zaguán en la línea media de la casa conduce al patio; a ambos lados del zaguán se ubican las estancias nobles: salón de visitas y comedor. Todas las puertas dan al centro de la casa. La galería peristilada proporciona una sobriedad compositiva a partir de una disponibilidad de área que permite habitaciones de generosas dimensiones (gráfico 3).

*La organización lineal* es la acomodación más generalizada de los espacios. La subdivisión de los lotes establece proporciones que obligan a un programa de organización de estancias por sucesión (gráfico 4).

De este último modelo se destacan, como espacios de interés: *el zaguán*: este espacio se produce independiente del ancho de parcela disponible. La mayoría de las casas con zaguán son anchas, sin embargo se presenta también en casas de poca anchura. De los 43 casos analizados, hay tres casos con zaguán que apenas alcanzan 6,4 metros de ancho total de frente. También se detectó un caso de 12,85 metros de ancho de frente que prescindía del zaguán, con ingreso directamente al salón. Del total de la muestra de 43 plantas analizadas, 22 ingresan mediante zaguán y 21 directamente a la sala; *el salón notable*: que se ubica invariablemente de cara a la calle y cumple con su función de uso social. Desde el punto de

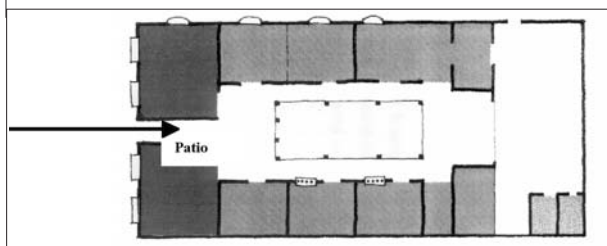
vista ambiental es el recinto articulador necesario para la ventilación y la modulación de la luz de toda la casa, ya que por su conformación es como un túnel, así por las amplias ventanas y en juego con la abertura o compluvium del patio se acondiciona climáticamente la vivienda (foto 1); *el patio*: es la proyección en suelo de la abertura al cielo en la que normalmente hay vegetación en matorros, suele estar enlosado y hundido 10 centímetros respecto de la cota de piso, y desagua mediante acequia perimetral. El compluvium o abertura al cielo normalmente es de pocas dimensiones y, tratándose de Maracaibo, resulta un término muy adecuado ya que la reducción es para formar más bien un conjunto con el área libre, que se caracteriza por ser abierta al cielo, con árboles, arbustos y sin pisos, rodeado de muros altos; *los servicios*, baños, depósitos, cuartos de servidumbre suelen ocupar el área del traspatio. Normalmente fuera del programa de la casa, aparecen como un añadido.

Por último se ha observado que el conjunto del patio, la canal de recolección y el aljibe conformaban el sistema de abastecimiento de aguas. En la actualidad ha desaparecido como sistema en la Calle Carabobo, ya que sólo dos casas conservan restos de él (la Casa 4-23 y la Casa 3-56).

### Componentes decorativos en el interior

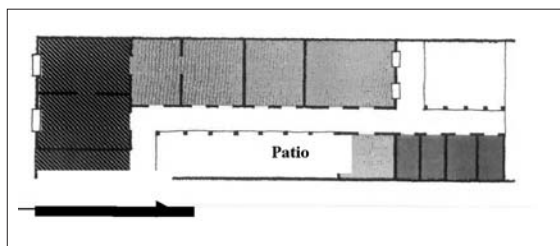
Dado que el concepto de patio conforma una exterioridad dentro de la casa, los componentes de cerramiento hacia el área libre conforman un conjunto

Gráfico 3  
Planta ejemplo de organización en atrio



(Pirela, 1996)

Gráfico 4  
Planta ejemplo de organización lineal



(Pirela, 1996)

Foto 1  
Vista del salón notable de una vivienda de la calle Carabobo



destacado a modo de fachada interior donde es posible encontrar: ventanerías y portales, portones cancel, óculos de ventilación y cerramientos en romanillas, en general una expresión de adecuación bioclimática (estos elementos fueron ya definidos en detalle en Pirela, Pirela y Suárez, 2004, ya citado). Luego de realizar un inventario de componentes singulares del interior de las casas encontramos como componentes de interés: columnatas, ventanas, puertas y portones.

*Las columnatas*

Dentro de la austeridad de estas casas llama la atención el acento sofisticado de la columnata que aparece en algunos casos muy elocuentes. En 23 casas hay columnatas resueltas en dos materiales básicos, cemento o madera. Las de cemento suelen acogerse a la estilística clásica en uno de los tres órdenes. Las de madera se relacionan más bien con el gusto mudéjar, como arquillos y

caladuras entre soportales. Del tipo clásico se detectaron cuatro columnatas: una dórica, tres jónicas y dos corintias (gráfico 5).

Del tipo de soportal de madera, cuatro se presentan con decoración de caladuras en atauriques. El resto, se resuelve con soportales simples, dándose la variante que consiste en cerrar los intercolumnios (gráfico 6).

*La ventana interior*

El tipo básico de ventana interior consiste en una rejería plana de madera a ras con el muro, fabricada con barrotes cilíndricos ensamblados a dos peinazos que actúa como protección del vano, el cual va cerrado con dos hojas practicables en madera. En algunos casos la variante decorativa consiste en resaltar sus marcos con un relieve del paramento, simulando una enmarcadura clásica de canteería. La dimensión más común de esta ventana oscila entre 0,80 x 1,10 metros y 0,90 x 1,80 metros (gráfico 7).

Gráfico 5

Ejemplos de columnatas encontradas



Columnata Jónica



Columnata Corintia

Gráfico 6

Ejemplos del tipo de soportal de madera



Soportal simple



Soportal con decoración



Soportal con intercolumnio cerrado con tabaquería en romanillas de madera

### El portón y el portalón interior

El portalón interior tipo se caracteriza por presentar un cuerpo superior perforado casi siempre con barrotes. La dimensión típica es de 1 m x 2,90 m. El portón cancel interior se usa de dos modos: los que rematan el pasillo o zaguán de entrada y los de las puertas de dormitorios. El portón cancel de zaguán, del que se conservan cinco casos, es un aparato de cerramiento que se ubica en el fondo del zaguán, permitiendo la existencia de un mediador entre el ambiente interior y exterior cuando en el día está abierto el portalón del acceso que da hacia la calle. Puede ser también una puerta que se ensambla en un tabique coronado por un tímpano calado o "fanlight". El portón cancel de

habitación es muy común, aparece colocado delante del portalón de las habitaciones y sirve para iluminar y ventilar conservando a la vez la privacidad (gráfico 8).

### Conclusiones

Este trabajo corrobora y complementa lo que se ha demostrado en otros anteriores: la vivienda en el centro histórico de Maracaibo expresa una doble vertiente estética: por un lado, la que la emparenta con la lejana Andalucía, por otro, la que la asocia a la estética antillana decimonónica, lo que logra manifestarse en una estética hispano-modernista-antillana que esencialmente la distingue.

El estudio de la evolución histórica de la vivienda a partir de la generación del modo andaluz ha permitido establecer un paralelismo Andalucía-Maracaibo a partir de la disposición urbana, la huella del loteo, la composición volumétrica y las sutiles relaciones perceptivas que se estructuran entre arquitectura y ambiente, lo que nos permite la lectura de los elementos hispanos que amarran su estructura formal (Pirela, 1996, p. 305).

El lugar seleccionado, la Calle Carabobo, es eminentemente residencial y secundaria dado que fue límite urbano de la ciudad hasta mediados del siglo XIX, sin embargo, la lectura del loteo actual revela que las casas que comparten el fondo de la manzana que se enfrenta a la Plaza Mayor conservan todavía un amplio frente, signo de que las casas allí levantadas eran más apegadas al caserón colonial, encontrándose tres ejemplos de este tipo, todos de una sola planta. No se encontraron rastros

Gráfico 7  
Ventana interior



Vista externa de la ventana interior con enmarcadura clásica



Hojas practicables y postigo en ventana interior

Gráfico 8  
Portón y portalón interior



Portalón interior con barrotes en perforación superior



Portón cancel en zaguán con tímpano decorado en caladuras



Portón cancel con tímpano decorado con caladuras y fanlight



Portón cancel y portalón con enmarcadura clásica

de que hayan existido casas con grandes balcones.

Esta estructura arcaizante, expresada en la huella del loteo, es determinante en su organización exterior e interior, puesto que la anchura de la casa guarda relación con el número de vanos que dan a la calle y ello redonda tanto en la ordenación exterior de la fachada como en su organización interior. Esta condición fue determinante para el establecimiento de las variantes tipológicas de esta vivienda: la de cuerpo ancho, la de cuerpo medio y la de cuerpo angosto, siendo esta última la más abundante.

Por otro lado, la lectura realizada establece que la posición de la o las ventanas a izquierda o derecha del plano de fachada depende, en más de 80% de los casos analizados, de la posición del patio. Se puede afirmar que su posición no es arbitraria ni de puro arreglo formal, sino que obedece a una razón bioclimática destacable. Este estudio demostró que la disposición de ventanas y puertas está subordinada a la presencia del patio. Cuarenta de los cuarenta y tres casos analizados presentan un esquema de ingreso que se relaciona linealmente con el área abierta del patio y de la galería. Ello nos conduce a establecer que la invariante hispana más destacable posiblemente sea la calidad ambiental interior de estas casas. La adecuada adaptación climática derivada de la experiencia morisca, donde la "casa oasis" funciona ante la agresividad de la temperatura y la radiación solar, se expresa en la presencia y disposición del patio y compluvium de los que se comprobó un alineamiento con arreglo a la mejor captación de los vientos, la ambientación vegetal interior, el traspatio de frutales y las acequias interiores de drenajes. Los aljibes han desaparecido.

Se destacan como notables influencias modernizantes el programa de espacios diferenciados que encontramos en estas viviendas, expresada en una volumetría de carácter atomizado, conformado por la aparición de volúmenes dife-

renciados a través de sus techumbres, pabellones, que dispuestos de manera sucesiva destacan cada espacio hacia el exterior. Ello sustituye la antigua conformación continua de la cubierta colonial. Por otro lado, la riqueza expresiva de la decoración exterior, otra evidencia modernizante, se traslada también al interior, aun cuando muy localizada sobre los paramentos externos que dan hacia el patio. Dado que éste conforma una exterioridad dentro de la casa, estas áreas son tratadas como fachadas interiores. En ellos ubicamos los elementos decorativos interiores como: ventanas, puertas y columnatas. El componente más destacado es este último. A pesar de la pobreza o del estado de deterioro, en los casos analizados se dispone de ejemplos que ilustran la importancia de la columnata, donde se vuelca la disponibilidad decorativa que deviene en el detalle más frívolo de la vivienda de cara a la intimidad.

La expresividad antillana se hace presente, mas allá de la volumetría conformada por pabellones, en la presencia de romanillas y componentes calados, tales como las piezas entre soportales y los fanlights que comúnmente aparecen sobre los tímpanos de puertas.

Por último se demuestra que a pesar de las adiciones decorativas realizadas en la vivienda urbana durante el siglo XIX, la disposición de los espacios internos acusa su derivación directa del plan organizativo colonial. Es destacable que la observación realizada del modelo decimonónico arroja que aún persisten espacios y elementos como el zaguán, el patio centralizado, las cubiertas y los aljibes, todos ellos de comprobado origen colonial. Esta lectura nos permite reconocer lo que podríamos denominar el "componente arcaizante", generado por aquella estructura que se logra en la Colonia y que persiste hasta la actualidad a pesar de todos los procesos modificadores posteriores.

## Notas

1 Modo de denominación que Pirela da a la composición volumétrica a partir de módulos de "forma geométrica simple de uso universal en la producción de vivienda". (2001, 22 y 23)

## Referencias bibliográficas

Guerrero, Fernando (1970) *En la ciudad y su tiempo*. Ediciones del Banco Maracaibo.

Pirela, Alexis (1996) El modelo colonial hispano en la arquitectura residencial de Maracaibo. Tesis Doctoral. Madrid ETSAM.

Pirela, Alexis (2001) "Construcción por pabellones. Vivienda antillana en Maracaibo", *Tecnología y Construcción* 17-II, mayo-agosto, Caracas.

Pirela, Alexis; Pirela, Alaisa; Suárez, Javier (2004) "La casa del centro histórico de Maracaibo. Vocabulario de su estructura compositiva", *Tecnología y Construcción* 20-II, Caracas.



## La promoción de viviendas populares a través de las Organizaciones Comunitarias de Vivienda. Dificultades y enseñanzas. Estudio de casos

Carlos Angarita  
IDEC / FAU / UCV

### Resumen

Un avance de la investigación adelantada sobre el Programa de apoyo a la promoción de viviendas populares bajo la figura de (OCV), ejecutado por el Instituto Nacional de la Vivienda (INAVI) entre 1995 y 1999, donde se presentan los hallazgos y las reflexiones sobre estas experiencias comprobadamente fallidas entre otras razones porque las comunidades no tuvieron la competencia indispensable para acometer con éxito los retos implícitos en la promoción inmobiliaria ni fueron apoyadas apropiadamente para ello; porque la asistencia técnica, cuando la hubo, no cumplió sus cometidos, amén de las limitaciones operativas y financieras de las OCV para gestionar los requisitos indispensables con el objetivo de optar al programa. Cabe destacar que, en general, terrenos y proyectos fueron gestionados por las asociaciones sin contar con la mínima asesoría especializada necesaria, mientras que el INAVI, por su parte, escogió unilateralmente a las empresas contratistas, además de que resultó decisiva la pérdida del valor adquisitivo de los financiamientos por la inflación. A pesar de los errores y conflictos señalados, la participación comunitaria en la producción de vivienda popular sigue siendo una alternativa importante para paliar el déficit habitacional por lo que urge diseñar, instrumentar e implantar un modelo de gestión que simplifique y haga expeditos los procesos, con la supervisión que debe aportar el Estado para detectar y corregir oportunamente sus desviaciones.

### Abstract

*A first draft of the research upon the program for the support of popular houses (Programa de Apoyo a la Promoción de Viviendas Populares) under the figure of communities housing organizations (Organizaciones Comunitarias de Vivienda, OCV) carried by the national housing administration (Instituto Nacional de la Vivienda, INAVI) between 1995 and 1999. We present our findings and reflections about these experiences that failed because the communities did not have the essential competence to successfully undertake the implicit challenges of real estate promotion as they were not properly assisted for that, since technical support, when present, did not carry out its task; in addition, the operative and financial limitations they had to meet all requirements in order to apply for the program. Lands and projects were managed by associations without the minimal specialized advising, while INAVI chose unilaterally the building contractors. Also, the inflation marked a loss of purchasing power for the financed associations. Despite these mistakes and conflicts, the participation of communities in the production of popular houses is still an alternative for the housing deficit; hence, it is urgent to design and implement and administration model that simplifies all processes with the due supervision of the State in order to detect and emend deviations opportunely.*

Este documento es un producto parcial de la investigación que hemos adelantado sobre el Programa de apoyo a la promoción de viviendas populares bajo la figura de asociaciones civiles denominadas Organizaciones Comunitarias de Vivienda (OCV), ejecutado por el Instituto Nacional de la Vivienda (INAVI) en el marco de las leyes de Política Habitacional que estuvieron vigentes entre 1993 y 1999<sup>1</sup>.

El contenido versa sobre el análisis efectuado a 18 proyectos financiados por el INAVI entre 1995 y 1999, localizados en los estados Barinas, Carabobo, Falcón, Sucre, Táchira, Trujillo y Zulia. La información proviene de las auditorías practicadas a dichos proyectos en el año 2000 por la empresa ORCEN C.A.<sup>2</sup>, firma contratada para tales fines por el Directorio del INAVI y, además, de nuestra participación directa en visitas a las obras y reuniones con directivos y otros integrantes de las OCV, inspectores de obras, representantes de empresas contratistas y profesionales que intervinieron en la asistencia técnica facilitada a las comunidades.

Es necesario destacar que el INAVI no disponía de expedientes que permitieran conocer la historia de las experiencias e identificar las causas de los problemas. Esta situación obligó a los auditores a una laboriosa tarea para desenmarañar una madeja de informaciones, muchas veces contradictorias, de diversas procedencias. Para ello efectuaron la revisión directa de los documentos existentes en las dependencias del INAVI vinculadas al programa, en las instituciones financieras que actuaron como fiduciarios de los créditos y en los archivos de las juntas directivas de las asociaciones civiles. Realizaron, además, evaluaciones sobre la cantidad y calidad de las obras ejecutadas así como entrevistas a los actores involucrados.

### Descriptores:

Organizaciones Comunitarias de Vivienda;  
Política Habitacional en Venezuela

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN. Vol. 21-III, 2005, pp. 41-50.  
Recibido el 15/11/05 - Aceptado el 04/05/06

Ninguno de los casos examinados llegó a cumplir con las metas inicialmente planteadas y, cuando fueron auditados, todas las obras estaban paralizadas por presentar múltiples y graves problemas de difícil solución. Entre los problemas más frecuentes se encontraban denuncias de estafa, reducción de metas, obras inconclusas, defectos de construcción en las viviendas y el urbanismo, arbitrariedades en la selección de las familias que prioritariamente ocuparían las unidades de vivienda y desconocimiento por parte de las familias asociadas de los reales alcances de los proyectos de los cuales participaban.

En esta ocasión se presentan los hallazgos y las reflexiones sobre los hechos y circunstancias que acaecieron en estas experiencias comprobadamente fallidas, pues, escrutar en las causas que les impidieron cumplir con sus objetivos y que con frecuencia las condujeron a problemas mayores a los que inicialmente se plantearon superar, puede permitirnos identificar ciertos elementos que —de estar presentes en prácticas similares— muy probablemente las conducirán al fracaso. Este es el propósito de este artículo.

### A manera de premisas

Existen dos aspectos clave para alcanzar el éxito en los proyectos de vivienda promovidos por grupos organizados de familias de los estratos sociales más desfavorecidos: el financiamiento oportuno y suficiente, y la asistencia técnica requerida a todo lo largo del proceso. Ambos aspectos escapan a las posibilidades de las familias y deben ser fundamentalmente responsabilidad del Estado.

