

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN 2006



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

FACULTAD DE
ARQUITECTURA
Y URBANISMO

UNIVERSIDAD CENTRAL
DE VENEZUELA

**INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES / IFAD**

FACULTAD DE
ARQUITECTURA Y DISEÑO
UNIVERSIDAD DEL ZULIA

**DECANATO DE
INVESTIGACIÓN**

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL TÁCHIRA - UNET

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

Envío de materiales, correspondencia y suscripciones UNET

Apartado postal 436.
Telfs.: (58-276) 353 04 22 / 353 24 54 ext. 372
Fax: (58-276) 3732454
Táchira, Venezuela.

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

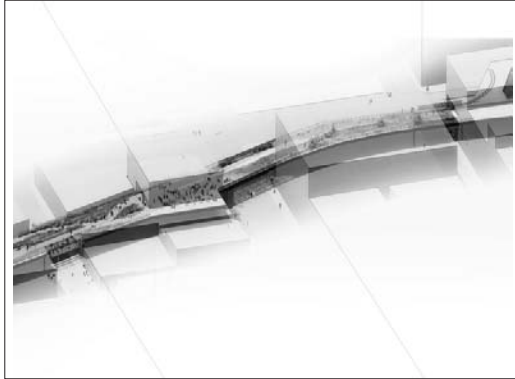
Favor enviar esta planilla a:

- 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

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



Volumen 22. Número II
 mayo - agosto 2006
 Depósito Legal: pp.85-0252
 ISSN: 0798-9601

Portada: imágenes tomadas de

www.thehighline.org/design/prelim_design/index.htm

Images by Field Operations and Diller Scofidio + Renfro, courtesy of the City of New York. Night lighting images by Field Operations, Diller Scofidio + Renfro, and L'Observatoire International. Images ©2005. City of New York. All rights reserved.

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

Luis Villanueva

Directores Asociados

Milena Sosa G.

Gaudy Bravo

Michela Baldi

Consejo Editorial

Alfredo Cilento

Irene Layrisse de Niculescu

Juan José Martín

Luis Marcano González

Eduardo González

Carlos Quiros

Melín Nava

Virgilio Urbina

Editor

Alberto Lovera

Coeditor

José Indriago

Luis Villanueva

Coordinación editorial

Michela Baldi

Diseño y diagramación

Rozana Bentos

Corrección de textos

Helena González

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

notas biográficas

Carlos Angarita

Arquitecto (UCV, 1978).
Profesor asistente IDEC-FAU-UCV,
Área de Investigación: Economía de la
Construcción. e-mail: cangarita@idec.arq.ucv.ve

Gabriel Castañeda

Arquitecto, Maestría en la Universidad Autónoma
de Yucatán (UADY), en 1995. Profesor del Cuerpo
Académico Componentes y Condicionantes de la Vivienda,
Facultad de Arquitectura de la UNACH, México
e-mail: gnolasco@prodigy.net.mx

Augusto Márquez

Arquitecto (UCV, 1977).
Magister Scientiarum en Desarrollo Tecnológico
de la Construcción IDEC-FAU-UCV.
Profesor Asociado IDEC-FAU-UCV.
e-mail: amarquez53@hotmail.com

Melín Nava

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central
de Venezuela, Caracas, Venezuela.
e-mail: mjnava@cantv.net

Víctor Obregón

Departamento de Ingeniería Hidráulica, Escuela de Ingeniería
Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Central de
Venezuela. Caracas, Venezuela. e-mail: victor@imf.ing.ucv.ve

Jaime Andrés Quiroa

Programa de Postgrado en Ciencias de Ingeniería Ambiental
EESC, USP, Brasil
e-mail: jaqh2000@yahoo.com.mx

Iván Saavedra

Instituto de Mecánica de Fluidos, Facultad de Ingeniería,
Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
e-mail: saavedra@imf.ing.ucv.ve

Geovanni Siem

Ingeniero mecánico, UCV (1972).
Postgrado en el Institut Supérieur des Matériaux
et de la Construction Mécanique (ISMCM), París, Francia
(1975). Profesor Asistente IDEC-FAU-UCV.
e-mail: gsiem@idec.arq.ucv.ve

Maria Eugenia Sosa

Arquitecto, UCV (1982).
Postgrado: Especialidad en instituciones Financieras, UCAB
(1990). Profesor Agregado IDEC-FAU-UCV.
e-mail: msosa@idec.arq.ucv.ve

Francisco Vecchia

Engenheiro de Produção. Escola de Engenharia
de São Carlos EESC, USP, Brasil, 1981.
Profesor del Departamento de Hidráulica e Saneamento,
Escola de Engenharia de São Carlos,
Universidade de São Paulo (USP), Brasil.
e-mail: fvecchia@sc.usp.br

		editorial
<i>Construction and Decentralization</i>	Construcción y descentralización <i>Alberto Lovera</i>	6 ↷
		artículos
<i>Green Roofs in Tropical Environment. An Experimental Comparative Essay upon Traditional Roofs</i>	Aplicación de cubiertas verdes en climas tropicales. Ensayo experimental comparativo con techumbres convencionales <i>Francisco Vecchia / Gabriel Castañeda / Jaime Andrés Quiroa</i>	9 ↷
<i>A Diagnosis upon the Acoustic Quality in Teaching Spaces at the Architecture and Urbanism Faculty of the Central University of Venezuela</i>	Diagnóstico de la calidad acústica en espacios de enseñanza en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo. FAU-UCV <i>Geovanni Siem / Maria Eugenia Sosa</i>	15 ↷
<i>Concrete-manufactured Modular Component for Reticular Alveolar Shallow Foundation Plates: An Option for Low Cost Housing Progressively Developed on Retro-Expansive Soil.</i>	Componente modular prefabricado de concreto para placa de fundación superficial reticular alveolada. Una opción para la vivienda de bajo costo de desarrollo progresivo sobre suelo retro-expansivo <i>Augusto J. Márquez</i>	23 ↷
<i>An Evaluation upon Superficial and Underground Water Flow at the University Campus of Caracas. Results in Advance to Decrease Vulnerability</i>	Evaluación del flujo de agua superficial y subterránea en la Ciudad Universitaria de Caracas. Resultados en avance <i>Víctor Obregón / Iván Saavedra / Melín Nava</i>	35 ↷
<i>Studies, Projects and Constructions Sites. The Experience of Organizaciones Comunitarias de Vivienda (Housing Communities Organizations)</i>	Estudios, proyectos y obras. La experiencia de las Organizaciones Comunitarias de Vivienda <i>Carlos Angarita</i>	43 ↷
		documentos
<i>Sustainable Construction. The State of the Question Juan de Herrera Institute</i>	La construcción sostenible. El estado de la cuestión <i>Instituto Juan de Herrera - España</i>	53 ↷
		postgrado
<i>Expanding Knowledge: Designing and Construction of Wooden Houses.</i>	Curso de Ampliación de Conocimientos Diseño y Construcción de Viviendas con Madera <i>Argenis Lugo</i>	63 ↷
		eventos
<i>Forum. Housing Policies in Venezuela's Working-Class Areas (1999-2006)</i>	Foro. Política de vivienda en Venezuela y sectores populares (1999-2006) <i>Teolinda Bolívar</i>	66 ↷
<i>Bolivarian Fair 'Building Alternatives for Decent Homes'</i>	Participación del IDEC en la Feria Alternativas Constructivas para Casas Dignas <i>Laura Ramírez</i>	67 ↷
		reseñas
<i>Books and Magazines</i>	Revistas y Libros	68 ↷
<i>Regulations for authors and arbitrators</i>	Normas para autores y árbitros	71 ↷

Construcción y descentralización

Alberto Lovera
IDEC / FAU / UCV

Los procesos de descentralización y transferencias de competencias del gobierno central a los regionales y locales no son fáciles. Se trata de una transferencia y cesión de poder. De allí las resistencias que concitan. Lo mismo puede ser dicho cuando este proceso se extiende a otros niveles como los parroquiales y las comunidades organizadas.

Cuando se han ensayado estos procesos de descentralización, el centro de las innovaciones políticas e institucionales es acercar el poder a los ciudadanos y hacer la acción estatal más eficiente, pero también busca corregir los rendimientos decrecientes del Estado centralista, que requiere de reformas: reservar al poder central las funciones estratégicas, delegando a otros niveles de gobierno la ejecución. Este enfoque permite, incluso, transferir a ámbitos, como los parroquiales y locales, funciones que antes estaban reservadas al poder central, y después a los niveles regionales y municipales.

Sin embargo, las propuestas descentralizadoras pueden adoptar ópticas muy diferentes. Pueden tener un contenido de profundización de la democracia o pueden enmascarar un intento de minimizar el rol del Estado. De hecho estas dos concepciones (democratizadora y privatizadora) suelen presentarse y enfrentarse en los procesos descentralizadores y según la que prevalezca se producirán efectos diferentes.

El proceso de descentralización no es fácil. Se generan muchas resistencias porque se le está quitando poder a los centros tradicionales desde donde se ejercía sin competidores ni contrapesos, y porque, adicionalmente, tiene que efectuarse un proceso de aprendizaje y adquisición de competencias para que desde los niveles regionales y locales se ejecute una parte sustancial de lo que hacía en antaño el poder central en un escenario heterogéneo producto de los desequilibrios regionales y locales y del desarrollo desigual de capacidades de ejecución. También porque si no se lleva adelante el proceso de descentralización mediante un plan claro, un itinerario adecuado, respetando su progresividad, se pueden producir efectos indeseables.

En muchos casos cuando se critica las virtudes de la descentralización se pierde de vista que ella no puede prosperar adecuadamente si no está acompañada de una reforma del Estado que garantice la articulación del papel rector y estratégico del poder central y la transferencia de competencias a los otros niveles (regionales y municipales) de gobierno. Muchos de los que adversan la descentralización olvidan que precisamente por ocuparse de las labores rutinarias de ejecución, el aparato central del Estado no puede atender con propie-

dad sus funciones estratégicas. Antes que debilitar al Estado, la descentralización puede servir para fortalecer su acción porque, como hemos señalado, una de las ópticas de la descentralización, la democratizadora, a la par de abordar la reforma del Estado, permite que la acción estatal se acerque al ciudadano y a las comunidades, y estos pueda influir sobre él de una manera más efectiva.

Como todos los procesos sociales y políticos, la descentralización no es irreversible. Nuevos brotes de centralismo pueden revertirla por un cambio en la correlación de fuerzas políticas que revivan la concentración de poder, perdiéndose las potencialidades democratizadoras de la descentralización y la oportunidad de, apoyándose en ella, impulsar la reforma del Estado y una mejor atención de las necesidades de la población.

Pero hay otra dimensión de la descentralización que debe tenerse presente. Existen una serie de actividades económicas que por su naturaleza se prestan para ser ejecutadas de manera descentralizada. Y al hacerlo se puede ser más eficiente y más sensible a las necesidades de la población. La Construcción es una de ellas.

Por sus características estructurales, la actividad de la construcción y mantenimiento de obras públicas permite que se transfieran a los niveles regionales y municipales, y en ciertos tipos de obras, a las comunidades organizadas, la ejecución de las mismas. No se trata de que el Estado se desprenda de sus responsabilidades, sino que se identifique en cada caso cuál nivel de planificación y ejecución es más adecuado. Si lo hace, dará respuestas más asertivas a lo que se espera de él.

Cuando se olvidan estos asuntos y se pretende que centralizando se tiene todo bajo control, no sólo sufre la democracia sino la atención de las necesidades constructivas de la sociedad, sobre todo aquellas que sin la mediación estatal quedarán insatisfechas, aquellas que no resuelve la mano invisible del mercado sino la muy visible del Estado, que atiende a eso que llaman las imperfecciones de aquél, que son moneda corriente, pero que ya no se pueden atender adecuadamente sino con una descentralización cercana al ciudadano, porque al centralismo le cuesta percibir sus necesidades, mucho más en actividades económicas y sociales como la construcción, que por definición suponen la puesta en concierto de diferentes actores del lado de la oferta y la demanda, y con distintas capacidades de acceder a bienes que igualmente son indispensables para la vida cotidiana en estos tiempos de corren.