Es excepcional que las OCV, y en general todas las asociaciones civiles pro-vivienda, cuenten desde sus inicios con las mínimas capacidades de gestión que les permitan adelantar eficientemente y de forma autónoma las actividades propias de la organización comunitaria y la promoción inmobiliaria. La naturaleza técnica de esas materias hace imprescindible la participación de profesionales calificados en aspectos tales como: conformación, legalización, organización y funcionamiento de la asociación, selección y compra del terreno, elaboración de estudios previos (topográficos, suelos, variables urbanas), elaboración y evaluación de los proyectos de urbanismo y vivienda, elaboración de los presupuestos de obra, selección de la empresa contratista, inspección y supervisión de la construcción, entre los más importantes. Con esta intención el Programa contempló la creación de las Organizaciones Intermediarias de Vivienda (OIV), entidades profesionales privadas conformadas por técnicos expertos en estos quehaceres (Angarita y Molina, 2003).

La asistencia técnica debe, pues, actuar en dos ámbitos: en el de las comunidades, como estímulo y apoyo a la organización de los grupos de familias desde la gestación de la asociación civil hasta la concreción de objetivos planteados, y en el ámbito de las obras, para garantizar que sean proyectadas y ejecutadas coherentemente, con la calidad debida y a precios razonables.

El programa desde sus inicios exigió como requisitos previos e indispensables, para optar al financiamiento, la propiedad del terreno y la existencia de los proyectos de urbanismo y viviendas, debidamente aprobados por la instancia respectiva, es decir, la municipalidad con competencia territorial sobre el proyecto. La aprobación de los proyectos siempre llevó implícita la factibilidad de dotación de los servicios públicos básicos otorgados por las operadoras correspondientes: electricidad, agua potable y disposición final de aguas servidas, y a defecto de estos dos últimos, las propuestas concretas de cómo resolverlos de forma independiente.

Los requisitos mencionados son de normal exigencia en las solicitudes de créditos para la construcción de viviendas financiadas con recursos públicos o privados y satisfacen dos condiciones: la garantía hipotecaria inicial (el terreno) y la justificación del monto a ser financiado (el proyecto). Los financiamientos que actualmente otorga el Estado para la construcción de viviendas populares promovidas por familias organizadas, aun cuando difieren formalmente del Programa, mantienen estos requisitos. Es decir, se continúa suponiendo la existencia previa de un grado de organización en las familias que les permita asumir y ejecutar con éxito actividades que implican la toma de decisiones sobre aspectos como los antes citados que, necesariamente, deben estar apoyadas en rigurosos análisis técnicos y que son los que requieren mayor atención por su importancia en el resultado final de la empresa. Se supone, además, que familias con ingresos muy precarios y limitados pueden costear por sí mismas los gastos que acarrea la realización de tales actividades.

### Los hechos y sus circunstancias

Nuestras indagaciones parten de la situación que presentaban las OCV cuando fueron auditadas, de allí, con base en los datos recolectados, nos remontamos a sus orígenes, precisando cuándo y cómo acaecieron los eventos más notables.

#### *Sobre las metas físicas*

La información disponible fue analizada, procesada y vertida en el cuadro 1, donde se señalan las metas propuestas y las alcanzadas; el número de familias inicia-

les y finales; la cantidad de financiamientos otorgados, así como la condición de ocupación de las viviendas para cuando se paralizaron las obras. Las metas propuestas están referidas a la cantidad de viviendas completas y a las partes del urbanismo incluidas en los presupuestos que sirvieron de base para otorgar los financiamientos.

Las obras de urbanismo proyectadas fueron las referidas a movimiento de tierra, vialidad y drenajes, ace- ras, brocales, acueductos, cloacas y electrificación, y no siempre estuvieron incluidas en las metas iniciales. Esto obedeció a que ya estaban ejecutadas, a que estarían a cargo de otros entes públicos (Gobernación, Alcaldía) o que serían objeto de financiamiento posterior que otorgaría el INAVI. En las OCV que presentaron esta condi- ción, luego de la inspección realizada a las obras, resultó

que partes significativas del urbanismo no habían sido ejecutadas, o requerían trabajos adicionales o corregir defectos graves. Los problemas más comunes eran la falta de conexión con las redes de acueductos y cloacas, la inexistencia de las instalaciones necesarias para el funcio- namiento autónomo de las urbanizaciones en cuanto al suministro de agua potable y disposición de aguas servi- das (pozos y plantas de tratamiento)<sup>3</sup>. En ninguno de los desarrollos estuvo planteada la construcción de equipa- mientos urbanos.

Se puede apreciar que apenas una OCV (Vista Hermosa) alcanzó a concluir satisfactoriamente todas las obras de urbanismo y vivienda previstas en los financia- mientos y, además, satisfacer la demanda de todas las familias asociadas. El resto de los proyectos presentaron

Cuadro 1  
OCV : metas propuestas y metas alcanzadas

CUADRO N° 1																				
N°	OCV	CANTIDAD DE FAMILIAS		METAS PROPUESTAS						Financi. otorgados	METAS ALCANZADAS									
		inicio	final	URBANISMO					VIVIENDAS		URBANISMO					VIVIENDAS				
				Terraceo	Vialidad	cloacas	acued.	electr.	Cant.		% vv/cant. de fam.	Terraceo	Vialidad	cloacas	acued.	electr.	cant.	%	ocupadas	no ocup.
1	Leonardo Ruiz Pineda-Barinas	17	55							47	85,45	1						32	68,09	x
2	Los Topógrafos- Barinas	18	31							23	74,19	2						23	100,00	x
3	Guaicaipuro III-Carabobo	70	240							240	100,00	3						170	70,83	x
4	Corina II-Carabobo	400	175							175	100,00	1						78	44,57	x
5	Vipacor-Falcón	28	48							48	100,00	3						48	100,00	x
6	José Leonardo Chirinos-Falcón	50	50							50	100,00	1						50	100,00	x
7	All Primera-Sucre	46	46							46	100,00	1						46	100,00	x
8	Andrés Eloy Blanco-Sucre	41	41							41	100,00	1						41	100,00	x
9	Humberto Rojas-Sucre	50	50							50	100,00	1						50	100,00	x
10	Eugenio Peña-Sucre	41	41							41	100,00	1						41	100,00	x
11	Vista Hermosa-Sucre	37	62							62	100,00	1						62	100,00	x
12	Juan Galeazzi-Táchira	22	126							126	100,00	2						126	100,00	x
13	Vecinos en Marcha-Trujillo	-	151							128	84,77	1						100	78,13	x
14	Colinas de Carmania-Trujillo	100	180							180	100,00	4						178	98,89	x
15	Obreros de LUZ-Zulia	37	486							85	17,49	4						85	100,00	x
16	Simón Rodríguez-Zulia	63	44							44	100,00	1						32	72,73	x
17	Divino Niño-Zulia	110	110							110	100,00	2						50	45,45	x
18	San Crispulo-Zulia	110	110							54	49,09	2						40	74,07	x

LEYENDA

URBANISMO, METAS PROPUESTAS			
incluido	no incluido, ya ejecutado	no incluido, por ejecutar totalmente	no incluido, por ejecutar parcialmente

METAS ALCANZADAS urbanismo					METAS ALCANZADAS viviendas			
100% ejecutado, sin fallas evidentes	100% ejecutado, con fallas evidentes	Ejecutado parc., sin fallas evidentes	Ejecutado parc., con fallas evidentes	No ejecutado	100% ejecutadas sin fallas evidentes	100% ejecutadas con fallas evidentes	Ejecutadas parc., sin fallas evidentes	Ejecutadas parc., con fallas evidentes

evidentes defectos de construcción en el urbanismo y/o las viviendas. En casi todos los desarrollos donde existía una mínima habilitación urbana en cuanto a accesibilidad y dotación de servicios de infraestructura, las viviendas fueron ocupadas a pesar de estar incompletas y presentar evidentes deficiencias constructivas.

Para cinco organizaciones los financiamientos no fueron suficientes, a priori, para construir la totalidad de las viviendas requeridas, por ejemplo: Obreros de LUZ recibió recursos sólo para 85 viviendas cuando existían 486 familias asociadas y Los Topógrafos, a pesar de ser la de menor número de familias (31), luego de dos financiamientos las metas previstas apenas alcanzaban para atender a 23 familias, 74,19% del total.

Los casos anteriores, sumados a los que requirieron más de un financiamiento para alcanzar a construir la cantidad de viviendas demandadas, evidencian que las circunstancias obligaron a que la mayoría de los desarrollos urbanísticos fueran ejecutados por etapas sucesivas. Sin embargo, ni los proyectos ni la planificación de las obras respondieron a esta condición. Nunca estuvieron planteados la consolidación y el crecimiento progresivos del urbanismo y las viviendas, ni siquiera se consideró la posibilidad de ejecutar como primera etapa la construcción de todo el urbanismo para luego emprender la construcción de las viviendas. Por el contrario, el criterio universalmente empleado fue seccionar espacialmente el proyecto en partes completas de urbanismo y viviendas hasta el límite que permitiera el monto del financiamiento.

### *Sobre los tiempos invertidos*

Analizamos la secuencia de hechos que condujeron a la situación que presentaba cada experiencia para el momento de la auditoría. A partir de la cronología de los acontecimientos más notables seccionamos los procesos en tres fases consecutivas, fases que, en general, se presentan en toda OCV:

#### *a. Fase previa*

Constituye la etapa que transcurrió desde la conformación del núcleo inicial u originario de familias, hasta la formal aprobación por el Directorio del INAVI del financiamiento solicitado.

Mediaron entre ambos eventos las acciones que condujeron a la legalización de la asociación civil, a la selección y compra del terreno, al contacto y negociación con los profesionales que elaboraron el proyecto y los presupuestos para su ejecución y, muy frecuentemente, a la vinculación y a los acuerdos con la posible empresa con-

tratista de las obras. Tuvieron aquí lugar, además, los trámites efectuados ante el INAVI para calificar como beneficiarias del crédito.

#### *b. Fase de aprobación y transferencia de fondos*

Esta etapa comenzó con la aprobación del financiamiento y concluyó con el inicio de las obras de construcción. Las acciones en ella desarrolladas fueron la aprobación del (los) presupuesto(s), la selección de la(s) empresa(s) contratista(s), la firma del(los) contrato(s) de ejecución, la selección y contratación del Inspector, la selección del banco fiduciario, la apertura del fideicomiso de administración y la realización del primer desembolso de recursos. Todas ellas responsabilidad del ente financiera, exceptuando la firma del contrato de obra, que siempre correspondió a la OCV.

#### *c. Fase de ejecución de la obra*

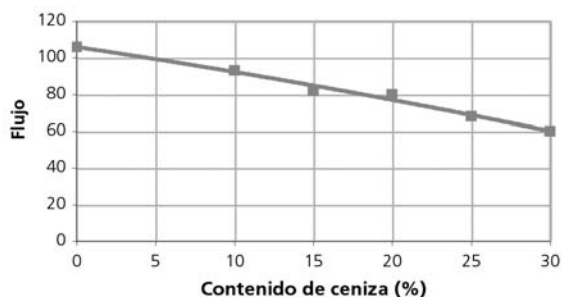
Abarca todas las actividades de construcción propiamente dichas efectuadas desde el inicio de las obras hasta su terminación. En los casos que nos ocupan, ninguno llegó a su conclusión definitiva, por lo que la finalización de esta fase corresponde al momento de paralización de las obras motivada por los problemas suscitados durante su ejecución.

El Acta de Inicio es el documento a partir del cual se mide el tiempo contractual, sin embargo, es conveniente señalar que no siempre la ejecución comenzó cuando fue suscrita, pues con frecuencia aconteció que la obra fuera paralizada casi inmediatamente después de este acto. Por ello, a los efectos de precisar el tiempo de duración de esta fase, estimamos más apropiado asumir como fecha de inicio la señalada en la primera valuación de obra ejecutada y, de igual forma, para la de terminación, la mencionada en la última valuación.

La mayoría de las organizaciones (78%) se gestaron en fechas previas a la existencia del programa<sup>4</sup>. Cuando entraron en él completaron un largo peregrinaje por diversos organismos públicos sin que fueran atendidas plenamente sus peticiones. Con el propósito de mostrar los sucesos tal como ocurrieron consideramos apropiado medir los lapsos transcurridos desde las conformaciones de sus núcleos iniciales.

El cuadro 2 y el gráfico 1 muestran los tiempos invertidos en las fases de cada proceso y los períodos durante los cuales las comunidades recibieron asistencia técnica. Los datos se presentan en cantidades absolutas y en porcentajes respecto al tiempo total. Los lapsos se cuantificaron en meses enteros, asumiendo como un mes toda fracción mayor a 15 días.

Gráfico 1  
Tiempo invertido en cada fase (en meses)



Cuadro 2  
Tiempo invertido en las experiencias (en meses)

N°	OCV	Fase Previa	Fase de aprobación y transferencia de fondos	Fase de ejecución de obra	Lapso total de la experiencia
1	Leonardo Ruíz Pineda-Barinas	14 (53,85%)	4 (15,38%)	8 (30,77%)	26 (100%)
2	Los Topógrafos- Barinas	40 (75,47%)	10 (18,87%)	3 (5,66%)	53 (100%)
3	Guaicaipuro III, Carabobo, I Etapa	46 (61,33%)	6 (8,00%)	23 (30,67%)	75 (100%)
	Asistencia técnica			3	
4	Corina II-Carabobo	36 (64,29%)	13 (23,21%)	7 (12,50%)	56 (100%)
	Asistencia técnica			4	
5	Vipacor-Falcón	28 (56,00%)	13 (26,00%)	9 (18,00%)	50 (100%)
6	José Leonardo Chirinos-Falcón	88 (83,02%)	8 (7,55%)	10 (9,43%)	106 (100%)
	Asistencia técnica			4	
7	Alí Primera-Sucre	78 (96,30%)	1 (1,23%)	2 (2,47%)	81 (100%)
	Asistencia técnica			2	
8	Andres Eloy Blanco-Sucre	78 (95,12%)	1 (1,22%)	3 (3,66%)	82 (100%)
	Asistencia técnica			3	
9	Humberto Rojas-Sucre	76 (95,00%)	2 (2,50%)	2 (2,50%)	80 (100%)
	Asistencia técnica			2	
10	Eugenio Peña-Sucre	76 (88,37%)	3 (3,49%)	7 (8,14%)	86 (100%)
	Asistencia técnica			7	
11	Vista Hermosa-Sucre	39 (82,98%)	3 (6,38%)	5 (10,64%)	47 (100%)
12	Juan Galeazzi-Táchira	14 (38,89%)	5 (13,89%)	17 (47,22%)	36 (100%)
	Asistencia técnica			5	
13	Vecinos en marcha-Trujillo	83 (81,37%)	9 (8,82%)	10 (9,80%)	102 (100%)
	Asistencia técnica		6		
14	Colinas de Carmania-Trujillo	180 (88,24%)	10 (4,90%)	14 (6,86%)	204 (100%)
	Asistencia técnica			5	
15	Obreros de LUZ-Zulia	3 (6,67%)	3 (6,67%)	39 (86,67%)	45 (100%)
	Asistencia técnica	3	3	39	
16	Simón Rodríguez-Zulia	41 (71,93%)	15 (26,32%)	1 (1,75%)	57 (100%)
17	Divino Niño-Zulia	20 (46,51%)	14 (32,56%)	9 (20,93%)	43 (100%)
18	San Crispulo-Zulia	32 (53,33%)	4 (6,67%)	24 (40,00%)	60 (100%)
	Asistencia técnica			6	

La información disponible no nos permitió precisar los tiempos transcurridos desde la formal solicitud de financiamiento ante el INAVI hasta su aprobación. Tenemos referencia de que, para algunas OCV diferentes a las aquí estudiadas, este período consumió hasta cuatro años. Ocurrió con frecuencia que las seleccionadas por el INAVI para ser financiadas en los planes operativos de un año en particular, por distintos motivos, no fueron incluidas en las programaciones definitivas y debieron esperar los siguientes ejercicios fiscales. Aparte de las insuficiencias presupuestarias, fue frecuente que los requisitos exigidos para el financiamiento no estuvieran completos, sobre todo en lo relativo a los documentos del proyecto y los presupuestos de obra<sup>5</sup>, lo cual es indicativo de las limitaciones que presentan las comunidades para gestionar la realización de estas tareas. Todo lo anterior explica el por qué en 89% de las organizaciones la fase previa fue la más prolongada. En promedio, este lapso se extendió cincuenta y cuatro (54) meses, es decir, cuatro años y seis meses.

La duración de la fase de aprobación y transferencia de fondos osciló entre uno (1) y quince (15) meses, con un promedio de siete (7) meses. La extensión de esta etapa estuvo supeditada a la aprobación del presupuesto del ente público y a la disponibilidad efectiva de recursos por parte del ente financista.

En conjunto, las dos primeras fases superaron en tiempo a la de ejecución de la obra en una relación promedio de 6:1, es decir, por cada mes de ejecución de la obra fue necesario invertir seis meses en las dos primeras

fases. El rango va desde 56:1 (Simón Rodríguez en el estado Zulia), hasta 1:1 (Juan Galeazzi en el estado Táchira), exceptuando Obreros de LUZ en Zulia, donde que la proporción se invierte a 1:6,5.

Merece especial consideración la perjudicial confluencia de dilaciones en la realización de trámites burocráticos y elevadas tasas de inflación. En todos los contratos se contemplaron cláusulas de actualización de precios por la inflación, mediante la aplicación de fórmulas escalatorias para las diferentes partidas que conformaban los presupuestos de obras, lo cual condujo obligatoriamente a disminuciones de metas físicas para ajustar los montos a las disponibilidades presupuestarias.

El cuadro 3 cuantifica la incidencia de la inflación en los financiamientos desde la aprobación por parte del Directorio del INAVI hasta el momento de inicio de las obras. Se aprecia que, en promedio, transcurrieron 7,39 meses y las pérdidas adquisitivas de los montos totales de los financiamientos superaron el 27% en siete ocasiones y el 50% en tres.