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 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.

recursos tecnológicos

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



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

Francisco Vecchia. EESC, USP, Brasil
Gabriel Castañeda. UNACH, México
Jaime Andrés Quiroa. EESC, USP, Brasil

Resumen

El artículo muestra los resultados de mediciones térmicas experimentales de cubiertas verdes ligeras (CVL) en células de prueba construidas en clima tropical de altitud, con una cota altimétrica de 900 metros. Los resultados se obtuvieron por medio de las temperaturas interiores, del aire y de las superficiales, y evidencian que el techo verde es factor de reducción de los cambios térmicos entre el exterior y el interior, pues actúa como elemento de retraso y de amortiguamiento térmico, sobre todo, en edificaciones de un nivel en que las techumbres son más vulnerables a los cambios térmicos. Respectivamente, el retraso verificado fue de 4 (cuatro) horas y el amortiguamiento de 6° C. Se observó que las temperaturas del aire y las temperaturas superficiales interiores de la techumbre verde tuvieron, en su reacción frente al calor, temperaturas menores que las del aire exterior y debajo de los límites del confort térmico, hipotéticamente tomándose el Diagrama Bioclimático de Victor Olgay (1963) como referencia de limitante superior.

Abstract

This article shows the results from experimental thermal measurements upon light green roofs in trial cells built in altitude tropical weather (900 m. / 295 ft). These results were obtained from inside, outside and air temperatures; and they show that green roofs are a factor of reduction in inside and outside thermal changes since they work as a delay and thermal absorption element, specially in those buildings where roofs are more vulnerable to thermal changes. Respectively, the verified delay was four hours and the absorption was 43° F. Inner air and roof temperatures reacted to heat with lower temperatures than exterior air and also below the limits of thermal comfort, taking, hypothetically, the bioclimatic diagram of Victor Olgay (1963) as the reference of upper limit.

Este artículo busca mostrar los resultados de la medición experimental comparativa de las temperaturas de dos techumbres en dos células de prueba (prototipos) de igual construcción. Un techo tradicional compuesto por losas de concreto armado sin utilización de tejas de recubrimiento y otro alternativo con la aplicación de pasto sobre la cubierta. La importancia del pasto se refiere a la atenuación de las temperaturas interiores, sobre todo, de las superficiales que, además de incrementar los valores de las temperaturas del aire interior, actúan, directamente, sobre la piel de las personas al interior de viviendas, por medio del efecto de cambios térmicos por radiación.

Aunque la percepción del confort térmico sea distinta por diferentes personas, sus efectos previsibles en la salud y en la productividad del trabajo intelectual o no afectan el desarrollo económico por la utilización irracional de energía para el acondicionamiento térmico de edificios, entre otros efectos indeseables, pero, necesarios.

En dos células de prueba proyectadas para el ensayo experimental, en igual condición, se construyeron variándose sólo los sistemas de techo. El estudio de evaluación comparativa de las respuestas térmicas forma parte de esfuerzos de investigación cooperativa entre las Universidades Autónoma de Chiapas, en México, y la de São Paulo, Sao Carlos, en Brasil, además de participar del Sub-Proyecto XIV.8–Casapartes, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED).

El estudio de carácter experimental se justifica, pues no es posible, por las variables termo-físicas del pasto, tomar

Descriptores:

Cubiertas verdes ligeras; Comportamiento térmico de techos verdes

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN. Vol. 22-II, 2006, pp. 09-13.
Recibido el 27/07/06 - Aceptado el 25/02/07

programas computacionales o modelos matemáticos de simulación para predicción de las temperaturas interiores, superficiales y del aire. Este estudio podrá contribuir en el tema de ecuaciones predictivas de temperaturas interiores, de Givoni y Vecchia (2001), porque esas ecuaciones son formuladas por medio las respuestas de mediciones experimentales, de los datos de las temperaturas interiores y de la radiación solar global junto con los valores de las temperaturas del aire exterior.

Los resultados que se lograron en este experimento muestran que hay claras ventajas en la construcción de techos verdes, pues dicho sistema actúa como elemento de retraso y de amortiguamiento térmico, sobre todo, en edificaciones de un solo nivel en que sus techumbres son los cerramientos más frágiles en los cambios térmicos con el clima exterior. Respectivamente, el retraso verificado fue de cuatro horas y el amortiguamiento de 6°C.

Además de esas ventajas, se pudo observar que las temperaturas del aire y las temperaturas superficiales interiores de la techumbre verde tuvieron, en su reacción frente al calor, temperaturas menores que las del aire exterior y por debajo de los límites del Confort Térmico, hipotéticamente tomando como referencia de limitante superior el Diagrama Bioclimático de Olgyay (1963). El límite superior se puede pensar como el de las temperaturas superficiales de la piel, entre 32°C a 33°C según Dogerty y Szokolay (1999) y el límite inferior a los 19°C, el valor máximo de la ecuación de SIPLER, para el efecto "wind chill".

Finalmente, es importante decir que los sistemas constructivos de los techos verdes son fundamentales en la determinación de sus propiedades térmicas, pues la composición del sustrato (tierra), con su espesor, incrementa la capacidad térmica y, por lo tanto, produce mayor almacenamiento y retraso térmico en las techumbres. Los experimentos realizados y descritos en ese artículo se refieren a cubierta verde ligera (CVL), con un espesor máximo de diez centímetros, como está esquematizado en el gráfico 1.

Material y métodos

Análisis climático

El día experimental tomado para la evaluación está definido como día de excepcional calor, por los valores de la temperatura del aire exterior y, también, por su valor máximo de 34°C, mayor que el promedio de las máximas. El efecto de la radiación solar global fue total por las características de cielo limpio por todo el día, con valor máximo de 837 W/m². Además, el episodio climático adoptado pasó en el dominio de una masa Tropical Atlántica (mTA), de característica seca y peculiar a esa época del año (Vecchia, 2005a).

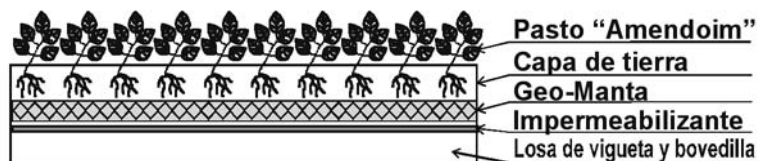
Sistema de adquisición de datos

El equipo de medición CR10X, Campbell Scientific Inc., fue utilizado para adquisición y para almacenamiento de datos del clima y del interior de las células de prueba. El sensor de temperatura y humedad del aire fue el HMP45AC de Vaisala y de la radiación solar global fue el piranómetro *Koeppe & Zonen*. Las temperaturas superficiales y del aire interior se tomaron con termopares tipo T (cobre-constantin), 2 x 24 AWG, con doble protección de PVC.

Sistema de mediciones

El sistema de medición automático registró todos los datos a cada 20 segundos con totalizaciones cada media hora, formando conjuntos promedios con 180 datos por hora. Los registros de las temperaturas del aire de los interiores fueron tomados por termopares distantes a 1,50 metros del piso, con un dispositivo de protección (abrigo) contra posibles errores impuestos por radiaciones internas, como se aprecia en el gráfico 2. Las temperaturas superficiales se registraron también por termopares que tuvieron sus puntas insertadas en pequeñas cavidades hechas en las superficies interiores de las techumbres y con protección de masa térmica para impedir el efecto negativo de la radiación interna.

Gráfico 1
Camadas que componen
la Cubierta Verde Ligera (CVL).



Celdas de prueba (prototipos)

Las celdas de prueba están configuradas de acuerdo con lo que registra el gráfico 3, planta baja y corte, con 2,30 x 2,70 metros y altura promedio de 2,60 metros. Piso de hormigón y paredes perimetrales de ladrillos de cerámica macizos, pintada de color blanco. La estructura de la techumbre de ambos prototipos está formada por viguetas prefabricadas de concreto armado y con bovedilla cerámica entre las vigas con una capa de concreto 3 centímetros de espesor en la parte superior, armado con hilos de acero por dilatación.

Resultados obtenidos y discusión

Fue definido el día 9 de octubre como típico experimental (Vecchia, 1997), representativo de la actuación y del dominio de una masa Tropical Atlántica (mTA), de característica seca, con valores excepcionales de la temperatura del aire, superiores a los promedios de las máximas, y con radiación solar global de casi 850 W/m^2 , en día de cielo limpio.

En el gráfico 4 se distinguen dos aspectos principales. Primero el hecho de que todas las temperaturas se encuentran casi iguales a las 9 horas y treinta minutos (en la mañana) y, después en la noche, a las 22 horas y treinta minutos, originando un período total de 13 horas en el cual las temperaturas siguen en su reacción frente al calor. El segundo aspecto es que, en esa reacción, las distintas propiedades termo-físicas de los componentes constructivos imponen las diferencias de temperaturas interiores, del aire y de las superficies. La mayor temperatura superficial es la del techo de losa de concreto, con valor de 45°C , seguida por la del techo verde (CVL), con valor de $26,7^\circ\text{C}$. Además que hay un retraso de cuatro horas, entre los valores máximos de las temperaturas superficiales de los dos prototipos.

Especial atención merece observar que la temperatura superficial máxima del techo verde (CVL) es la menor de las máximas, además de ser la menor por todo el período vespertino. La comparación entre las temperaturas máximas de los prototipos, losa de concreto y CVL, se aproxima a los 18°C , que se debe considerar elevado, sobre todo si se considera la temperatura superficial máxima, tsi de la

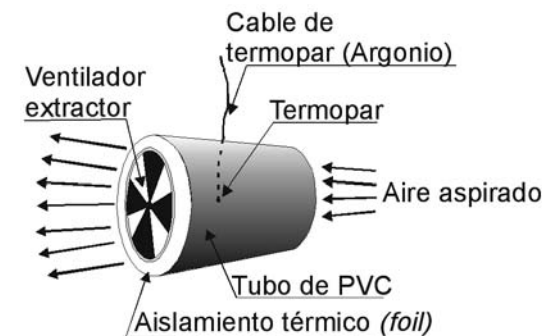


Gráfico 2
Termopar con abrigo de protección de PVC, con succión (aspiración) del aire a velocidades superiores a 1,5 m/s, de acuerdo con el tradicional psicrómetro de Assmann.

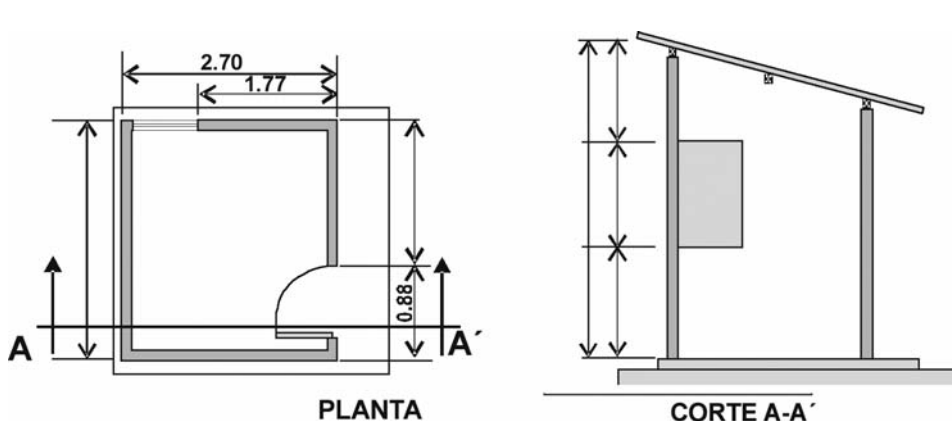


Gráfico 3
Dimensiones de las similares celdas de prueba donde se hicieron los experimentos con distintos sistemas de cubiertas convencionales y con la propuesta de cubierta verde ligera (CVL).

losa de concreto, $t_{si \text{ losa de hormigón}} = 45 \text{ }^\circ\text{C}$, contra los $27 \text{ }^\circ\text{C}$ de la superficial de la CVL. Además del valor más reducido, el valor de $t_{si \text{ CVL}} = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ está por debajo de los límites superiores de confort térmico propuestos por distintos diagramas y por diferentes metodologías establecidas para delimitar los límites de confort. La percepción de las temperaturas radiantes es adecuada, por no imponer estrés térmico a los posibles habitantes de edificaciones con ese tipo de techo.