#### *Sobre la asistencia técnica*

La actuación de grupos profesionales en la prestación de asistencia técnica, en el marco de lo establecido en las Normas de Operación de la Ley de Política Habitacional vigente hasta 1999, mediante Organizaciones Intermedias de Vivienda contratadas para tal fin, se presentó sólo en 12 de las 18 experiencias analizadas. Las seis restantes no contaron con ninguna asistencia técnica formal.

Cuadro 3  
Incidencia de la inflación en los financiamientos otorgados a las OCV

Nº	OCV	Aprobación del Directorio del INAVI (A)	Inicio de la obra	Lapso transcurrido desde A (meses)	Inflación acumulada en el lapso (%)	Poder adquisitivo del financiamiento al inicio de la obra (%)	Pérdida adquisitiva del financiamiento al inicio de la obra (%)
1	Leonardo Ruíz Pineda-Barinas	1/22/98	5/25/98	4	12,03	89,26	10,74
2	Los Topógrafos-Barinas	9/11/95	10/1/96	12	122,38	44,97	55,03
3	Guaicaipuro III-Carabobo	11/4/96	8/17/98	9	76,12	56,78	43,22
4	Corina II-Carabobo	7/6/97	8/8/98	12	38,05	72,44	27,56
5	Vipocor-Falcón	10/18/98	11/15/96	12	120,93	45,26	54,74
6	José Leonardo Chirinos-Falcón	11/4/96	7/15/97	8	24,99	80,01	19,99
7	Alí Primera-Sucre	8/3/98	9/7/98	1	2,07	97,97	2,03
8	Andrés Eloy Blanco-Sucre	8/3/98	9/7/98	1	2,07	97,97	2,03
9	Humberto Rojas-Sucre	6/29/98	9/7/98	2	4,18	95,99	4,01
10	Eugenio Peña-Sucre	6/15/98	2/17/99	8	14,24	87,54	12,46
11	Vista Hermosa-Sucre	7/27/98	11/2/98	3	6,44	98,95	6,05
12	Juan Galeazzi-Táchira	8/18/97	1/29/98	5	15,40	86,66	13,34
13	Vecinos en marcha-Trujillo	5/15/98	2/15/99	9	16,60	85,76	14,24
14	Colinas de Carmania-Trujillo	6/21/95	5/9/96	11	72,56	57,95	42,05
15	Obreros de LUZ-Zulia	10/30/95	1/15/96	3	21,01	82,64	17,36
16	Simón Rodríguez-Zulia	11/15/97	2/15/99	15	38,46	72,22	27,78
17	Divino Niño-Zulia	11/9/95	1/15/97	14	133,46	42,83	57,17
18	San Críspulo-Zulia	2/18/97	7/1/97	4	9,18	91,60	8,40

Fuente: BCV, cálculos propios

Como se aprecia en el cuadro 2, ninguna OIV, excepto la que trabajó en Obreros de LUZ, intervino desde el inicio de la fase previa, donde su presencia era esencial para congeniar intereses y expectativas de los integrantes, capacitarlos para el trabajo comunitario y decidir sobre la adquisición del terreno, la elaboración del proyecto, las alternativas de financiamiento, la construcción y adjudicación de viviendas, entre otros asuntos de importancia. Por el contrario, fue generalizado que entraran a participar ya bien avanzados los procesos, casi que exclusivamente en la ejecución de las obras, y motivadas por la existencia de disputas de difícil superación en el seno de las familias asociadas y entre éstas y las empresas contratistas.

Los equipos de profesionales limitaron sus servicios a los lapsos establecidos en los contratos, cuatro meses en promedio, cesando sus funciones al vencimiento del tiempo contractual aun cuando no se hubieran superado los problemas que promovieron su presencia.

Aconteció también que todos los contratos incluyeron en sus alcances, de manera expresa, la realización de actividades que eran improcedentes por extemporáneas, pues ya habían sido ejecutadas en fases muy anteriores a la entrada de las OIV, como fueron: la promoción del programa; la realización de estudios socioeconómicos de las familias afiliadas y precalificación de beneficiarios; el apoyo en la selección y compra del terreno; la contratación y revisión de proyectos; los trámites de permisos de construcción y selección de contratistas. Se incluyeron además en las ofertas acciones que tendrían lugar más allá de los lapsos contractuales, específicamente las de soporte a la organización comunitaria luego de la terminación de las obras y ocupación de las viviendas.

#### *Sobre los aportes propios de las comunidades: terrenos, estudios previos y proyectos*

En el estudio se encontró que todos los terrenos fueron adquiridos en compra, sin embargo, de los 12 donde pudimos conocer quiénes fueron sus propietarios originales, ocho (67%) resultaron ser entes públicos (INAVI y Alcaldías) y fue habitual que estos organismos, por tratarse de grupo familiares con ingresos dentro del rango definido como "de interés social", pactaran las ventas a precios por debajo de los del mercado. La compra a particulares ocurrió en 4 ocasiones (33%), y en una de ellas se trató de un terreno que fue previamente invadido por quienes conformaron el núcleo inicial de la OCV, lo cual, quizá, les permitió negociarlo a un precio muy favorable.

Respecto a los estudios previos, en nueve casos no existieron certezas de que se hubieran realizado análisis de los suelos y para aquéllos que contemplaban fuentes propias para los acueductos (22%), tampoco se encontraron estudios que sustentaran su factibilidad.

Se pudo conocer la procedencia de 17 de los proyectos, de ellos, cuatro (24%) fueron contratados a profesionales en libre ejercicio. Del resto (76%), cinco fueron elaborados por las empresas contratistas de las obras, cinco por las alcaldías con jurisdicción sobre el desarrollo habitacional, dos por el INAVI y uno por la Universidad del Zulia. Sólo en dos consta que los proyectos de urbanismo y viviendas hubieran sido conocidos y aprobados por los miembros de las comunidades en asambleas y en apenas dos (12%) existieron evidencias de que la Ingeniería Municipal respectiva hubiera otorgado su aprobación y emitido los permisos de construcción.

## Conclusiones

Del estudio se desprende que las comunidades no tuvieron la competencia indispensable para acometer con éxito los retos implícitos en la promoción inmobiliaria ni fueron apoyadas apropiadamente para ello. El soporte brindado por el Estado a las comunidades no fue en absoluto oportuno ni adecuado para honrar los compromisos a los que estuvo obligado: prestar la asistencia técnica y aportar el financiamiento. En las notorias deficiencias presentadas en ambos asuntos estuvo el origen de gran parte de los problemas que condujeron a las caóticas situaciones descritas en las páginas precedentes.

La asistencia técnica, cuando la hubo, no cumplió sus cometidos. Aconteció que las actuaciones de las OIV formalmente contratadas dejaron mucho que desear y muy poco contribuyeron a la solución de los innumerables conflictos presentes en las experiencias. El INAVI, por su parte, ejerció poco o ningún control sobre estos grupos, en los que había descargado parte muy importante de sus responsabilidades. Se pueden apreciar aquí las indeseables consecuencias de una delegación de facultades propias del Estado en terceros privados, más aún sin que éste contara —ni procurara contar— con los medios necesarios para ejercer la debida vigilancia sobre sus desempeños.

Conviene también resaltar las limitaciones operativas y financieras de las OCV para gestionar los requisitos indispensables con el objetivo de optar al programa. Considerados en conjunto sus aportes previos, no encontramos evidencias que confirmen que alguna de ellas hubiera comprado el terreno a precios de mercado y sufragado por sí

misma los costos de estudios y proyectos. No obstante, la provisión por cuenta propia de terrenos y proyectos continúa siendo imprescindible para que las comunidades organizadas puedan optar a los programas públicos de apoyo a la promoción inmobiliaria popular.

En los principales objetivos del programa estuvo presente el estímulo a la participación activa de las comunidades -debidamente reforzadas por los profesionales contratados ad hoc- en la toma de las decisiones relativas a la compra del terreno, en la contratación de los proyectos y en la selección y contratación de las empresas que estarían a cargo la ejecución de las obras. Todo ello en resguardo de los intereses de las familias, en procura de las condiciones contractuales más convenientes y en la búsqueda de los mejores resultados posibles. Sin embargo, en general, terrenos y proyectos fueron gestionados por las asociaciones sin contar con la mínima asesoría especializada necesaria, y en las decisiones vinculadas con la ejecución de las obras más bien fue coartada su participación. El INAVI, por su parte, escogió unilateralmente a las empresas contratistas y, según nos fue reportado por miembros de las comunidades, la aceptación de esta decisión fue usualmente indispensable para el otorgamiento de los financiamientos. Por otro lado, no hubo evidencias de que para esa escogencia hubiera mediado evaluación alguna sobre las capacidades técnicas y solvencias financieras de las empresas que indicaran su idoneidad para enfrentar con éxito la ejecución de las obras. En relación con los precios convenidos en los contratos, tampoco encontramos elementos que nos permitieran calificarlos como justos, pues no consta que hubieran sido consultados varios oferentes.

El conocimiento y la discusión de los proyectos del urbanismo y las viviendas en el seno de las comunidades amerita una especial consideración. No ha sido práctica usual que los proyectos sean expuestos al colectivo y, cuando esto ocurre, son contadas las personas que emiten opiniones sobre sus contenidos, pues están comúnmente expresados en términos técnicos de difícil comprensión para audiencias no especializadas. Por ello, por ser comprobadamente ineficaces, se hace imprescindible innovar en las formas tradicionalmente empleadas para comunicar los proyectos y sustituirlas por otras que garanticen la transmisión efectiva de la información implícita en ellos y que motiven a las comunidades a expresar claramente sus inquietudes y deseos sobre cómo serán los lugares donde se desarrollará la mayor parte de su vida cotidiana.

En el incumplimiento generalizado de las metas, aparte de lo que pudiera atribuirse a deficiencias en las estimaciones del tipo y la cantidad de las obras incluidas

en los contratos y a la incompetencia en la que pudieran haber incurrido los actores participantes, fue decisiva la pérdida del valor adquisitivo de los financiamientos por la inflación. De acuerdo con el Banco Central de Venezuela, entre los años 1995-1999 la inflación alcanzó niveles históricos y la acumulada en el período fue de 247,4%. En respuesta a la merma considerable de los recursos hubo sucesivas ampliaciones de los montos de los préstamos que, sin embargo, nunca fueron suficientes para concluir la totalidad de las obras requeridas para el pleno funcionamiento de los desarrollos urbanísticos. Es decir, la única opción fue financiera, nunca estuvo planteada la posibilidad de paliar los perjuicios de la inflación a través de la aplicación de medidas que agilizaran las ejecuciones de obras como, por ejemplo, planificar la construcción del urbanismo y las viviendas en etapas racionalmente establecidas bajo los principios de crecimiento y consolidación progresivos (véase Cilento, 2002), potenciando con una asistencia técnica integral la demostrada capacidad de la familia venezolana para proveerse por sí misma de su alojamiento. La ausencia de criterios como los mencionados condujo a que, al final del proceso, parte de las familias asociadas no contaran ni siquiera con la posibilidad de disponer de una parcela urbanizada y, sin embargo, estaban comprometidas a cancelar un crédito colectivo sin haber recibido ningún beneficio en contraparte.

El hecho de que en los desarrollos urbanísticos no estuviera prevista la construcción de los más elementales equipamientos urbanos es demostrativo de la presencia del enfoque de la vivienda como un asunto limitado meramente a satisfacer la necesidad de alojamiento, visión muy enraizada en la promoción inmobiliaria pública y privada. De aquí deriva en parte que nuestras ciudades, también en sus sectores formales, hayan crecido por adición de lotes desprovistos de las condiciones necesarias para la plena vida ciudadana. Lo común ha sido que a una estructura urbana, ya de por sí deficiente en servicios, se le adicione pedazos sub-urbanizados que incrementan las carencias de la población en cuanto a espacios e instalaciones para la educación, la salud, el deporte y la recreación, para sólo mencionar los más esenciales.

El fracaso generalizado en el logro de los objetivos explica en parte la frustración presente en las familias integrantes de las asociaciones, quienes, luego de prolongadas esperas todavía no vislumbraban la posibilidad de satisfacer su necesidad de vivienda en un plazo razonable. Puede explicar también la causa de la frecuente práctica de traspasos y reventas de cuotas de participación por aquellos que desistieron de la espera, abrumados por los continuos aplazamientos de la solución a su urgente problema



habitacional y optaron por procurársela individualmente.

A pesar de los errores y conflictos presentados en las situaciones descritas, con las debidas actuaciones que permitan superarlos y que coadyuven a fortalecer la capacidad de organización y promoción, la participación comunitaria en la producción de vivienda popular sigue

siendo una alternativa importante para paliar el déficit habitacional. Por ello, urge diseñar, instrumentar e implantar un modelo de gestión que simplifique los procedimientos y haga expeditos los procesos, siempre con el debido apoyo y la supervisión que debe aportar el Estado para detectar y corregir oportunamente sus desviaciones.

#### Notas

1 Ley de Política Habitacional, Gaceta Oficial N° 4.659 Ext. de 15-12-1933 y Decreto con rango y fuerza de Ley que regula el Subsistema de Vivienda y Política Habitacional, Gaceta Oficial N° 4.861 de 01-03-1998.

2 El equipo auditor estuvo coordinado por el Ing. Yoel Amaya y formaron parte del mismo los ingenieros Héctor Torres, Carlos Trejo, Elio Mayz y la socióloga Rosa Di Falco. Fueron auditadas 22 Organizaciones Comunitarias de Vivienda, sin embargo, para cuatro de ellas no fue posible recolectar los datos mínimos necesarios relativos a los aspectos tratados en este artículo, por ello que la elaboración de esta fase de la investigación versa sobre 18 casos.

3 Esta situación también se presentó en desarrollos urbanísticos, distintos al programa de OCV, ejecutados a través de convenios suscritos entre el INAVI y gobernaciones de estado. Pueden citarse como ejemplo las urbanizaciones El Arenal y Caño Seco, construidas en el estado Mérida entre los años 2001 y 2003.

4 Creado con la promulgación de las Normas de Operación de la Ley de Política Habitacional, Gaceta Oficial N° 4.861, del 1° de marzo de 1995.

5 Esta situación se presenta recurrentemente en los proyectos de vivienda presentados por comunidades organizadas.

## Referencias bibliográficas

- Acosta, D. y Cilento A. (2005) "Edificaciones sostenibles: estrategias de investigación y desarrollo", Tecnología y Construcción 21-I, pp. 15-30. IDEC- FAU- UCV, IFAD-FA-LUZ, Caracas.
- Angarita, C. y Molina R. (2003) "La participación comunitaria en la promoción de viviendas populares. El caso de las Organizaciones Comunitarias de Vivienda", Tecnología y Construcción 19-III, pp. 39-48. IDEC- FAU- UCV/IFAD-FA-LUZ, Caracas.
- Banco Central de Venezuela en línea: [www.bcv.gov.ve](http://www.bcv.gov.ve)
- Cilento, A. (2002) "Hogares sostenibles de desarrollo progresivo", Tecnología y Construcción 18-III, pp. 23-38. IDEC-FAU-UCV, IFAD-FA-LUZ, Caracas.
- Cilento, A. et al. (1992) "Morfología de la construcción pública en Venezuela. Descentralización en el Área Construcción y Mantenimiento de Obras Públicas. Informe Final". Mimeo, IDEC-FAU, UCV, Caracas.
- Cunill, N. (1991) Participación ciudadana. Dilemas y perspectivas para la democratización de los Estados latinoamericanos. Centro Latinoamericano de Administración para el Desarrollo (CLAD), Caracas.
- Fundación de la Vivienda Popular (2000) Construyendo Comunidades. 20 experiencias venezolanas. Fondo Editorial Vivienda Popular, Caracas.
- Giuliani, F. (compilador) (2005) Construcción de una cultura de Paz. Serie Temas de Formación Sociopolítica, n° 41. Fundación Centro Gumilla, Caracas.
- Harnecker, M. (2004) Delegando poder en la gente. Monte Ávila Editores Latinoamericana C.A., Caracas.
- Pérez, E. y Quintana, L. (1993a). "Estudio sobre la estructura organizativa, funcionamiento y lineamientos de las Organizaciones Comunitarias de Vivienda. Primer Informe". Agosto. Instituto Nacional de la Vivienda. Mimeo, Caracas.
- Pérez, E. y Quintana, L. (1993b). "Estudio sobre la estructura organizativa, funcionamiento y lineamientos de las Organizaciones Comunitarias de Vivienda. Segundo Informe". Noviembre. Instituto Nacional de la Vivienda. Mimeo, Caracas.
- Pérez, E. y Quintana, L. (1994) "Estudio sobre la estructura organizativa, funcionamiento y lineamientos de las Organizaciones Comunitarias de Vivienda. Tercer Informe". Instituto Nacional de la Vivienda. Mimeo, Caracas.
- Proyectos ORCEN C.A. (2000) Informe final de Auditoría a Organizaciones Comunitarias de Vivienda (OCV). Contrato por encargo del Instituto Nacional de la Vivienda (INAVI). Caracas.
- Wieselfeld, E. (1994) Programa de Formación de Organizaciones Intermediarias de Vivienda (OIV). CONAVI-FVP, Caracas.

### Constitución y leyes:

- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, 1999.
- Decreto con Rango y fuerza de Ley de reforma del Decreto con Rango y fuerza de Ley que regula el Sub Sistema de Vivienda y Política Habitacional, Gaceta Oficial 5.392 Ext. del 22 de octubre de 1999.
- Decreto con rango y fuerza de Ley que regula el Subsistema de Vivienda y Política Habitacional, Gaceta Oficial N° 36.575, del 5 de noviembre de 1998.
- Decreto con rango y fuerza de Ley que regula el Sub Sistema de Vivienda y Política Habitacional, Gaceta Oficial N° 37.066 del 30 de octubre de 2000.
- Ley de Política Habitacional, Gaceta Oficial N° 4.659 Ext. del 15 de diciembre de 1993.
- Normas de Operación de la Ley de Política Habitacional, Gaceta Oficial N° 4.861 del 1° de marzo de 1995.
- Normas de Operación de la Ley del Subsistema de Vivienda y Política Habitacional, agosto 2000.