Por lo tanto, en la reacción frente al calor, el prototipo de CVL presenta mejores y más adecuadas condiciones de confort térmico, por su comportamiento ante el calor. Absorbe la radiación solar, la transmite internamente por conducción (paso, substrato, losa de hormigón) y, después de un intervalo de tiempo, la retransmite al interior del prototipo, el calor, en ondas largas (de 0,4 hasta 9 micrómetros), calentando el aire interior y afectando a las personas por medio de la transmisión por radiación.

La aplicación de techo verde permitiría a las personas adecuada percepción de confort térmico en el interior, por temperaturas bajas en el interior durante todo el período crítico de calor, por la tarde, al contrario de la techumbre de losa hormigón que presenta temperaturas radiantes

mayores que la soportable de $32,1 \text{ }^\circ\text{C}$ a partir de 11 horas y treinta minutos (Dogerty y Szokolay, 1999).

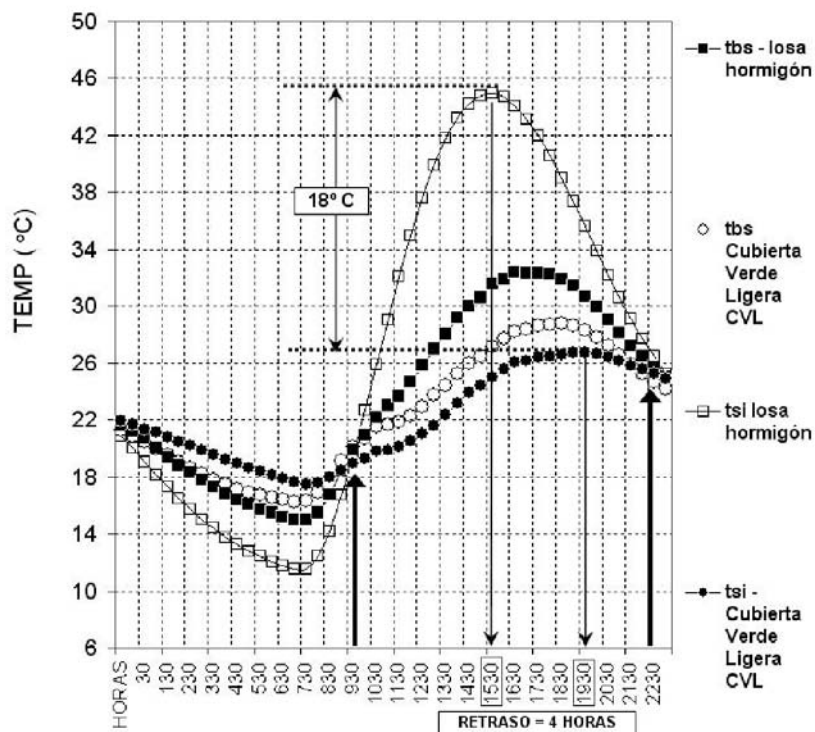
Considerando que los valores de las temperaturas superficiales del techo verde (CVL) son menores que todas las demás temperaturas, se puede concluir que en su reacción frente al calor, la superficie del lecho inferior del techo verde actúa como un elemento absorbente de calor del aire interior, pues, por ser menor su temperatura, consecuentemente, le roba temperatura al ambiente. El techo verde es entonces un elemento o sistema pasivo de refrigeración de ambientes interiores, en su reacción al calor, principalmente en el período crítico, por la tarde.

Por lo anterior se recomienda su aplicación como elemento de mitigación al exceso de calor proveniente de losas de concreto armado, muy utilizadas en toda Latinoamérica. Observándose los valores de las temperaturas superficiales y de aire interior del prototipo de losa de concreto armado se concluye que:

- A partir de aproximadamente 12 horas las temperaturas superficiales están arriba de los 32°C , donde comenzaría la percepción del disconfort, por las ganancias de radiación térmica sobre la piel de los posibles habitantes. Eso ocurriría hasta cerca de las 22 horas (en la

Gráfico 4
Temperaturas superficiales de los prototipos de losa de hormigón y de CVL, día 9 de octubre, con retraso térmico de 4 horas y diferencia de 18°C entre los respectivos valores máximos.

Episodio climático de reducida humedad del aire



noche). En ese intervalo, la losa de concreto armado también actúa como elemento de calentamiento del aire interior que, desde 16 hasta 18h 30 minutos, presenta temperaturas por encima de los 32°C, incrementando la percepción del calor. Por lo tanto, se recomiendan medidas de atenuación térmica en todas las losas de concreto armado, tales como pintura en colores claros, sombrear la superficie exterior, aplicar algún aislante térmico y/o barrera de radiación, entre otras medidas de mitigación térmica.

- Aunque las temperaturas del aire interior no sean muy inadecuadas, están cerca de los límites superiores de confort térmico aceptables, su conjugación con las temperaturas superficiales hace daño a la salud, a la productividad en actividades laborales en escuelas, oficinas, plantas, hospitales, etc., sobre todo, a la percepción de las temperaturas ambientales y a la satisfacción en cuanto al ambiente térmico.

Con lo anterior se exponen evidencias de que el techo verde es una mezcla de dos efectos térmicos: sombrear la superficie con el pasto y agregar a la edificación masa térmica mediante el espesor del sustrato.

Conclusiones

El sustancial avance de la investigación es el de concluir que los techos verdes (CVL) exhiben un comportamiento térmico de refrigeración en su reacción frente al calor, puesto que su superficie interior presenta temperaturas menores que las del aire interior y las del aire exterior. Por eso, actúa como elemento atenuador térmico de los espacios internos, contribuyendo a disminuir los valores de la temperatura interna del aire.

Por lo tanto, permite una adecuada percepción del confort térmico en periodos de calor excepcional y, por eso, es también válido en todos los momentos en que las ganancias de calor pueden comprometer la percepción de las temperaturas ambientales al interior de las viviendas.

Además de importantes ventajas térmicas, los techos verdes, cumplen funciones estéticas en los edificios y colaboran reduciendo la probabilidad de ocurrencia de islas de calor urbano, y la eventual inundación por el retraso del escurrimiento de las aguas de lluvias (*runoff*) y su posible reuso para finalidades específicas.

Referencias bibliográficas

- Doherty, A. y Szokolay, S. V. (1999) *Thermal comfort*. PLEA Notes, Brisbane (Australia), PLEA: Passive and Low Energy Architecture, Department of Architecture, University of Queensland.
- Olgay, V. (1963) *Design with climate*. New Jersey, Princeton University Press, 1963.
- Vecchia, F. (1997) *Clima e Ambiente construído. A abordagem dinâmica aplicada ao conforto humano*. São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo (FFLCH USP). Tese de doutoramento.
- Vecchia, F. (2005) *Avaliação do comportamento térmico de coberturas verdes leves (CVLs)*. São Carlos, Pluris 2005 – I Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano Regional Integrado Sustentável.
- Vecchia, F. (2005a) "Climatologia aplicada ao Ambiente Construído: análise climática, avaliação e previsão do comportamento térmico de edificações ocupadas". São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (EESC USP). Textos sistematizados apresentados para Concurso de Livre-Docência.

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



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

Programa de Cooperación PCU-ECOSNORD/FONACIT
Geovanni Siem / María Eugenia Sosa
IDEC-FAU-UCV

Resumen

En el marco de la investigación grupal identificada como "Diagnóstico de las condiciones de habitabilidad de un edificio patrimonial. Caso: Edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela", se desarrolló una metodología para evaluar y diagnosticar las condiciones de habitabilidad del edificio en cuestión. Se realizaron mediciones *in situ* de la calidad acústica de algunos espacios seleccionados por su importancia en la actividad docente a fin de estudiar la adecuación actual a sus funciones teniendo en cuenta que en este edificio se han producido modificaciones y cambios de uso a lo largo de su existencia. En este artículo se expone la metodología de trabajo y las medidas correctivas propuestas a partir del diagnóstico de los resultados, y a la luz de las normativas nacionales e internacionales vigentes, con el objetivo de mitigar los niveles de ruido y propiciar una calidad acústica indispensable para un buen desempeño del proceso de enseñanza – aprendizaje.

Abstract

In the context of the research identified as "Diagnostic of the conditions of habitability of a patrimony building. Case: Faculty of Architecture and Urban Planning of the Central University of Venezuela", a methodology was developed to evaluate the acoustic quality of some spaces selected by its importance in the teaching activities. Measurements in situ were taken to study the current adaptation of these spaces to their functions, keeping in mind that modifications and changes of use have happened in this building along its life. In this article the methodology and the proposed improving actions are described, as a result of the diagnosis, and under the considerations of the national and international standards, with the aim of mitigating the level of noise and to reach a necessary acoustic quality for a good performance of the teaching-learning process.

El edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) es una de las edificaciones emblemáticas de la Ciudad Universitaria de Caracas, sede de la Universidad Central de Venezuela, diseñada por el Arquitecto Carlos Raúl Villanueva y declarada como Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO en Noviembre de 2000.

Una breve cronología de las intervenciones del edificio para adaptarlo a las exigencias de crecimiento poblacional, en más de 50 años de funcionamiento, sirve para entender las modificaciones de las características originales del diseño arquitectónico, y en particular de las estrategias de acondicionamiento ambiental. Las modificaciones de la estructura funcional, académica y administrativa de la FAU han producido cambios de usos de los mismos, atendiendo más a la emergencia que a la calidad de los espacios, en muchos casos realizadas sin planificación. Asimismo la reducción del presupuesto universitario, con sus consecuencias en el insuficiente mantenimiento de la planta física, de las instalaciones y de los equipos, han afectado la habitabilidad de los espacios de la FAU.

En el presente artículo se recogen los resultados de las mediciones *in situ* de la calidad acústica de casos de estudio, realizados en el marco de la investigación grupal titulada: "Diagnóstico de las condiciones de habitabilidad de un edificio patrimonial. Caso: Edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UCV", bajo el auspicio del Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH) de la UCV e identificado bajo el N° PG 02-32-5310-2003. A lo largo esta investigación se desarrolla una metodología para evaluar y diagnosticar las variaciones ocurridas en las condiciones de habitabilidad del edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela y proponer medidas correctivas donde fuese menester a la luz de las normativas nacionales y/o internacionales vigentes.

Descriptores:

Calidad acústica en edificaciones educativas;
Medición de niveles acústicos.

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN. Vol. 22-II, 2006, pp. 15-22.
Recibido el 15/06/06 - Aceptado el 14/02/07

Fundamentación

La exigencia de habitabilidad de las edificaciones identificada como Calidad acústica tiene como objetivo determinar los tipos de sonido y los rangos a partir de los cuales se producen daños auditivos o malestar por contaminación sónica. La calidad acústica es una exigencia fundamental en la planta física de la FAU por tratarse de una edificación educativa con aulas de clases, talleres de diseño, salones de conferencias, salas anfiteátricas y auditorio, en los cuales es importante mantener controlados los niveles de sonidos para no afectar el rendimiento estudiantil ni la productividad laboral en las áreas de oficina, investigación o de apoyo.

Para efecto de este estudio se utilizaron como referencias las siguientes normativas nacionales vigentes:

1. COVENIN 1565:1995 Ruido ocupacional. Programa de conservación auditiva. Niveles permisibles y criterios de evaluación. (3ª revisión).

2. COVENIN 1671-88: Fuentes estacionarias. Determinación del ruido y Reglamento N° 5 de la Ley Orgánica del Ambiente sobre el control de la contaminación por ruido.