## Convocatoria VIII Maestría en Desarrollo Tecnológico de la Construcción

IDEC / FAU / UCV  
Enero 2007 / Marzo 2008

### Período de Preinscripción y Entrevista

**Fecha:** Del 15 de Enero al 09 de Febrero de 2007

**Horario:** 8:00 a.m. - 4:30 p.m.

**Costo:** Bs. 67.200,00 (2UT).

**Depósito previo:** Banco Provincial,  
Cuenta Corriente N°: 0108-0033-11-0100035278,  
a nombre de: IDEC - Facultad de Arquitectura - U.C.V.

Nota: Los aspirantes sostendrán una entrevista con miembros del Comité Académico en el lapso de la preinscripción para su aceptación.

### Notificación de aceptación

**Fecha:** Del 26 de Febrero al 2 de Marzo de 2007.

**Cupo:** 15 participantes.

### Período de inscripción

**Fecha:** 05 al 16 de Marzo de 2007.

**Costo:** Bs. 134.400,00 (4 UT).

**Depósito previo:** Banco Provincial,  
Cuenta Corriente N°: 0108-0033-11-0100035278,  
a nombre de: IDEC - Facultad de Arquitectura - U.C.V.

### Inicio de actividades

Fecha: 19 de Marzo de 2007.





### Recaudos necesarios (presentar antes de la preinscripción)

- Dirigir una solicitud por escrito a la Comisión de Estudios de Postgrado. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. UCV, señalando el curso al cual aspira ingresar.
- Llenar la Planilla de Pre-Inscripción que le será suministrada en el IDEC.
- Presentar copia fotostática (fondo negro) del título de Arquitecto, Ingeniero o afín, acreditado por una Universidad nacional o del exterior (en el caso de estudiantes extranjeros, debe ir acompañado por sus respectivas legalizaciones: certificación emitida por el organismo de educación respectivo, traducción notariada si el caso lo amerita, autenticadas por el Consulado de Venezuela de su país).
- Presentar Curriculum Vitae con sus respectivos soportes, demostrando experiencia previa en investigación en el área de estudio.
- Presentar notas de estudios de pregrado (debidamente certificadas y autenticadas en el caso de estudiantes extranjeros), promedio individual y puesto de la promoción.
- Presentar una exposición de motivos, de no más de una cuartilla, que incluya el tema de interés y una primera propuesta de proyecto de investigación y desarrollo tecnológico de la construcción.
- Presentar una carta que certifique la posibilidad de costear el curso y su manutención.
- 4 fotografías recientes, tipo carné.
- Sustener una entrevista orientadora y de selección con el Comité Académico en la cual debe presentar su Portafolio de trabajo con respaldos correspondientes.

### Información

Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC). Planta Baja, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. UCV. Caracas  
Central: 605.2046, Fax. 605.2048

Atención:

Sra. Mireya Flores (Secretaria División Docente) [mflores@idec.arq.ucv.ve](mailto:mflores@idec.arq.ucv.ve)

Directo: 605.1917

Prof. Idalberto Águila (Jefe de División Docente) [iaguila@idec.arq.ucv.ve](mailto:iaguila@idec.arq.ucv.ve)

Directo: 605.1914

[www.fau.ucv.ve/idec/](http://www.fau.ucv.ve/idec/)

## Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales

Mariano Vázquez Espí  
Madrid, enero 2001 <sup>1</sup>

Aun cuando muchos de los textos publicados en esta sección de Documentos de la revista *Tecnología y Construcción* se encuentran disponibles en Internet, no dejamos de difundirlos porque los consideramos una contribución al conocimiento y al debate de asuntos neurálgicos de la arquitectura y la investigación y desarrollo tecnológico en el campo de la construcción, además de estimular a nuestros lectores a acercarse a esta discusión científica y social.

Este es el caso de este texto de Mariano Vázquez Espí, que pone sobre el tapete una reflexión sobre la construcción sostenible, que llama la atención sobre un camino para tomar en cuenta las distintas aristas frecuentemente soslayadas de este enfoque, y alerta sobre las rutas espurias que nos alejan de la construcción sostenible, si se la toma en serio como una necesidad para reducir el impacto de la actividad de la producción del medio ambiente construido sobre el entorno.

Uno de los elementos clave de este texto, además de proponer un camino de evaluación del coste físico de la construcción en todo su ciclo de vida, es enfatizar que para que tengamos en verdad construcción sostenible genuina hace falta un cambio de usos y costumbres de la operación del sector construcción, de la manera de concebir la forma urbana y edilicia, y su énfasis en considerar tanto la naturaleza física de materia empleada en la construcción (y su coste energético) como la geometría adoptada, que está asociada al mantenimiento, la durabilidad y el diseño bioclimático necesario para minimizar, ya que no se puede evitar, su impacto sobre el medio ambiente.

Aun cuando todavía hay que perfeccionar las técnicas para evaluar el impacto de la construcción sobre el ambiente, y para hacer viable la construcción sostenible, este texto nos ilumina algunos de sus caminos, no exentos de controversias que son parte este esfuerzo indispensable, no sólo para la construcción sostenible, sino para una sociedad capaz de entenderse con su entorno en medio de sus tensiones inevitables.

*La idea de que los edificios de bajo consumo energético son respetuosos con el medio ambiente y de que, a través de la construcción de más edificios de este tipo, cumpliremos las promesas hechas en la Cumbre de Río de reducir las emisiones de CO2 [...], es naturalmente, una estupidez. Un nuevo edificio nunca ahorra energía, sino que genera nuevas necesidades energéticas, y la calificación de nuevo suelo para urbanizar es fundamentalmente antiecológica. Básicamente, sólo existen tres procesos que pueden conducir razonablemente a reducir las necesidades energéticas o la carga sobre el medio ambiente: la rehabilitación de edificios existentes; la sustitución de antiguos edificios ecológicamente despilfarradores por nuevas formas de bajo consumo y el cierre de intersticios entre edificios.*

Moewes, 1997 citado en Verdaguer, 1999

### Introducción: propósito y objetivos

A fin de cuantificar el impacto negativo sobre el ambiente de las técnicas industriales, el coste energético se ha popularizado como indicador. Se trata de un indicador cuyo principal mérito es sintetizar en una única medida un conjunto muy diverso de impactos. Así, en el actual contexto industrial con un consumo casi exclusivo de fuentes energéticas contaminantes<sup>2</sup>, para procesos comparables de fabricación de un producto, el coste energético de cada uno es esencialmente proporcional a la contaminación mediante diversas sustancias (óxidos de carbono, de azufre, etc). Del mismo modo, el coste energético se considera también esencialmente proporcional al impacto sobre el territorio debido a movimientos de materiales. Incluso el ruido, en tanto que disipación energética bruta, está monótonamente relacionado con la cantidad de energía empleada. (Estevan et al. 1992) (Estevan, 1998).

El coste energético como indicador es, por su naturaleza, bastante ambiguo, pues cada autor suele contabilizar el coste de una serie de operaciones, escondidas e implícitas en el agregado final de energía. En los últimos tiempos, los métodos propuestos para el denominado ACV (Análisis del Ciclo de Vida) han sugerido la necesidad de

adoptar un estándar de medida a fin de que, a pesar de su ambigüedad, los distintos valores puedan ser comparados (aunque sólo sea a efectos cualitativos). Sin embargo, estas medidas son inevitablemente contextuales: el cambio en los procesos constructivos, la pérdida de eficiencia, la distancia a la cual los materiales son transportados, introducen variaciones en los costes energéticos agregados, variaciones cuya intensidad e importancia son siempre inciertas. Además, el ACV utiliza la agregación de costes desde “la cuna hasta la tumba” (costes de extracción, fabricación, producción y transporte de los elementos, coste de mantenimiento durante la vida útil y coste de abatimiento de los residuos hasta un estado “inerte”, no contaminante), olvidando que la renovación de los procesos exigiría estudiar la contabilidad asimétrica, “desde la tumba hasta la cuna”, analizando el coste de reposición a un estado en que los residuos vuelven a ser útiles en algún punto del proceso anterior. Sólo entonces podría hablarse con propiedad del coste asociado al diseño de procesos industriales renacientes, en el mismo sentido en que se emplea la añeja expresión bienes renacientes (Naredo y Valero, 1999).

Para solventar los anteriores problemas se cuenta todavía con la teoría general de la termoeconomía, en la que las medidas de energía útil o exergía se refieren a estados de desequilibrio termodinámico que pueden ser definidos inequívocamente, y respecto a los cuales puede calcularse el coste exergético mínimo (ligado al máximo rendimiento termodinámico de los procesos). Estas medidas tienen la ventaja de resultar menos sensibles al contexto temporal dado. Como desventaja presentan el hecho de ser valores teóricos, inalcanzables en la práctica. Para acercarlos a valores más plausibles en el mundo real hay que operar en términos de rendimientos reales, como por otra parte se viene haciendo en multitud de disciplinas de la industria para poder operar con la potencia teórica necesaria para los procesos, ajustando a valores de potencia real sólo al final de los cálculos, a la vista de los rendimientos medidos empíricamente. Puesto que el rendimiento es una fracción entre cero y la unidad, este enfoque está menos sujeto a errores de bulto que la contabilidad agregada de costes energéticos absolutos. Además, el coste exergético tiene otra ventaja importante: permite comparar el coste de los procesos en una situación que, aunque teórica, está bien definida y que corresponde además con el mínimo impacto sobre el ambiente: aquella en la que todos los rendimientos son máximos<sup>3</sup>.

Desafortunadamente, frente a este panorama teórico bastante razonable lo que se está popularizando en las revistas del sector de la construcción es la aparición de productos en sí mismos “ecológicos”, cuyas propiedades “verdes” prometen la disminución de los impactos sobre el

ambiente a la vez que aumentan la satisfacción de los usuarios, sin requerir para ello el más pequeño cambio ni en los usos y costumbres del sector, ni en la forma urbana y edilicia, ni tan siquiera la consideración integradora de los distintos productos “verdes” en el proyecto global de la obra. Algunas de las propiedades “verdes” recaban para sí un carácter mágico, tal ocurre con la “reciclabilidad”, sinónimo y paradigma de “verde” y “ecológico”, en la que se ignora que el coste energético del reciclado de materiales concretos, con nuestras actuales fuentes energéticas, puede llegar a ser tan elevado que resulte desaconsejable su uso (tal es el caso bastante obvio de los residuos de la fisión nuclear y el, no tan obvio, del cloruro de vinilo). La imagen popular que puede finalmente formarse es que bastará con cambiar de materiales para alcanzar formas sostenibles de construir, desatendiendo todos los demás aspectos de un proceso endiablidamente complejo.

El propósito de este trabajo es ilustrar a grandes rasgos la estructura general de los impactos sobre el ambiente asociados a la construcción, desentrañando las variables más significativas sobre las que prioritariamente debería incidirse, si lo que se desea es reducir significativamente tales impactos en la línea marcada por las cumbres de Río, Kioto, etc, o por el Quinto Programa de la Unión Europea, por poner unos pocos ejemplos políticamente correctos.

A fin de descender a lo concreto analizaré un material sencillo y tradicional, la tierra, puesto en comparación con otros materiales típicos como el acero o el ladrillo. La multitud de fuentes de información necesarias para la estimación del coste exergético exceden con mucho los propósitos ilustrativos de este trabajo. Aquí me contentaré con realizar un análisis cualitativo de los aspectos más significativos de la estructura del coste energético, utilizando la validación indirecta de los datos aportados por otros autores, a fin de llegar a conclusiones cualitativas significativas acerca de la idoneidad y plausibilidad del uso de la tierra como material de construcción de nuevas edificaciones en comparación con otros materiales. El ejercicio de cálculo, de todas formas, espero que sirva para entender mejor qué puede esperarse de indicadores que, como la energía incorporada, van poco a poco popularizándose.

## 1. Estructura del coste energético de la construcción

Resulta conveniente distinguir dos componentes fundamentales en la forma construida: la naturaleza física de la materia empleada y la geometría adoptada por esta última (así ocurre en otras disciplinas, el diseño de estructuras por ejemplo; véase Vázquez Espí, 1997, p.42). El cos-

te energético de fabricación dependerá esencialmente de la cantidad de material utilizado y de su naturaleza (intensidad energética), así como de la durabilidad general de la construcción. Por el contrario, el coste energético de mantenimiento, a igualdad de cantidad y naturaleza de los materiales, dependerá significativamente de la geometría particular con que se empleen y de la eficiencia general de sus sistemas energéticos (cuya mejora, con técnicas industriales típicas, podría incluso requerir materiales con mayor intensidad energética). En lo que se refiere al coste energético, interesa desde el principio evaluar los términos más significativos de su estructura agregada, en lo que se refiere a esas cuatro variables sintéticas: durabilidad, materiales, geometría y eficiencia<sup>4</sup>.

Respecto a los flujos energéticos asociados al funcionamiento de las construcciones destinadas a vivienda, puede afirmarse que en general la influencia de la naturaleza material es un orden de magnitud menor que la influencia de su geometría. Para fijar ideas, un edificio de viviendas típico en la Europa de los años 70 requiere para su construcción del orden de 1.000kWh/m<sup>2</sup> y con los sistemas típicos de la década requerirá para su mantenimiento como edificio en uso del orden de 200kWh/m<sup>2</sup> o más a lo largo de un año (Vale y Vale, 1991). Dependiendo de la vida útil del edificio, el porcentaje entre la energía de construcción y la de mantenimiento varía como sigue: para 50 años, la energía de fabricación supone un 9% del total, mientras que para 100 años la proporción se reduce al 5%: para ahorrar energía en nuevas cons-

trucciones de vivienda debe prestarse atención prioritaria a la geometría, de la que dependerá la energía gastada en el mantenimiento (cuadro 1).

Aunque el modelo lineal empleado en el ejemplo para relacionar coste de fabricación con eficiencia y, por tanto, con el coste de mantenimiento es necesariamente falso<sup>5</sup>, permite al menos dar una idea grosera de la tendencia principal: lo fundamental para encaminarse hacia la disminución del coste energético es la disminución de los costes de mantenimiento. Y aunque para ello lo mejor es operar sobre la geometría de la construcción, puede merecer la pena invertir simultáneamente en energía de fabricación a condición de que esté ligada a disminuciones proporcionales de la energía de mantenimiento (a través de un proporcional aumento en la eficiencia). Nótese la comparación entre los ejemplos 4b y 4c: incluso cuando el gasto total de energía se ha reducido desde el diseño inicial al 32%, una disminución a la mitad de la energía de fabricación significa tan sólo una reducción marginal del consumo total, un 5% adicional medido sobre la situación de partida.

Respecto a edificios de oficinas típicos, el coste de fabricación se estima por los mismos autores citados en 5.000kWh/m<sup>2</sup>, permaneciendo esencialmente igual el coste de mantenimiento. Con estos datos, para una vida útil de 50 años, el coste de fabricación puede suponer un 33% del coste total, mientras que ese porcentaje se reduce al 20% en el caso de 100 años de vida útil. Repitamos los ejemplos anteriores (cuadro 2).

Cuadro 1

Tipo de edificio		Fabricación (kWh/m <sup>2</sup> )	Mantenimiento (kWh/m <sup>2</sup> /año)	Consumo total (kWh/m <sup>2</sup> /año)	Índice
1	Edificio típico de 50 años de vida	1000	200	220	100%
2a	Edificio con eficiencia mejorada de 50 años de vida	2000	100	140	64%
2b	El edificio anterior con durabilidad mejorada a 100 años de vida	2000	100	120	55%
3a	Edificio con geometría mejorada de 50 años de vida	1000	100	120	55%
3b	El Edificio anterior con durabilidad mejorada a 100 años de vida	1000	100	110	50%
4a	Edificio con eficiencia y geometría mejorada de 50 años de vida	2000	50	90	41%
4b	El edificio anterior con durabilidad mejorada de 100 años de vida	2000	50	70	32%
4c	El edificio anterior con fabricación mejorada a 1000 kWh/m <sup>2</sup>	1000	50	60	27%

Cuadro 2

Tipo de edificio		Fabricación (kWh/m <sup>2</sup> )	Mantenimiento (kWh/m <sup>2</sup> /año)	Consumo total (kWh/m <sup>2</sup> /año)	Índice
1	Edificio típico de 50 años de vida	5000	200	300	100%
2a	Edificio con eficiencia mejorada de 50 años de vida	10000	100	300	100%
2b	El edificio anterior con durabilidad mejorada a 100 años de vida	10000	100	200	66%
3a	Edificio con geometría mejorada de 50 años de vida	5000	100	200	66%
3b	El Edificio anterior con durabilidad mejorada a 100 años de vida	5000	100	150	50%
4a	Edificio con eficiencia y geometría mejorada de 50 años de vida	10000	50	250	83%
4b	El edificio anterior con durabilidad mejorada de 100 años de vida	10000	50	150	50%
4c	El edificio anterior con fabricación mejorada a 5000 kWh/m <sup>2</sup>	5000	50	100	33%
5a	Edificio con fabricación mejorada de 50 años de vida	2500	200	250	83%
5b	El edificio anterior con durabilidad mejorada a 100 años de vida	2500	200	225	75%

La conclusión principal respecto a edificios de vivienda se mantiene para los de oficinas: lo primero que debe perseguirse es la disminución del coste de mantenimiento, comenzando por mejorar el diseño (caso 3a) y la durabilidad (3b). Sin embargo, ahora, es necesario aumentar la eficiencia sin aumentar los costos de fabricación o bien aumentando a la vez la durabilidad (caso 2b): de lo contrario, los cambios podrían no representar ventaja neta (2a). En cualquier caso, la sola disminución de los costes de fabricación (a igualdad de todo lo demás) no conduce a una reducción sustancial del consumo total (5a).

Aunque desde luego la casuística es compleja, a falta de mejor información puede proponerse una regla de partida para el diseñador: comience por mejorar la geometría del edificio (arquitectura bioclimática), busque después aumentar su durabilidad, por último busque aumentar su eficiencia energética sin aumentar su coste de fabricación o bien disminuya sus costes de fabricación sin disminuir su eficiencia. La última parte de la regla no opera en edificios de vivienda (o en edificios con costes de fabricación típicamente bajos).

Como conclusión de este análisis cualitativo debe quedar clara la importancia fundamental que el diseño bioclimático del edificio tiene para el ahorro energético, y de ahí la importancia de cualquier técnica constructiva que facilite ese diseño, entre las que se encuentra las fábricas de tierra en cualquiera de sus formas. Se puede anticipar que la importancia o la ventaja de la tierra como material de construcción se deriva de forma secundaria, además de

lo anterior, de las posibilidades que ofrece para la mejora de la eficiencia energética sin aumento parejo del coste de fabricación. Por lo mismo, el uso de los "nuevos" materiales "verdes" que están apareciendo puede ser como "matar moscas a cañonazos": muchos de ellos requieren altas energías de fabricación y lo más que pueden ofrecer es aumentos en la eficiencia, y como se vió más arriba éste no es el camino más directo hacia la disminución de los impactos sobre el ambiente. Además, esta mejora en la eficiencia de los sistemas energéticos, obtenida sin el menor esfuerzo en el diseño geométrico, no ayudará mucho a que el diseño bioclimático se generalice, objetivo que sería en definitiva el más urgente.

En todo caso, la disparidad de datos existentes sobre el particular puede apreciarse mediante los consumos de energía durante la vida del edificio indicados por distintos autores, reflejados en los cuadros 3 y 4, a los que cabe añadir los 108 kWh/m<sup>2</sup> alcanzados por recientes ejemplos de edificios diseñados con la vista puesta en su eficiencia energética (Edwards, 1999). Norgard (Norgard, 1993) estima el consumo neto de calor en 210 kWh/m<sup>2</sup> para viviendas europeas de tipo "medio" construidas en 1975, 125 kWh/m<sup>2</sup> en 1990, y sugiere la posibilidad de reducirlo a 15 kWh/m<sup>2</sup> en el futuro. La discordancia también afecta a la energía necesaria para la fabricación, véase el cuadro 5. Como se ve, los datos nominales utilizados en los argumentos de más arriba al menos representan bien los ordenes de magnitud, a pesar de la disparidad.

Cuadro 3  
Energía de mantenimiento de edificios debido al consumo global de combustibles

Impacto	Consumo de combustible anual (kWh/m <sup>2</sup> )
1	< 172
2	194
3	243
4	304
5	388
6	469

Según el programa BREEAM/New Homes version 3/91 de Gran Bretaña. Los consumos se califican por su impacto sobre el ambiente en una escala de seis puntos. (Woolley et alii, 1997)

Cuadro 4  
Energía utilizada según tipo de vivienda

Tipo de vivienda	Energía	
	Calefacción	Total
Aislada	175	275
Pareada	150	250
Ático	130	230
Adosada	100	200
Piso	60	160

Datos para Gran Bretaña, estimados para viviendas de 100 m<sup>2</sup> a partir de datos de [Edwards, 1999]. Energía en kWh/m<sup>2</sup>.

Cuadro 5  
Energía de fabricación de edificios

Tipo de edificio	Energía de fabricación (kWh/m <sup>2</sup> )	Referencia
Vivienda	464	Daumal & García, 1978
Residencia de estudiantes	2222	Edwards, 1999



## 2. Energía incorporada en los materiales de construcción

Aunque no existe un método estándar para el cálculo de la energía incorporada en los materiales de construcción, sí existe una definición generalmente aceptada: la energía incorporada de un material incluye toda la que se necesitó en los distintos procesos necesarios para llevar el material a su lugar en el edificio: desde la extracción de las

materias primas, hasta su manufactura y erección; debe incluir la energía asociada al transporte (y a la parte proporcional de la infraestructura necesaria para que éste sea posible), así como la parte proporcional de los equipos y maquinaria necesarios para todos esos procesos (Woolley et al. 1997, p.7). En el cuadro 6 se han recogido datos aportados por distintos autores, y en la que se pueden observar tanto disparidades como desenfoces notables. A pesar de ello, son más las coincidencias que las diferencias.<sup>6</sup>

Cuadro 6  
Energía incorporada por distintos materiales de construcción, según diversos autores.  
La energía está expresada en kWh/kg de producto salvo que se indique otra cosa

Material	Referencia (año)							
	1 (1997)	2 (1982)	3 (1978) (b)	4 (1995)	5 (1998)	6 (1979) (c)	7 (2000) (e)	8 (1990)
Acero	8,06	10	7,67	7-13	7-11	13	11	14 (g)
Acero reciclado				2,5-4,17	2,5-3,3			4,7
Acero inoxidable	3,06							15
Aislantes térmicos plástico 1.125 kWh/m <sup>3</sup>								
Aluminio	27,0			42-61	42-67	73	44-60	81 (g)
Aluminio en chapa	58	56						65
Aluminio reciclado	3,89			2,8-4,2	3-11			13-29
Áridos		0,01				0,02	0,04	
Asfalto (tela)							3	12
Cal		1,5						
Cemento		2,2	1,8			2,4	2	
Cinc		15						
Cobre (chapa)	19,4	16		19-47	20-24	22	25	
Cobre reciclado				3-22	11-14			
Fibra de celulosa	133 kWh/m <sup>3</sup>							
Hormigón	0,28	0,2	0,5	0,2		0,3	0,7	
Hormigón ligero		0,5						
Ladrillo cerámico	0,86	1,2		0,7-1,69		0,09	1,25	
Ladrillo silicocalcáreo		0,4					0,5	
Ladrillo de tierra compactada (d)						0,02	0,13-0,4	
Lana ovina (a)	30,6 kWh/m <sup>3</sup>							
Lana mineral	231 kWh/m <sup>3</sup>	3,9						
Madera		0,1		1,25				
Mampostería en seco						1,4		
Plástico	45	10	2,73	22-61		2,65	20-40	21-23
Plástico reciclado				14-44				
Papel					6,51			
Plomo	52,8	14				14		
Plomo reciclado	2,78							
Poli-carbonatos								30
Poli-propileno								20
Poli-uretanos								33,3
Porcelana		6,1					7,5	
PVC								20,7
Resinas termoestables								24
Teja cerámica plana							4,4	
Titanio						154		
Vidrio	9,19	6,0		3,6-7	3,3-8,3	7,4	5,3	22,5 (f)
Vidrio celular	4,69							
Vidrio reciclado				2,8-5,6	2,8			

Referencias. 1: [Woolley et al, 1997]. 2: [Vale y Vale, 1991] (datos de 1982). 3: [Daumal y García, 1978]. 4: [Roodman y Lenssen, 1995]. 5: [Edwards, 1999] (datos de 1998). 6: [Mazria, 1979]. 7: Estimaciones propias basadas en diversas fuentes. 8: [Estevan et al. 1992].

Notas: a: no incluye transporte. b: no incluye transporte de materias primas ni infraestructura. c: energía de fabricación. d: incluye estabilización con cemento. e: incluye transporte local, hasta 100km, en España, por carretera o ferrocarril. f: mínimo coste para vidrio en automóviles. g: piezas mecanizadas.

### La energía del transporte

Puesto que la energía incorporada debe contabilizar la energía destinada al transporte de los diferentes materiales involucrados, puede resultar cuando menos chocante que los datos de energía incorporada no hagan referencia al ámbito y extensión del territorio de la economía productiva que se intenta representar. La propia definición puede parecer desafortunada al mezclar la energía de fabricación con la del transporte, pues aunque los procesos de fabricación puedan ser comparables en distintos lugares, las distancias de transporte no suelen serlo, y en consecuencia podría ser preferible diferenciar entre la energía incorporada *in situ* (un referente teórico en el que todos los procesos ocurren en el mismo lugar) y la energía de transporte en un contexto territorial y geográfico determinado.

En el caso español se cuenta desde 1992 con una estimación muy fiable del coste energético específico mínimo del transporte de mercancías (Estevan et al. 1992). Como valores medios de referencia pueden tomarse 0,46 Wh/kg/km en transporte por carretera y 0,43 Wh/kg/km por ferrocarril de ancho español (por vía estrecha es menos costoso, en la nueva vía de ancho europeo y alta velocidad sería muy superior), valores en los que están incluidos tanto los consumos directos en la etapa de tracción como los consumos indirectos por fabricación de móviles e infraestructuras, así como toda otra suerte de operaciones que son necesarias para que la producción de transporte tenga lugar (mantenimiento, reparaciones, etc). Así, el acero en la península, con viajes medios de 500km para el producto final (perfiles), requiere sólo en transporte 0,22 kWh/kg, es decir, apenas un 2% de la energía incorporada (cuadro 6, columna 7). Si las materias primas se procesan cerca del lugar de extracción, su transporte representa un coste insignificante, aun si las leyes de los yacimientos son bajas. Incluso en casos extremos, la energía del transporte no parece que pueda superar nunca a la energía de transformación *in situ*. Así, por poner un ejemplo extremo, un yacimiento de hierro en hematitas, con una ley del 10%, a 500km de la industria de transformación supondría un coste energético de transporte para la materia prima de sólo 2,2 kWh/kg de producto final, un 20% del imputado. Quizás esto explique la ausencia de especificaciones detalladas del escenario de transporte considerado en el cálculo de la energía incorporada.

Sin embargo, en cuanto la intensidad energética de un material disminuye o el tamaño del territorio mercantil se acrecienta, la fracción de la energía consumida

por el simple transporte crece inevitablemente. Así, para todos aquellos materiales que en el cuadro 6 aparecen con energías incorporadas menores que 1 kWh/kg, debe comprobarse siempre que la energía debida al transporte no descuadre las cuentas. Esta simple regla se ha aplicado en el cálculo de los datos que figuran en la columna 7 del cuadro. Si se piensa en un territorio más amplio, como la Unión Europea, las distancias medias aumentan significativamente: en el yacimiento de hierro anterior nos encontraríamos con 2.000km, y un coste de transporte del 80% del total imputado. En consecuencia, para el acero, deberíamos adoptar una energía incorporada de 20 kWh/kg, en vez de los 11 kWh/kg originales. En consecuencia, el escenario de una futura construcción sostenible tendrá como uno de sus ingredientes el carácter local de los materiales empleados.

### 3. Energía incorporada en fábricas de tierra

El interés de la construcción con tierra reside en la naturaleza polifacética del material (propiedades térmicas y mecánicas apreciables), y en la posibilidad de fabricarlo sin consumo de energía contaminante, debido al hecho de que en todas las fases de fabricación del adobe o tapial tradicionales es posible utilizar fuentes limpias de energía, al no ser necesario en ninguna fase del proceso el recurso a procedimientos que exijan altas temperaturas ni requerirse materiales de mayor pureza que la que presentan en los yacimientos. Es ésta la diferencia sustancial con el ladrillo cerámico común.

La característica anterior es, desafortunadamente, la desventaja principal que encuentra la reutilización de técnicas constructivas bien conocidas, dado que el contexto monetario de los países industriales penaliza fuertemente en costes monetarios toda técnica que no recurra al uso de energía contaminante y que, por tanto, no aproveche la ventaja competitiva que suponen los bajos precios de dicha energía<sup>7</sup> (precios que, conviene recordar, no guardan proporción con el coste energético o con el impacto sobre el ambiente (Naredo y Valero, 1999).

El bloque de tierra compactado mecánicamente, estabilizado con aportaciones modestas de cemento portland, aparece así como una solución de compromiso entre las técnicas limpias tradicionales y las contaminantes del ladrillo cerámico habitual. Al hacer cierto uso de fuentes energéticas contaminantes, el bloque de tierra permite aprovechar ventajas competitivas monetarias a la vez que se mejoran las propiedades físicas del adobe y tapial tradicionales, con costes energéticos todavía meno-

res por unidad de producto que otras técnicas habituales comparables. Esta técnica parece pues idónea para una época de transición en la que sin duda los hábitos y costumbres de la industria de la construcción habrían de sufrir drásticos cambios. Es ésta la técnica particular que están estudiando Maldonado y sus colegas (Maldonado et al., 1999) dentro del Programa Nacional de I+D en Medioambiente, de quienes he obtenido mucha de la información para este trabajo<sup>8</sup>.

A fin de estimar la energía incorporada en bloques de tierra producidos en un escenario industrial, supondré siempre que sea necesario valores razonables de distintas magnitudes físicas (utilizando para ello técnicas industriales afines) y energías incorporadas por materiales comparables a los empleados. Dentro de eso, mantendré algunas características de las técnicas tradicionales, en particular el uso de materias primas locales, lo que es técnicamente factible y ambientalmente deseable. En todo caso las magnitudes utilizadas deben considerarse siempre nominales (a pesar del origen experimental o empírico de algunos de los datos, (Maldonado et al., 1999; Casanova, 2000), pues el objetivo es siempre determinar el orden de magnitud de la energía incorporada, dado que se trata de una magnitud que no puede ser «objetivamente» medida. Aquí resulta de la mayor importancia entender que la energía incorporada es una propiedad emergente, lo que añade dificultades inexistentes en la medida de propiedades objetivas («del objeto») tal y como pesos o volúmenes. Pero esto no le resta ni un ápice de «cientifidad» (Valero, 2000 pp.72-73).

*Extracción de áridos.* Debido a las operaciones de cribado, es necesario extraer del orden de 1,33 kg de áridos por kg de árido realmente incorporado al producto.

*Adición de cemento.* Se utilizará el valor 14% en peso de producto final, debido a que fue el realmente utilizado en los experimentos y que, además, representa un límite superior de la cantidad realmente necesaria. Esta cantidad debe determinarse en cada ocasión según la naturaleza de la tierra utilizada. Existe una amplia información empírica acerca de la posibilidad de estabilizar una amplísima variedad de suelos con porcentajes de cemento (u otros estabilizantes) entre un 5 y un 15% en peso, obteniéndose propiedades mecánicas comparables (véase, por ejemplo, Guinea, 1986).

*Coste de mezcla y compactación.* Como referencia estándar, se ha utilizado la patente *Earth Press IV de Adobe International Inc.*, empresa radicada en Nuevo México, capaz de fabricar como media 2.300 kg de bloque por hora, y como máximo 4.600 kg/h, con una potencia nominal de 18kW. Para la estimación de consumos se ha

tenido a la vista información sobre rendimientos y costes de mantenimiento de motores Diesel similares, de *Carte-pillar Inc.*, estableciéndose una proporción entre consumo de combustible estándar y potencia a plena carga de 2,24. Con todo ello, se ha estimado el coste de fabricación en 10 Wh/kg de producto. Se ha incluido aquí la energía incorporada en la propia máquina, considerando una vida útil de 10 años, así como imputaciones por mantenimiento y consumo de aceites.

*Energía incorporada total.* El contenido de materiales del bloque acabado se resume en:

- 82% de tierra cribada
- 14% de cemento portland
- 4% de agua.

Las distintas partidas energéticas son:

- La energía incorporada por la tierra puede sobrestimarse mediante:  
 $0,82 \text{ kg/kg} \cdot 1,33 \text{ kg/kg} \cdot 0,04 \text{ kWh/kg} = 43,62 \text{ Wh/kg}$ 
en la que la tierra se representa mediante áridos genéricos que, en general, podrían ser más costosos en cuanto extracción, dado que casi cualquier suelo (mezcla de arena/limo/arcilla) puede ser empleado como materia prima.
- La energía incorporada por el cemento puede estimarse simplemente como:  
 $0,14 \text{ kg/kg} \cdot 2 \text{ kWh/kg} = 280 \text{ Wh/kg}$ .
- El coste de fabricación del bloque se estimó en 10 Wh/kg.
- Finalmente se añaden 44 Wh/kg como imputación del transporte del producto final hasta 100km de distancia (aunque incluso para viviendas unifamiliares sería menos costoso el transporte de la propia compactadora que es perfectamente transportable al no superar los 1.500 kg).

El resultado final es una energía incorporada total de 0,4 kWh/kg. Esta estimación debe ser considerada un límite superior fácilmente mejorable a la vista de la fuerte imputación en transporte. La mayor partida depende del contenido de cemento, único material que requiere altas temperatura y pureza durante su fabricación. Un límite inferior puede obtenerse con facilidad: si la energía específica de la tierra cribada se reduce a 0,02 kWh/kg, la cantidad de cemento se limita al 5% y se suprime la imputación por transporte, la energía incorporada se reduce a 0,13 kWh/kg.

Ambos límites definen una horquilla razonable para el bloque producido industrialmente, entre 0,13 y 0,4 kWh/kg, que resulta superior a la estimación de otros autores, pero que cuadra razonablemente bien con los datos disponibles para el ladrillo silicocalcáreo, compara-

ble al bloque de tierra por no requerir ninguna fase a altas temperaturas, salvo la ligada a la fabricación del cemento. La energía incorporada puede fácilmente reducirse algo por debajo del límite inferior de la horquilla, sin más que utilizar máquinas accionadas manualmente o, en general, por fuentes energéticas limpias. Sin embargo, la utilización de cemento permite vislumbrar un límite teórico a las reducciones alcanzables, que puede fijarse en torno a 0,1 kWh/kg.

#### 4. Coste energético de las funciones constructivas

La energía incorporada en los materiales no permite todavía hacer comparaciones útiles al diseñador. En efecto, para cada función particular, la cantidad de material es muy distinta según sea el elegido, en justa correspondencia con las muy diversas propiedades físicas de cada uno. Para proceder a una elección sensata es necesario no sólo considerar el material, también debe tenerse presente la función que se espera que cumpla y la geometría del diseño elegido. Seguidamente se analizan algunas funciones típicas que el bloque de tierra puede satisfacer, realizándose comparaciones con las soluciones comunes para otros materiales habituales.