Con base en la norma COVENIN 1565:1965 se anexa a continuación la tabla de recomendaciones de niveles de ruido para locales de trabajo típico y Límites Umbrales de Exposición para Ruido (cuadro 1).

Espacios estudiados

El edificio de la FAU funciona hoy en día interrelacionando espacios originales con espacios intervenidos. La planta tipo del piso 1 de la torre de la FAU, fue intervenida para los estudios de postgrado conformada por áreas de docencia, de oficinas, áreas administrativas y/o de apoyo. El pasillo de circulación fue habilitado para cubículos y en algunos espacios se han incorporado sistemas de acondicionamiento activo (aire acondicionado).

Se seleccionaron como casos de estudio los siguientes espacios ubicados en el piso 1, donde funcionan las oficinas y aulas de Postgrado:

Sala de conferencia, Sala seminarial, y Aula 108, por sus evidentes problemas acústicos que afectan el funcionamiento académico de esta dependencia.

Cuadro 1

Tabla de recomendaciones de niveles de ruido para locales de trabajo típicos.

Locales típicos	Curva recomendada RNR	Nivel de ruido Aprox. en dBA
Salas de conciertos	20	30
Pequeños auditorios, grandes salas de conferencias y reuniones	35	Menos de 42
Oficinas privadas, semi-privadas, oficinas de ingeniería	40 a 45	Entre 50 y 55
Salones de clase	35 a 45	Entre 40 y 55
Lugares de trabajo donde se requiera comunicación telefónica, diferentes a los anteriores	55 a 60	Entre 65 y 70

Fuente: Norma COVENIN 1565:1965

Cuadro 2

Límites umbrales de exposición para ruido

Duración de la exposición	unidad	Nivel de ruido en dBA
8	horas	85
4		88
2		91
1		94
30	minutos	97
15		100
7,50		103
3,75		106
1,88		109
0,94		112
28,12	segundos	115
14,06		118
7,03		121
3,52		124
1,76		127
0,88		130
0,44		133
0,22		136
0,11		139

Fuente: Norma COVENIN 1565:1965

NOTA: Los límites de exposición al ruido ocupacional no protegen por igual a todos los trabajadores de los efectos adversos de la exposición. Se considera que dichos límites protegen a la mediana de la población contra una pérdida de audición inducida por el ruido a las frecuencias de 500, 1000, 2000, 3000 y 4000 Hz.

Auditorio, ubicado en la PB, debido a su importancia como espacio de importantes eventos académicos y artísticos donde la calidad acústica es de primordial importancia. Es importante destacar que el sistema actual de aire acondicionado del auditorio está ubicado sobre el techo, a la altura de 1er piso de la FAU, afectando acústicamente este nivel.

Para realizar estas mediciones, se contó con la colaboración del Ing. Félix Flores, de la División de Seguridad e Higiene Industrial de la UCV, quien puso a disposición un sonómetro digital, clase 2.

A continuación se presenta la medición *in situ* de niveles acústicos por ambiente y los respectivos análisis de cada una.

Caso de estudio:
Sala seminarial de Postgrado

Medición de la intensidad del ruido en diferentes condiciones

- Norma Aplicada: COVENIN 1565:1995. Ruido ocupacional.
- Ruido de fondo: L90
- Fecha: 07/04/05
- Condiciones generales: aula vacía de público, mobiliario de semi-cuero y madera; paredes de concreto; Cielo raso de cartón comprimido perforado (falta 1 lámina); cuadros decorativos en una de las paredes; piso de vinil. Dos unidades de aire acondicionado que trabajan independientes.
- Duración de la medición: 5 min c/u.