##### *Coste energético de la compresión*

La resistencia a compresión es un fenómeno que resulta ser fuertemente no lineal si se intenta resolver en estructuras de distinto tamaño mediante formas estructurales de idénticas proporciones. La no linealidad puede eliminarse para piezas muy poco esbeltas y pequeñas. En tal caso puede calcularse el coste estructural específico como la razón entre la energía incorporada en la estructura y el volumen estructural necesario, definido como el producto

de la fuerza que hay transmitir por la distancia (cf. Vázquez Espí p.1995:62). Ese coste sería el mínimo teórico alcanzable. Su cálculo es muy directo:  $p \cdot x / e$ , en donde  $p$  es el peso específico,  $e$  es la energía incorporada específica y  $f$  es la tensión que con seguridad resiste el material.

En el diseño real de estructuras, la no linealidad puede reducirse hasta prácticamente desaparecer si se dan dos condiciones: a) tamaños pequeños de las estructuras, para los que el peso propio estructural sea marginal respecto a la carga útil y b) uso de formas óptimas con la mayor inercia posible a igualdad de volumen de material. En lo que sigue se razonará casi al lado de esa situación límite, con soluciones habituales en acero, hormigón y bloques de tierra compactada. El escenario utilizado será un módulo típico de vivienda de 6,50 kN/m<sup>2</sup> de carga gravitatoria, de 25m<sup>2</sup> de dimensiones en planta y de cuatro plantas de 3m de altura. El volumen estructural teórico es en este caso de 4.875 m<sup>3</sup>. En el cálculo de la cantidad de material necesario se ha tenido en cuenta las dimensiones mínimas constructivas y/o estructurales cuando puedan influir. También el peso propio del soporte cuando no sea marginal como acción mecánica. Para la energía incorporada específica se han adoptado los valores medios de la columna 7 del cuadro 6. Los resultados se muestran en el cuadro 7.

El coste específico estructural de la compresión es similar para los tres materiales: mientras que en el acero se compensa su alto coste energético con su elevada resistencia, en el bloque de tierra ocurre justamente al revés. En el edificio tomado como ejemplo, el coste estructural real, algo más elevado que el teórico en los tres casos, no presenta diferencias significativas: mientras en la estructura de acero tiene cierta influencia la no linealidad en las plantas altas, en la de hormigón armado lo que tiene una influencia significativa es la dificultad de construir, en esas mismas plantas, elementos de pequeña sección que serían

Cuadro 7

#### Coste específico estructural de la compresión

Se analiza tanto el coste teórico como el coste real en un edificio de 4 plantas y luces de 5m, con cargas de vivienda.

	Acero en tubos	Hormigón/acero	Bloque de tierra
Tensión segura (MN/m <sup>2</sup> )	180	7,08 / 277	1,2
Peso específico (kN/m <sup>3</sup> )	78,5	24 / 78,5	18
Energía incorporada específica (kWh/kg)	11	0,7 / 11	0,27
Coste estructural específico teórico (kWh/mkN)	0,48	0,24 / 0,39	0,41
Energía incorporada por plantas y total (kWh)			
4.	364	480	249
3.	599	480	440
2.	833	480	693
1.	1.069	619	884
Total	2.865	2.059	2.266
Coste estructural específico (kWh/mkN)	0,59	0,42	0,46

an algo más ajustados; finalmente, en el bloque de tierra, además de la necesidad de disponer bloques en cantidad "aparejable", la no linealidad comienza a asomarse en la planta baja donde el peso propio de la estructura comienza a ser relevante.

Los resultados cuadran bien respecto a los fenómenos reales que pueden observarse en la economía de Nuevo México en USA: allí el bloque de tierra se populariza para construcciones de una o dos plantas. Y a la vista del cuadro 7, puede conjeturarse que las razones no se deben sólo al excelente comportamiento térmico del material: para esos tamaños tampoco tiene competencia en la comprensión.

Respecto a estos resultados deben hacerse algunas observaciones:

- no son directamente extrapolables a otros casos;
- en el acero no están incluidos los costes asociados a la protección frente a incendios;
- en el hormigón no se han incluido los costes asociados al encofrado y desencofrado;
- en el bloque de tierra se ha utilizado un coeficiente de seguridad más elevado que en el hormigón: la mejora en el conocimiento de la técnica (que sería propiciada por un uso más frecuente) podría en el futuro aumentar la tensión segura del material sin aumentar por ello el coste de fabricación, lo que disminuiría su coste estructural específico;
- en el bloque de tierra, a pesar del elevado volumen de material necesario, no se ha descontado el coste energético de los materiales de compartimentación o cerramiento que ya no sería necesario disponer en el edificio, ni tampoco la significativa reducción del coste de la estructura de los pisos, al ver disminuida su luz media de flexión.

En consecuencia, los resultados del cuadro 7 son optimistas en lo que respecta al acero y al hormigón: un cálculo más afinado e integrador de la globalidad de los costes del edificio acentuaría los costes de aquéllos, poniendo de relieve la mejor adecuación del bloque de tierra para tamaños pequeños.

### Coste energético del acondicionamiento térmico

Si el comportamiento mecánico de un edificio es un fenómeno esencialmente simple y lineal (como acabamos de ver), su comportamiento térmico frente a un clima intrínsecamente variable resulta de una complejidad abrumadora. Debido a ello, la caracterización del coste energético del acondicionamiento térmico, en línea con el realizado para el comportamiento mecánico, excede el alcance de estas páginas.

En todo caso, existen unos pocos índices sencillos que pueden calcularse con facilidad, y que pueden ofrecer alguna pista de comparación, aunque estén lejos de dar una idea clara y concluyente sobre el fenómeno global. En primer lugar, la resistencia térmica de los cerramientos se reconoce como una propiedad deseable para evitar pérdidas o ganancias no deseadas desde el exterior de la edificación. Pero la resistencia térmica solo disminuye las aportaciones energéticas sin lograr eliminarlas. Para conseguir eliminar las aportaciones energéticas en climas o en épocas benignos se requiere acumular energía a fin de desfasar la onda térmica para acoplarla a las necesidades, a la vez que se disminuye su amplitud. Y aquí reside la parte más compleja del comportamiento térmico de las construcciones. La capacidad térmica determina la máxima cantidad de energía que puede acumularse a lo largo del tiempo de desfase<sup>9</sup>.

El problema de diseño térmico es, fundamentalmente, un problema de optimización vectorial en el que hay que buscar una solución de compromiso entre dos magnitudes, resistencia y capacidad, que los materiales no poseen simultáneamente. En el cuadro 8 se han calculado los costes energéticos correspondientes a las dos soluciones extremas al problema (que desde luego siempre son soluciones mejorables). De una parte se ha calculado el coste energético del aislamiento (para una resistencia térmica del elemento superficial de  $1 \text{ m}^2\text{K/W}$ ), y por la otra el coste de la capacidad térmica superficial (para una capacidad de  $1 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ ). Se han analizado tres materiales "condensadores", bloque de tierra y ladrillo

Cuadro 8  
Coste energético para un mismo aislamiento o una misma capacidad térmica

	Bloque de Tierra	Ladrillo macizo	Ladrillo hueco	Poliestireno
Energía incorporada (kWh/kg)	0,27	1,25	1,25	1.125 kWh/m <sup>3</sup>
Conductividad (W/mK)	0,8	0,87	0,49	0,034
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	1.800	1.200	20	
Calor específico (kJ/kgK)	0,65	0,84	0,84	1,6
Coste energético del aislamiento térmico (kWh/m <sup>2</sup> )(m <sup>2</sup> K/W)	389	1.958	735	38
Coste energético de la capacidad térmica (kWh/m <sup>2</sup> )(kJ/m <sup>2</sup> K)	0,42	1,49	1,49	35

macizo y hueco, y un típico material aislante, poliestireno expandido. Los datos necesarios se han obtenido de los resultados experimentales de Maldonado y et al., 1999 si estaban disponibles, y de la norma NBE-CT-79 y de García (1983) en otro caso.

Aunque dada la naturaleza del problema los resultados no representan las soluciones mejores, cuadran bien con la experiencia empírica de aquellas regiones donde la construcción con bloque de tierra ha vuelto a renacer. Por supuesto el bloque de tierra no puede competir en coste energético frente a los materiales aislantes, cuando esa propiedad sea muy necesaria. Sin embargo, frente a otras fábricas presenta simultáneamente menores costes tanto en aislamiento como en capacidad térmica.

Todos estos resultados sugieren que la fábrica de bloque de tierra compactada debe ser considerada como una alternativa, digna de nuestra atención, a las fábricas ahora habituales de materiales cerámicos, más intensivos en su consumo energético. En todo caso, tampoco cabe decir que el bloque de tierra sea "verde" y el ladrillo cerámico no: consideraciones detalladas (durabilidad, acabados, etc) en cada caso concreto ayudarán al diseñador a decidirse.

#### *Coste material de las funciones constructivas*

Aunque sobre la energía recae con intensidad la preocupación ambiental, no debe olvidarse que los límites materiales del planeta son mucho más estrictos que los energéticos. En el futuro, la escasez de recursos para todos los procesos liderados por la termodinámica química (entropía de mezcla, reacción, etc.) pueden aflorar con mucha más fuerza que la que han manifestado hasta ahora los límites energéticos, "habida cuenta de los stocks limitados [de recursos materiales] contenidos en la Tierra, frente al flujo continuado (de energía) que nos envía diariamente el Sol, a lo que se añade además el hecho de resultar más fácil convertir materiales en energía que en materiales" (Naredo y Valero, 1999, p.19).

Magnitudes como la energía incorporada son buenos indicadores de impacto porque, bajo la convención de medir tan sólo energía contaminante, contabilizan combustibles materiales convertidos en energía de una u otra forma. Pero si lo que se quiere medir es la cantidad de materiales incorporados, hay que añadir muchos otros a los propios combustibles. En la construcción, los propios materiales que se dejan en obra, más todas las gangas que desde la primera extracción van siendo dejadas por el camino, más todas las sustancias reactivas o no que son empleadas para la fabricación del producto final sin incorporarlas en él, etc. Actualmente, la extracción de rocas y

minerales de la corteza terrestre realizada por nuestra especie triplica la producción derivada de la fotosíntesis (Naredo y Valero, 1999, p.139). No es de extrañar por tanto que algunas personas en vanguardia se hayan adelantado, a veces por pura intuición, a lo que serán preocupaciones futuras para la mayoría. Paradójicamente, una crítica que ha recibido en ocasiones la construcción con tierra es que, precisamente, su adopción requeriría movilizar tal cantidad de materiales que el impacto resultante sería peor que el problema que se intenta resolver (Luxán, 2000, p.53).

El cálculo de lo que podríamos denominar materia incorporada es enormemente complicado y además no se cuenta en general con datos fehacientes, al contrario que en el caso de la energía. Sin embargo es posible hacer unas mínimas cuentas por defecto, partiendo de la energía incorporada y de las leyes habituales en los yacimientos minerales más comunes. La regla básica de cálculo es como sigue: para cada función constructiva se parte de la cantidad de material final necesario y de su energía incorporada. La primera se convierte en un agregado material suponiendo un valor para la ley media del yacimiento de la sustancia principal, que permite pasar de la sustancia útil a la mena que es necesario extraer, cantidad que es necesario todavía multiplicar por un factor de "estériles", es decir, aquellos materiales que es necesario remover para acceder a la mena en cuestión. Ignoraré los múltiples yacimientos de materiales a los que hay que acudir antes de obtener el producto final, lo que requeriría simplemente una contabilidad muchísimo más amplia y complicada). La energía incorporada se interpreta como energía primaria (Barracó et al., 1999, p.43) y se transforma en recurso material primario mediante una regla simple: 1kWh. en tanto energía incorporada equivaldrá a 80 g. de petróleo, lo que a su vez requiere extraer 100g. de material en el yacimiento<sup>10</sup>. Los distintos materiales así obtenidos se agregan en una cantidad total (sin tener en cuenta que se trata de materiales de muy distinta naturaleza, véase más adelante).

En el cuadro 9 doy los factores que permiten pasar de la sustancia útil empleada (hierro, arcilla, tierra) a la cantidad total de material removido (la propia sustancia, la ganga de la mena, y los estériles, véase el amplio estudio de Naredo y Valero (Naredo y Valero, 1999), es decir, el coste material específico de la materia del producto final.

En el cuadro 10 comparo el coste material de la compresión estructural según se elija acero o bloque de tierra. A la vista está que una "torre eiffel" de tierra hubiera tenido mucho mayor impacto material que la que todavía conservamos (de haber sido factible). Allí donde la

compresión sea la única función requerida por la construcción, el impacto material se reduce al emplear materiales especializados como el acero: los postes del telégrafo fueron en el pasado de madera, y puede que lo vuelvan a ser en el futuro, pero en cualquier caso no cabe esperar que sean nunca de tierra.

En un edificio, sin embargo, la función estructural en general, y la compresión en particular, es marginal respecto a los impactos sobre el ambiente (véase el apartado 1). Para enjuiciar mejor el bloque de tierra compactada, podemos compararlo en términos de capacidad térmica, una función importantísima en nuestros climas y en la que cualquier fábrica destaca, y que será encomendada normalmente a fachadas y muros, junto a losas y suelos. En el cuadro 11 se refleja la contabilidad para el bloque y también para el ladrillo hueco, su más claro competidor. La conclusión es que ambos materiales acarrearán impactos materiales similares a igualdad de capacidad térmica aportada (dado el carácter borroso de los cálculos y aunque la fábrica cerámica involucra un 50% más de materiales que el bloque de tierra). Y, en consecuencia, la crítica a la construcción con tierra por gran consumidora de materiales no parece tener mucho fundamento si nos esforzamos en comparar funciones y prestaciones iguales.

Conviene dejar claro que estos cálculos sencillos son groseras aproximaciones que tan sólo pueden servir como primeras referencias cualitativas. Es muy importante notar que no es lo mismo gastar un kilogramo de petróleo (una rareza biológica en la corteza terrestre) que un kilogramo de hierro (dada su composición, como media sería necesario remover 20 kilogramos de tierra para extraer de ellos, a través de procesos energéticamente muy costosos, tal cantidad de metal) o un kilogramo de tierra (si está suelta casi cualquier tierra sirve para compactarla: lo único necesario es tener el conocimiento de cómo y con qué estabilizarla: esa es la sabiduría que atesoraban las hoy prácticamente desaparecidas culturas vernáculas). Quizá el mayor mérito de la termoeconomía es haber puesto de relieve esa diferencia a través del coste exergético.

En todo caso, no debe olvidarse que este coste material es el de fabricación, y que la parte del león sigue estando en el mantenimiento. Los 200kWh/m<sup>2</sup> del mantenimiento de un edificio de viviendas representan del orden de 50kg/m<sup>2</sup> sólo en combustibles cuando el servicio energético es "todo eléctrico". A lo largo de, por ejemplo, 100 años, nos encontramos con la muy respetable suma de 5.000kg/m<sup>2</sup> en combustibles, respecto a los que el peso propio del edificio comienza a ser marginal (incluso si se tratara de una edificación masiva de gruesos muros, de unos 1.200kg/m<sup>2</sup>).

Cuadro 9  
Coste material específico de diversos productos finales.  
Incluyendo la ganga de la mena y los materiales estériles.

Material útil	Coste material específico (kg/kg)
Hierro	6
Cobre	240
Arcilla para ladrillo cocido	2,5
Bentonita	8
Tierra para compactar	1,33
Yeso	6

Fuentes: Naredo y Valero, 1999; Maldonado et al., 1999, Casanova, 2000.

Cuadro 10  
Coste material específico de la compresión

	Acero en tubos	Bloque de tierra
Coste energético (kWh/mkN)	0,59	0,46
Producto final (g/mkN)	53,6	1.700
Material por combustibles (g/mkN)	59	46
Sustancia principal (g/mkN)	53,6	1.632
Gangas y estériles (g/mkN)	268	539
Coste material (g/mkN)	381	2.217

Elaborada a partir de los cuadros 7 y 9.

Cuadro 11  
Coste material específico de la capacidad térmica

	Ladrillo hueco	Bloque de tierra
Coste energético (kWh/kJ/K)	1,49	0,42
Producto final g/(kJ/K)	1.190	1.560
Material por combustibles g/(kJ/K)	149	42
Sustancia principal g/(kJ/K)	1.190	1.498
Gangas y estériles g/(kJ/K)	1.785	494
Coste material g/(kJ/K)	3.124	2.034

Elaborada a partir de los cuadros 8 y 9.

## Conclusiones

Si vamos a seguir construyendo edificios al ritmo actual y, a la vez, deseamos reducir los impactos sobre el ambiente, se nos presenta una tarea enormemente difícil para la que se pueden extraer de lo anterior algunas conclusiones útiles.

1. Los esfuerzos a favor de una construcción sostenible deben dirigirse a disminuir el coste de mantenimiento de los edificios. La prioridad debe otorgarse al diseño bioclimático o integrado en su medio ambiente (Luxán et al., 1997; Luxán, 2000), que en los climas peninsulares podrían proporcionar drásticas reducciones de los consumos. En segundo lugar, debe mejorarse la durabilidad de los edificios y la eficiencia de los sistemas energéticos activos. Todo ello puede hacerse con materiales tradicionales o con nuevos, siempre que estos no incorporen energía desproporcionadamente a sus posibles ventajas. La discusión sobre el carácter "verde" de los materiales debería reservarse a aquellos que pueden ser tóxicos o muy contaminantes en cualquier plazo temporal.
2. Mientras que la energía incorporada permanezca cercana a los valores de los materiales más habituales para cada función, la energía del transporte es marginal si el tamaño del territorio económico es local. Tanto si el territorio económico se agranda, como si la intensidad energética disminuye (vuelta a los materiales tradicionales, por ejemplo), la energía del transporte será proporcionalmente más importante: cualquier escenario futuro para una construcción sostenible debe contemplar el uso de materiales disponibles localmente.
3. Aunque un cálculo fino de la energía incorporada en un material puede ser tan costoso que resulte desalentador, pueden establecerse dos reglas cualitativas básicas de mucha ayuda para el diseñador: la presencia de componentes que exigen altas temperaturas en su fabricación o altos grados de pureza respecto a la composición media de la corteza terrestre (o ambas cosas a un tiempo) permiten vaticinar costes energéticos altos.
4. El coste energético específico de un material no tiene significado, salvo cuando se relaciona con la cantidad de material requerido por la función constructiva encomendada. En general, si las prestaciones requeridas no son extremas, los materiales polifuncionales (es decir, los que permiten construir elementos constructivos que resuelven simultáneamente varias funciones) deben preferirse a los materiales especializados: por ejemplo, para pocas plantas deben preferirse muros de carga a estructuras porticadas. Cuando las prestacio-

nes requeridas son altas, los materiales especializados pueden compensar su alto coste energético con sus elevadas propiedades físicas. En todo caso, la evaluación energética de la construcción debe hacerse globalmente, en el más elevado grado de agregación que sea posible, incluyendo tanto el coste de fabricación como el coste de mantenimiento.

Corolario: no existen ni existirán materiales ecológicos. Incluso el uso de la madera puede ocasionar fortísimos impactos. La cualidad de lo ecológico, o de lo sostenible, puede predicarse de una cultura determinada, también de una cultura técnica.

5. El impacto material, como impacto directo sobre los distintos territorios que soportan yacimientos, no es, en el caso de la fabricación, proporcional al coste energético correspondiente. Puesto que la materia incorporada incluye el consumo de combustibles, podría en el futuro ser preferido a la energía incorporada como indicador sintético. Sin embargo, dado su carácter agregado de materiales de naturaleza muy distinta, el coste energético definido por la termoeconomía debería ser preferido en su lugar. En este orden, la investigación debería orientarse hacia la redacción de bases de datos "exergéticos" de los materiales, elementos y sistemas constructivos, una labor no menos tediosa que la redacción de bases de datos sobre rendimientos y precios de unidades de obra, pero en la que nos jugamos mucho más nuestro futuro técnico (Verdaguer, 1999).
6. Cuando se realiza una evaluación global, incluyendo fabricación y mantenimiento, casi cualquier indicador vale, pues mientras el coste de fabricación siga siendo marginal, existe proporcionalidad groseramente aproximada entre el coste energético y el coste material totales.

Hay una última consideración que, aunque debía haber sido previa, he decidido dejar para el final: la población humana de este planeta dejará de crecer o se reducirá a cero. En el primer caso y con edificios en los que se haya cuidado su durabilidad (conclusión 1), llegará un momento en el que sólo haga falta rehabilitar o reutilizar, en el que la obra nueva sea una rareza, no la regla (véase Moewes, 1997; Verdaguer, 1999). Con unas 250.000 viviendas vacías en un área urbana como Madrid, de muy diversa habitabilidad y antigüedad, y con una población prácticamente estable, quizá hemos llegado ya a ese punto<sup>11</sup>. Si así fuera, ya se comprende que lo que más necesitaría la sostenibilidad en el sector de la construcción es una radical reorientación de la política inmobiliaria e industrial en nuestro país. Pero mucho me temo que la docta discusión que he intentado en este trabajo es perfectamente inútil para conseguirla.



## Notas

1 Trabajo publicado en *Informes de la Construcción*, vol. 52, nº 471. Tomado para esta publicación del sitio web de la Biblioteca CIUDADES PARA UN FUTURO MÁS SOSTENIBLE. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. España.

<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n20/amvaz.html>

2 Se usa el término popular. Desde un punto de vista termodinámicamente más estricto debe entenderse por "contaminante" toda aquella fuente energética cuyo origen primario en el momento de la extracción es el propio planeta. En efecto, al ser el planeta, básicamente, un sistema cerrado en su ciclo material, el uso de tales fuentes energéticas acarrea siempre, de manera inevitable, la producción de contaminación ambiental de muy diverso tipo. Cosa distinta es que los efectos de tal contaminación tarden tiempo en manifestarse [Vázquez, 1997 p.38].

3 Véase sobre el coste exergético la obra citada de Naredo y Valero. La teoría general de la termoeconomía recibió el premio Edward F. Obert de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) y hoy por hoy es un área de investigación en vanguardia: en nuestro país destaca el Centro de Investigación del Rendimiento de Centrales Eléctricas (CIRCE) de Zaragoza.

4 En teoría, la geometría influiría muy significativamente tanto en el coste de mantenimiento como en el de fabricación si se pudieran emplear formas óptimas para cada función constructiva. Pero dado el carácter multifuncional de un edificio, la forma óptima para una función concreta suele ser no-óptima (si es que no es pésima) para otras. De suerte que rara vez pueden emplearse formas óptimas, tal es el caso de las formas óptimas estructurales que a lo más sirven de referente en el diseño [Vázquez, 1995]. Sobre la relación entre la geometría y el ahorro energético [Luxán, 2000, pp.50-51].

5 Aunque esa falsedad debe entenderse bien: cualquier modelo matemático de esa relación puede expresarse mediante un desarrollo en serie cuyo primer término es siempre lineal.

6 Aunque en el cuadro 6 sólo se dan las referencias consultadas, se han rastreado las referencias bibliográficas de las fuentes secundarias, a fin de eliminar distintas referencias a los mismos datos de partida. En consecuencia, y salvo errores en las referencias, para cada material o producto, cada dato en la tabla proviene de un cálculo, estima o comprobación independiente de los demás. Los datos de la columna 7 cuadran bien con los aportados por la Guía de la edificación sostenible del Ministerio de Fomento (MFOM, 1999, pp. 64 y 65). Nótese que la energía incorporada sólo es una parte del coste energético a tener en cuenta con el método ACV y, por supuesto, no cubre el coste exergético total. Pero a pesar de todo es un indicador cuyo uso va siendo cada vez más frecuente y que tiene ya dos décadas de antigüedad.

7 El incremento del precio del petróleo a lo largo del año 2000, importante en términos porcentuales, no altera en absoluto el hecho de que las fuentes energéticas contaminantes son muchísimo más baratas que otros factores productivos, en general menos contaminantes, como la mano de obra.

8 Debe quedar claro, sin embargo, que salvo la aportación necesaria de cemento, todo el proceso de fabricación del bloque de tierra puede llevarse a cabo con el sólo concurso de energías limpias, un objetivo al que debería tenderse en el escenario de una evolución de la técnica hacia su mejora.

9 Esta última parte del problema es el problema. Desafortunadamente la correspondiente norma básica de la edificación y la futura certificación energética de los edificios se desentienden de él [Luxán, 2000].

10 Para dar una idea de la imprecisión de esta interpretación, nótese que si en vez de energía primaria se tratara de energía útil y si el servicio energético fuera "todo eléctrico", 1kWh requeriría del orden de 250g de petróleo. Pero frecuentemente no está bien especificado si los datos de la tabla 4 se refieren a energía primaria o energía útil y, por tanto, la interpretación es necesaria.

11 La disfunción es tan notable que de los más de tres millones de viviendas construidas en España en la década de los ochenta, medio millón largo quedaron vacías, desocupadas, lo que representa la sexta parte del total contruido. De hecho, de esos tres millones, no llegaron a dos el número de viviendas destinadas a residencia principal de una familia, [cf. Naredo et al., 2000].

## Referencias bibliográficas

- Barracó, Helena et al., (1999) *Barcelona 1985-1999: ecología d'una ciutat*. Ajuntament de Barcelona.
- Casanova Ramón-Borja, Andrés (2000) Carta del 13-8-2000. Director técnico de Tejas Borja S.A.
- Daumal, Francisco y Gerardo García (1978) "La energía y el ciclo vital del edificio" *CAU* nº 50, pp 30-37.
- Edwards, Brian (1999) *Sustainable Architecture*. European Directives & Building Design Oxford: Architectural Press
- Estevan, Antonio; Mercedes Llop; Marta Román; Alfonso Sanz y Pilar Vega (1992) Análisis comparativo de externalidades y condicionantes de la competitividad por modos de transporte (Madrid: Dirección General de Planificación Interregional de Grandes Infraestructuras. Ministerio de Obras Públicas y Transporte)
- Estevan, Antonio (1998) "El nuevo desarrollismo ecológico", *Archi-piélagos* nº 33, pp 47-60.
- García, Arturo (1983) Bases para el diseño solar pasivo. Instituto Eduardo Torroja. Centro Superior de Investigaciones Científicas. Madrid.
- Guinea Díaz, María Jesús (1986) "La tierra, material resistente al agua" en *La tierra, material de construcción*, Monografía 385/386. Madrid: IETcc.
- Luxán, Margarita de (2000) "Arquitectura eco-lógicamente consciente", *Arquitectos*, número 155, pp. 48-55.
- Luxán, Margarita de et al., (1997) "Criterios y datos básicos para el diseño de la arquitectura bioclimática en Andalucía", en *Arquitectura y clima en Andalucía*, Juan Vázquez (ed.) Junta de Andalucía, Sevilla.
- Maldonado Ramos, Luis (investigador responsable) et al. (1999) Determinación del rendimiento y coste energético en la construcción de cerramientos de fábrica de adobe, bloque de tierra comprimida y entramado, para su aplicación en proyectos de desarrollo sostenible y política medioambiental. Acción especial: Memoria. Programa Nacional de I+D en Medioambiente. CICYT. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas de la UPM.
- Mazria, Edward (1979) *The Passive Solar Energy* (Emmaus: Rodale Press Inc. (Se cita la traducción castellana, El libro de la energía solar pasiva. Gustavo Gili, México, 1983).
- Moewes, Gunther (1997) "Solar, defensiv ober beides?", *Detail*, 3/1997.
- Naredo, José Manuel y Antonio Valero (directores) (1999) *Desarrollo económico y deterioro ecológico*. Fundación Argentaria. Madrid
- Naredo, José Manuel et al. (2000) *Composición y valor del patrimonio inmobiliario en España, 1990-1997*. Ministerio de Fomento. Madrid.
- Norgard, Jorgen S. (1993) "Energía para el confort personal: opciones eficaces y límites" en *Energía para el mañana: conferencia sobre «Energía y equidad para un mundo sostenible»*. AEDENAT. Los libros de la Catarata. Madrid.
- Roodman, David M. y Nicholas Lenssen (1995) *A Building Revolution: How Ecology and Health Concerns Are Transforming Construction*. Washington: World Watch Institute. Se cita la traducción castellana, *Revolución en la construcción*, Bilbao: Bakeaz, 1997).
- Vale, Brenda y Robert Vale (1991) *Green architecture. Design for a sustainable future*. London: Thames & Hudson.
- Valero, Antonio (2000) "El marco termodinámico para iluminar la sociedad actual", en *Economía, ecología y sostenibilidad en la sociedad actual*, José Manuel Naredo y Fernando Parra (eds.) Siglo XXI. Madrid.
- Vázquez Espí, Mariano, 1995, "Un nuevo algoritmo para la optimización de estructuras: el recocido simulado" *Informes de la construcción*, nº 436, pp 49-69.
- Vázquez Espí, Mariano (1997) "Sobre la enseñanza y la práctica de la teoría de estructuras", *Informes de la construcción*, nº 449, pp 37-49.
- Verdaguer, Carlos (1999) "Paisaje antes de la batalla. Apuntes para un necesario debate sobre el paradigma ecológico en arquitectura y urbanismo", *Urban*, número 3, pp. 29-43 (ahora también en <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n13>)
- Woolley, Tom; Sam Kimmins; Paul Harrison y Rob Harrison (1997) *Green Building Handbook*. London: E & FN Spon.

## XXIV Jornadas de Investigación del IDEC

IDEC-FAU-UCV  
Noviembre 2005

En fecha 23, 24 y 25 de noviembre de 2005, en el salón de Post Grado, piso 1 de Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UCV, se desarrollaron las XXIV Jornadas de Investigación del IDEC realizadas en el marco de la celebración de los 30 años de funcionamiento del IDEC. El evento estuvo patrocinado por el Banco de Comercio Exterior Venezuela BANCOEX y la Siderurgia del Turbio S.A. SIDETUR. Las Jornadas contaron con la presencia de ponentes nacionales e internacionales, especialistas en investigación y desarrollo en el área de la construcción.

Cada día se dio inicio con una Charla Magistral:

- Miércoles 23, "Confort térmico y eficiencias energéticas de edificaciones en Brasil" con el Dr. Robert Lambers, especialista en habitabilidad de las construcciones, y trabaja en el Laboratorio de Edificaciones Energéticas LABEEE, de la Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC) en Brasil.
- Jueves 24, "La técnica necesaria para un país en desarrollo" con el Prof. Héctor Massuh, miembro del equipo de investigación fundador del (CEVE) de la Universidad Católica de Córdoba en Argentina.
- Viernes 25, "Socio-economía de la construcción: itinerario de una línea de investigación" a cargo del Prof. Alberto Lovera, especialista en Economía de la Construcción, miembro del equipo investigador del IDEC/FAU/UCV.
- En los días miércoles 23 y jueves 24 en un horario de 10:00 am a 1:00 pm 13 ponencias relacionadas con los tópicos de las charlas magistrales fueron expuestas por profesores e investigadores del IDEC e invitados de otras instituciones. El día miércoles 25, después de la charla magistral se desarrolló el foro "Disciplina y transdisciplinariedad", la cual contó con los panelistas: Dr. Víctor Rago, Decano de FACES/UCV y la Dra. Dyna Guitian, Prof. de Postgrado FAU/UCV y como moderador el Prof. Alberto Lovera.

En el transcurso de las Jornadas, los invitados internacionales donaron al Centro de Información y Documentación las publicaciones: *Un techo para vivir. Tecnologías para viviendas de producción social. Programa 10x10 CYTED, 2005* y *Eficiencias energéticas na-arquitectura*. Robert Lambers, Luciano Dytra y Fernando O.R. Pereira. PROCEL, electrobras, 2004.

Todas las ponencias del evento están disponibles en la página Web del IDEC: <http://www.fau.ucv.ve/idec/>

La Coordinación del evento estuvo a cargo de la Arq. Laura Ramírez y la Lic. Carmen Barrios del IDEC/FAU/UCV.



### HORTA AND AFTER. 25 Maestros de la Arquitectura Moderna en Bélgica

<http://www.fau.ucv.ve>



### HORTA & AFTER 25 MAESTROS DE LA ARQUITECTURA MODERNA EN BÉLGICA

La Embajada de Bélgica en Venezuela y la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UCV han unido esfuerzos para traer a Caracas una muestra de la arquitectura belga.

El título de la exposición *Horta & After, 25 maestros de la arquitectura moderna en Bélgica*, alude a Víctor Horta, arquitecto, músico y artista plástico del siglo XIX, y a un grupo de arquitectos posteriores, quienes definitivamente conforman una generación que determina la arquitectura en Bélgica. Esta exposición estará abierta al público desde el 23 de noviembre al 16 de diciembre de 2005 en la Sala de exposiciones "Carlos Raúl Villanueva" de la FAU UCV.

Para el curador de esta exposición, Mil De Kooning, "la arquitectura belga posterior a Victor Horta y Henri van de Velde, parece no poseer relevancia internacional. Esa opinión no está del todo mal empleada. Durante el siglo XX, Bélgica raramente produjo una arquitectura cuya influencia fuese sentida más allá de sus fronteras". Sin embargo, agrega que en los últimos años, exactamente un siglo después del revolucionario advenimiento de Victor Horta, la arquitectura de Bélgica parece haber reconquistado un espacio para respirar y un momento de libertad, por medio de la obra efervescente de Bell, De Geyter y Neutelings, arquitectos inspirados en las ideas de Rem Koolhaas.

El montaje de la exposición incluye el pabellón presentado por Venezuela en la Expo 58 de Bruselas, realizado por el arquitecto venezolano Dante Savino y estará apoyado por un catálogo, "Instrucciones operativas para la arquitectura", escrito por el Profesor Geert Bekaert y editado por el Departamento de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Ghent. Igualmente se llevó a cabo un ciclo de conferencias en las cuales ponentes belgas y venezolanos hicieron un acercamiento a la arquitectura belga, y su relación con la arquitectura moderna en Venezuela.

## EXPO AICHI 2005, Japón

<http://www.fau.ucv.ve>

El pasado 25 de septiembre cerró sus puertas la EXPO Aichi 2005, Japón, con más de 22 millones de visitantes desde su apertura el 25 de marzo de este año, el tema de esta exposición versó sobre los estrechos lazos que unen la humanidad con la naturaleza en el siglo XXI, eligiendo como lema "La sabiduría de la naturaleza".

La EXPO brindó a los visitantes la oportunidad de ver de cerca tecnologías avanzadas e ideas sobre nuevos sistemas sociales y estilos de vida que podrían resolver muchos de los graves problemas que afectan actualmente al mundo, 125 países y organizaciones se hicieron presentes en esta exposición universal.

El jurado internacional de la Expo Aichi 2005 entregó el galardón de oro en el Premio a la Sabiduría de la Naturaleza, en la categoría de pabellón común de región, al pabellón Andino-Amazónico, el cual albergaba la representación de Venezuela, Bolivia, Ecuador y Perú. Este galardón premia las mejores muestras de la exposición en cuanto a la calidad de la decoración interior y exterior, la su relación con el tema de la exposición.

Encerrar en una edificación el alma de la selva amazónica y la magia de la región andina era la premisa que se le encargó al arquitecto Francisco Bielsa, cuando se le encomendó la tarea de diseñar el Pabellón Andino Amazónico para albergar la representación de Venezuela en la Expo Aichi 2005, junto a las de Bolivia, Ecuador y Perú.

Francisco Bielsa comenta: "La estructura del edificio ya existía, era un galpón ya prefabricado sobre el cual había que trabajar; era necesario que la individualidad de Venezuela se doblegara para adecuarse a la identidad de los otros tres países". Para el arquitecto el problema del pabellón desde el punto de vista arquitectónico era un único símbolo que representara a todas las naciones: "En un principio pensamos en llenar el edificio con bromelias, pero estas plantas no tienen una fuerza universal en los cuatro países, así que decidimos utilizar el agua, que es un elemento muy común". Fue entonces como decidieron "ocultar" la frialdad que encierra un galpón metálico prefabricado con una bruma del vital líquido. La idea, según el profesional del diseño, se cristalizó en una cortina de agua que genera un bloqueo visual del soporte físico del pabellón: "Crea el efecto de una pantalla de vidrio que permite transparencia, no total porque deja ver que hay algo detrás que no se llega a distinguir a plenitud". La intención de este efecto es despertar la curiosidad del visitante y conminarlo a que entre sin titubeos al recinto Andino Amazónico.



# INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA - MARACAIBO - VENEZUELA



# IFAD

www.arq.luz.ve/ifad

Fue creado en diciembre de 1978, teniendo su origen en la experiencia de más de diez años del Centro de Investigaciones Urbanas y Regionales - CIUR. Desde su creación como Instituto, su directriz fundamental ha sido *la búsqueda de la armonía del hombre con el espacio y con el territorio.*

El IFAD es un ente especializado en la investigación, en el campo del diseño y construcción de edificios, del análisis y planificación de ciudades, del análisis y acondicionamiento del ambiente. En estos campos de investigación, el IFAD busca especializarse sobre los sistemas de relación del hombre con el espacio desde el nivel micro-ambiental (hombre y recinto arquitectónico) hasta el nivel macro-ambiental (hombre y territorio).

El IFAD asume la misión de ser una organización académica de vanguardia y proyección a nivel mundial, con pertinencia en los procesos de transformación y desarrollo del hábitat humano en el ámbito nacional, con alta rentabilidad económica y social independiente de la localización física de sus integrantes.

La experiencia del IFAD se expresa a través de su producción científica: proyectos de investigación ejecutados y en ejecución; artículos y monografías científicas; así como, de los servicios de asesorías, realización de estudios y proyectos para otros organismos (extensión). Además el IFAD, colabora en la función docente de las escuelas de Arquitectura y Diseño Gráfico de LUZ; organiza o colabora en eventos científicos; edita o coedita publicaciones científicas; y mantiene relaciones con organismos de diversa índole.

El objetivo principal de IFAD es la generación de nuevos conocimientos: para fomentar un adecuado desarrollo de nuestra sociedad en el área de la Arquitectura y el Urbanismo; considerando también su aplicación en la docencia.

## S O B J E T O S tecnológicos

### Áreas Prioritarias de Investigación

#### Sistemas Urbanos-Regionales

Estudiar lo concerniente a las políticas urbanas aplicadas y la formulación de planes y proyectos urbanos y de territoriales.

#### Sistemas de Acondicionamiento Ambiental

Generar técnicas y métodos que permitan el mejoramiento de la calidad ambiental del espacio construido, desde la escala urbana hasta el edificio y recinto.

Propiciar una arquitectura más confortable e identificada con nuestro medio, así como la optimización de los recursos energéticos.

#### Sistemas Constructivos

Estudiar el sistema actual de producción del hábitat urbano, de manera integral y multidisciplinaria, considerando el desarrollo general del sector inmobiliario y de la construcción, sea este formal o informal.

#### Sistemas de Información para la construcción y el desarrollo urbano

Desarrollar metodologías que contribuyan a la automatización de procesos de trabajo y sistemas de información dentro del campo de la arquitectura y el urbanismo.

Cubículos, talleres, salones de clases, usos múltiples y reuniones  
Unidad de clima y arquitectura  
Estación Meteorológica Urbana  
Patio de Experimentación Ambiental  
Unidad de Geomática Urbana  
Servicios Telemáticos  
Unidad de Hipermedios  
Unidad de Documentación e Información



Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura y Diseño IFAD  
La Universidad del Zulia  
Apartado Postal 15399. Maracaibo. Estado Zulia. Venezuela

Tlfs: +58 261 7598503 - 7598481  
Fax: + 58 261 7598503  
e-mail: ifad@luz.ve



**Alberto Lovera. *Del Banco Obrero a la UCV. Los orígenes del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC)*. Caracas, Venezuela, CENDES, 176 pp.**

En este libro se analiza el surgimiento de un instituto de investigación y desarrollo tecnológico en el campo de la construcción que desarrolla sus actividades en el ámbito universitario. Se reconstruye la ruta que condujo a un grupo de profesionales y profesores universitarios a realizar investigación y desarrollo experimental de la construcción, primero en el seno del Banco Obrero, que era el instituto autónomo encargado de la política de vivienda del Estado venezolano, y más tarde en el seno de la UCV, buscando un espacio institucional distinto que los cobijara.

(TH213/V55L941)



***Gestión urbana para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe***

**Ricardo Jordán y Daniela Simioni (compiladores). CEPAL. Cooperazione Italiana 2003. Santiago, Chile. 252 pp.**

La obra reúne algunos materiales de reflexión y aportes conceptuales que han orientado las actividades del proyecto "Estrategias e Instrumentos de Gestión Urbana para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe" desarrollado por CEPAL con el auspicio del Gobierno de Italia en el período 2000-2003.

Además, propone colaborar con el diseño de mecanismos e instrumentos institucionales, metodológicos y financieros que puedan mejorar de manera significativa la gestión del hábitat a nivel nacional y subnacional en tres ejes temáticos: gestión de servicios públicos, recuperación de lugares centrales e intervenciones para la pobreza urbana.

(HT166/G334)



**Mosatedi Arian. *Arquitectura sostenible*. Editado por Carles Broto y Joseph María Minguet. Instituto Monsa de Ediciones. Barcelona, España. 178 pp.**

Una selección de los mejores trabajos realizados en torno a la sostenibilidad: viviendas realizadas con materiales naturales o reciclados como el adobe, la paja, el papel o el bambú, y diseñados con técnicas que las convierten en auténticas estructuras ecológicas que, junto con la innovación tecnológica, ha permitido establecer las claves de la sostenibilidad tal y como la entienden los arquitectos que aparecen en este volumen. Una muestra amplia donde destacan nombres tan célebres como: William McDonough, Shigeru Ban o Simón Vélez, y en la que predomina la idea de que la ética en la arquitectura es imprescindible para la consolidación de esta sensibilidad si no se quiere acabar viviendo en un mundo inhabitable.

(NA2542.C4/M851T/2002)



Este material está disponible en el  
Centro de Información y Documentación del IDEC

# Innovaciones desde la Academia para el sector Industria de la Construcción

El Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, IDEC adscrito a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela, es un centro de I+D+I dedicado a la investigación, la docencia y la extensión del entorno construido en las siguientes áreas:

Desarrollo Tecnológico  
Habitabilidad de las Edificaciones  
Economía de la construcción

- Estudios de nuevos materiales
- Diseño y construcción hasta prototipos de sistemas y componentes para las edificaciones
- Desarrollo hasta etapa pre industrial de procesos productivos
- Elaboración de modelos evaluativos de comportamiento
- Asesorías en general, soporte y seguimiento a proyectos comunitarios
- Auditorías energéticas (análisis de los consumos energéticos de las edificaciones)

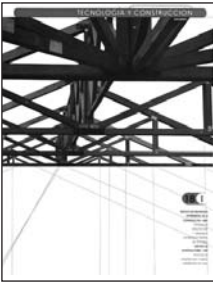
P. B. Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela. Ciudad Universitaria, Los Chaguaramos, Caracas. Apartado 47.169, Caracas 1041-A. Teléfonos: (58-212) 605. 20. 46. Fax: (58-212) 605. 20. 48

[www.arq.ucv.ve/idec](http://www.arq.ucv.ve/idec)





# índice acumulado 2002-2003



## 18 - I / 2002

Desarrollo tecnológico en el marco de un proyecto de investigación y transferencia en el hábitat popular

*Héctor Massauh / Paula Peyloubet*

Tecnología alternativa de producción de cemento puzolánico con ceniza de cascarilla de arroz

*Idalberto Águila Arboláez / Arq. Milena Sosa Griffin*

Sistema de información integrado para el diseño de viviendas de interés social (SIEFCO)

*Diana Bracho de Machado / María Paredes de López*

Estudio do comportamento das ligações madeira-resinas fibra de vidro

*Isabela Pedreira Cruz / Mario Mendonça*

La técnica, construir habitar y pensar en

*Martin Heidegger y José Ortega y Gasset*



## 18 - II / 2002

Consideraciones tectónicas sobre la obra de Carlos Raúl Villanueva

*Nancy Dembo*

Sostenibilidad de asentamientos humanos: el caso de la parroquia Naiguatá en el estado Vargas

*Roger Eduardo Martínez Rivas*

Difusión y transferencia de tecnología en el sector del hábitat popular latinoamericano: doce propuestas prácticas

*Julián Salas Serrano*

Reducción y gestión de residuos de la construcción y demolición (RCD)

*Domingo Acosta*

Una nueva óptica para entender y actuar en el hábitat popular

*Alberto Lovera*



## 18 - III / 2002

La producción semi industrializada del bloque hueco de concreto en el estado Táchira

*Luis Villanueva Salas*

Hogares sostenibles de desarrollo progresivo

*Alfredo Cilento Sarli*

Reciclaje de envases de cartón Tetra Pak

*Fernando Luiz Neves*

Placas y tejas producidas a partir del reciclado del polietileno / aluminio presentes en los embalajes tetra pak

*Mario Henrique de Cerqueira*

La ciencia en la sociedad del conocimiento

*Ignacio Avalos Gutierrez*



## 19 - I / 2003

Estudios de los acabados de superficie para la restauración de la Torre Campanario de la Iglesia de San Francisco en Valencia, estado Carabobo

*Fernando Rodríguez Romo*

De los mapas de Planilandia a los caminos de Siberia. Reflexiones sobre la experiencia docente en pregrado (2000 - 2002)

*Darío José Alvarez*

Apuntes para construir una definición acerca del conocimiento en arquitectura. Mapas de lo aprehendido

*Hernán Zamora*

Análisis de los corredores de servicio en los campamentos residenciales petroleros Venezolanos

*Roger Eduardo Martínez Rivas / Luidelia Marcano*

Entre sueños y realidades: avatares en los procesos de habilitación de los barrios populares. Casos en San Salvador, La Habana y Caracas

*Teolinda Bolívar Barreto*

## 19 - II / 2003

Hacia una arquitectura y una construcción sostenibles: el proyecto para el Edificio sede de SINCOR (Barcelona, estado Anzoátegui)

*Arq. Domingo Acosta*

Factibilidad constructiva de cubiertas plegables de láminas delgadas

*Arq. Carlos H. Hernández*

Tecnologías para prevenir y mitigar desastres en zonas de alto riesgo

*Arq. Mercedes Marrero / Arq. Augusto Márquez*

Elementos constructivos con PET reciclado

*Arq. Rosana Gaggino*

Transformación productiva y Sustentabilidad

*Alexis Mercado / Pablo Testa*

El ambiente en la dinámica del desarrollo

*Alexis Mercado / Karenia Córdoba*

## 19 - III / 2003

Modelación por elementos finitos de pilotes fundidos *in situ* en suelos friccionales

*Luis O. Ibáñez Mora / Gilberto Quevedo Sotolongo*

Modelación por elementos finitos de pilotes en suelos cohesivos

*Luis O. Ibáñez Mora / Gilberto Quevedo Sotolongo*

Desarrollo de la web sobre detalles constructivos de arquitectura textil

*José Ignacio de Llorens / Nelson Rodríguez*

Técnica de producción de componentes de concreto y anime para viviendas

*Idalberto Águila Arboláez*

La participación comunitaria en la promoción pública de viviendas populares. El caso de las Organizaciones Comunitarias de Vivienda

*Carlos Angarita / Ricardo Molina*

Comportamiento térmico en modelos con cubiertas ecológicas

*María Machado / Celina Brito / Javier Neila*

Escrito (casi) de memoria: 50 años en Arquitectura

*Alfredo Cilento Sarli*

*Teolinda*

*Alberto Lovera*



# índice acumulado 2004-2005



## 20 - I / 2004

Caracterización del material obtenido por reciclado de residuos cerámicos de construcción

*Ricardo Huete Fuertes  
Begoña Blandon González*

Caracterización físico-química de agregados reciclados

*José Antonio Domínguez Lepe / Emilio Martínez  
Lobeck / Víctor Villanueva Cuevas*

Arquitectura y medio ambiente  
Acondicionamiento natural de viviendas

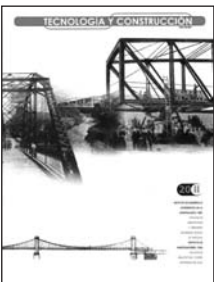
*María Eugenia Porras*

Cerramientos con madera, de junta seca, para viviendas progresivas

*Antonio Conti*

Enseñanza de la técnica o para la técnica

*Alfredo D. Vallota*



## 20 - II / 2004

La casa del Centro Histórico de Maracaibo. Vocabulario de su estructura compositiva

*Alexis Pirela / Javier Suárez / Aísa Pirela*

Humedad por condensación, un problema recurrente en viviendas sociales

*Patricia Martínez / Wadir Urquieta  
Pedro Sarmiento*

Puentes metálicos sobre el río Guaire: el carácter de la tradición académica y la imagen del diseño estructural

*Mónica Silva Contreras*

Estructuras tensadas en Venezuela. Algunos ejemplos

*Carlos H. Hernández*

Treinta años de ciencia en Venezuela: logros y tropiezos

*Claudio Bifano*



## 20 - III / 2004

El techo de madera en Venezuela. Revisión y reflexiones para su uso en la vivienda de bajo costo

*Beatriz Hernández Santana / Guillermo García La Cruz*

SIEFCO: Sistema de Información Integrado para el Diseño de Viviendas. Factibilidad de Migración MacOs – Windows

*María Paredes de López / Diana Bracho de Machado /  
Sonia Alonzo Lookjan*

El sector construcción venezolano y su interrelación con la economía nacional

*Helena Sanz Lara*

Reflexiones desde el artefacto arquitectónico. Apostillas en torno a los conceptos edificar, lugar y habitar

*Hernán Zamora*

## 21 - I / 2005

Los modos de investigación en la sociedad del conocimiento

*Ignacio Ávalos Gutiérrez*

Edificaciones sostenibles: estrategias de investigación y desarrollo

*Domingo Acosta / Alfredo Cilento Sarli*

Edificaciones energéticamente eficientes en un marco integral de habitabilidad

*María Elena Hobaica*

Invasores e invalidos. Las ilusivas fronteras historiográficas de la construcción, la tecnología y la ciencia en Venezuela.

*Juan José Martín Frechilla*

La Academia como actor de la responsabilidad mancomunada en los procesos de desarrollo urbano. Programa Ciudadanía Plena, Maracaibo-Venezuela

*Marina González de Kauffman / Hugo Rincón*

Revoluciones tecnológicas y paradigmas tecnoeconómicos

*Carlota Pérez*

## 21 - II / 2005

Proyectos del Taller de Arquitectura del Banco Obrero (TABO) para el Plan Nacional de la Vivienda en Venezuela (1951-1955)

*Beatriz Meza Suinaga*

Instalaciones sanitarias en los campamentos residenciales petroleros y en asentamientos informales: un análisis crítico de las normas vigentes

*Róger Eduardo Martínez Rivas*

La técnica de construcción en tierra como valor de la vivienda en la ciudad de San Cristóbal

*Enrique Orozco Arria*

Sistema de muros de mampostería estructural confinada con perfiles de acero para la vivienda de bajo costo

*Domingo Acosta / Christian Vivas / Enrique  
Castilla / Norberto Fernández*

Últimos hospitales y servicios de salud para el primero y segundo nivel de atención

*Arq. Sonia Cedrés de Bello / Arq. Consuelo Mora*



# normas para autores y árbitros

## 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, 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 diskette, indicando el programa y versión utilizados, o enviados al Comité Editorial como documento a través del correo electrónico de la revista (tyc@idec.arq.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.



Rector  
Antonio París  
Vice-Rector Académico  
Eleazar Narváez  
Vice-Rectora Administrativa  
Elizabeth Marval  
Secretaria  
Cecilia Arocha

Rector  
Leonardo Atencio Finol  
Vice-Rector Académico  
Rosa Nava  
Vice-Rector Administrativo  
Jorge Palencia  
Secretaria  
Judith Aular

**CONSEJO DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y HUMANÍSTICO**

Coordinador  
Bernardo Méndez A.

**CONSEJO DE DESARROLLO CIENTÍFICO Y HUMANÍSTICO**

José Colina Chourio

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO**

Decano  
Azier Calvo  
Directora de la Escuela de Arquitectura  
Paola Posani  
Directora del Instituto de Urbanismo  
Tani Neuberger  
Director del Instituto de Desarrollo Experimental  
de la Construcción  
Carlos Angarita  
Directora-Coordinadora  
de la Comisión de Estudios de Postgrado  
Milena Sosa G.  
Coordinadora Administrativa  
Alejandra González  
Coordinador Académico FAU  
Guillermo Barrios  
Coordinadora Investigación FAU  
Jeannette Díaz  
Coordinador Extensión FAU  
José Guerra

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

Director  
Carlos Angarita  
Coordinador Docente  
Idalberto Águila  
Coordinador Administrativo  
Lunia Betancourt  
Consejo Técnico  
Miembros Principales  
Milena Sosa  
Gaspere Lavega  
Ignacio Ávalos  
Nancy Dembo  
María Elena Hobaica  
Miembros Suplentes  
Geovanni Siem  
Gladys Maggi  
Alatz Quintana  
Jesús Delgado  
Alejandra González  
Ricardo Molina

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO**

Decano  
Ramón Arrieta  
Director de la Escuela de Arquitectura  
Alberto Stanford  
Director de la Escuela de Diseño Gráfico  
Claudio Ordoñez  
Director de la Dirección de Estudios para Graduados  
Jane Espina  
Directora de la Dirección de Extensión  
Dinah Bromberg  
Coordinadora de Investigación  
Elisa Quijano

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

Director  
José Indriago  
Subdirector  
Tomás Pérez

**Áreas prioritarias de Investigación**

Territorio, Ciudad y Comunidad:  
Ramón Reyes  
Confort y Sostenibilidad del Ambiente Construido:  
Gaudy Bravo  
Infonomía para la Gestión de Espacios Antropizados:  
Carmen Cecilia Araujo