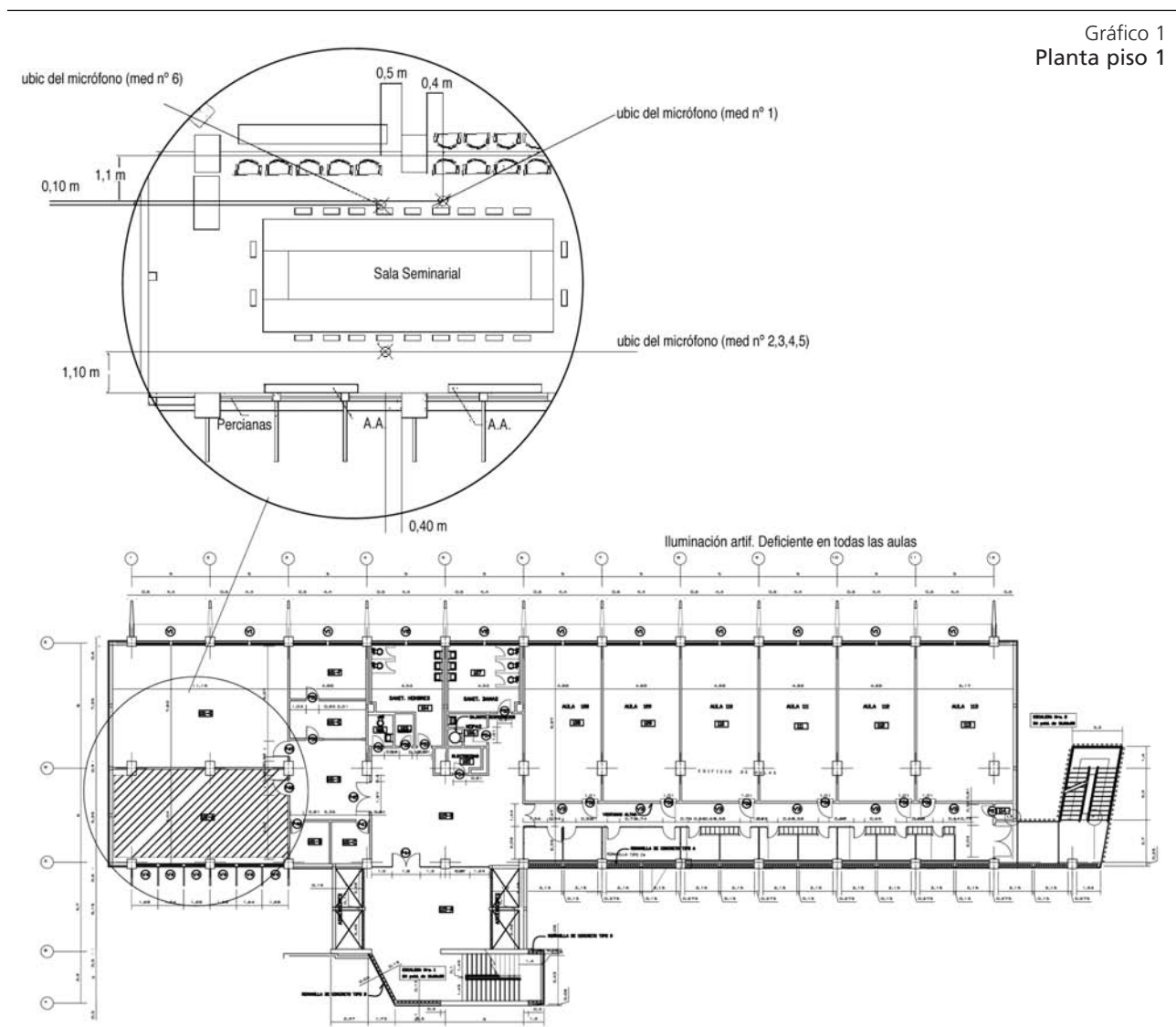


Gráfico 1
Planta piso 1

Fuente: elaboración propia basada en planos suministrados por el Departamento de Servicios Generales de la FAU.

Analizando las gráficas se observa que el nivel de ruido aceptable para un salón de clases debe estar en un rango entre 40 dBA y 55 dBA, por lo tanto, este espacio con el AA apagado está en los rangos aceptados en parte del tiempo, aunque se registró una máxima que llegó a 69,3 dBA excedida del tope máximo permitido.

En las condiciones de AA encendido el nivel de ruido emitido por el mismo equipo (se detecta ruidos por falta de mantenimiento), produce que se sobrepase en todo momento los índice permitidos por lo tanto las posibilidades de audición son muy bajas. En definitiva es un espacio con una baja calidad acústica, no acorde con la actividad docente que en ella se imparte (cuadro 3).

El menor valor del ruido de fondo (L10) con el AA apagado es de 48,9 dB, que cae dentro de los márgenes de tolerancia para salones de clases; sin embargo cuando se enciende cualquiera de las dos unidades de AA, el nivel de ruido supera los 55 dB, considerado como valor máxi-

mo por la Norma COVENIN 1565:1995. Debe observarse que estos valores de ruido de fondo se registraron con la sala vacía y un solo equipo de AA, de manera que cabe esperar que la situación empeorará cuando esté llena de público, con los dos equipos de AA y aún más cuando haya alguna elevación de la intensidad del ruido.

Cabe observar también que los equipos de AA son la fuente más importante de ruido dentro de la sala; además con una pequeña prueba se pudo comprobar que las malas condiciones de los equipos son responsables en gran parte de estos altos valores de ruido, por lo que un buen programa de mantenimiento preventivo y correctivo sería indispensable para mejorar las condiciones de funcionamiento de estos equipos y por tanto de la calidad acústica de la sala.

En ningún caso, con alguno de los equipos de AA encendidos, se puede alcanzar niveles acústicos apropiados para desarrollar con efectividad las funciones de este sala.

Cuadro 3

Medición de la intensidad del ruido en diferentes condiciones. Sala seminarial de Postgrado

Med. N°	Hora de Inicio	Hora Final	Altura micrófono (m)	Eq.	Intensidad (dB)				Condiciones específicas
					Máx.	Min.	L10	L90	
1	5:13 pm	5:18 pm	1.20	51.3	60.3	48	53.7	48.9	AA apagado, ventanas abiertas y cortinas cerradas (uso habitual); ruidos exteriores: estudiantes hablando, carros; avión (min. 5:15). Micrófono: ubicación 1.
2	5:22 pm	5:27 pm	1.20	66.5	67.1	65.6	66.7	66.2	Unidad 1 de AA encendido. Micrófono: ubicación 2. (unidad 1). Micrófono: ubicación 2.
3	5:29 pm	5:31 pm	1.20	64.5	67.7	63.8	64.9	64.2	Unidad 1 de AA encendido. Control parcial del ruido haciendo presión sobre la carcasa; iguales condiciones anteriores. Micrófono: ubicación 2.
4	5:34 pm	5:39 pm	1.20	62.4	67.6	61.3	63.3	61.7	Unidad 2 de AA encendido. Ruidos exteriores: vehículos, helicóptero (min. 5:37); iguales condiciones anteriores. Micrófono: ubicación 2.
5	5:41 pm	5:46 pm	1.20	68.2	69.1	67.6	68.7	67.9	Unidades 1 y 2 de AA encendidas. Iguales condiciones anteriores. Micrófono: ubicación 2.
6	5:48 pm	5:53 pm	1.20	65.4	66.2	64.8	65.6	65.1	Unidades 1 y 2 de AA encendidas. Iguales condiciones anteriores. Micrófono: ubicación 3.

Fuente: elaboración propia.

Caso de estudio:
Sala de conferencias de Postgrado

Medición de la intensidad del ruido en diferentes condiciones

- Norma Aplicada: COVENIN 1565:1995. Ruido ocupacional.
- Ruido de fondo: L90
- Fecha: 07/04/05
- Condiciones generales: aula vacía de público, mobiliario de semi-cuero y madera; paredes de concreto; Cielo raso de cartón comprimido perforado; cuadros decorativos en una de las paredes; piso de vinil. Dos unidades de aire acondicionado que trabajan independientes.
- Duración de la medición: 5 min c/u

La sala de conferencia tiene dos unidades de aire acondicionado. Se realizaron registros en tres condiciones; con el AA apagado; con una unidad de AA prendida y con las dos unidades de AA encendidas.

Analizando las gráficas se observa:

1. Sólo con el aire acondicionado apagado se está en los rangos de dBA aceptados.
2. Apenas se prende una unidad de aire se exceden los índices de confort.
3. Con las dos unidades de AA la situación desde el punto de vista acústico se agudiza.

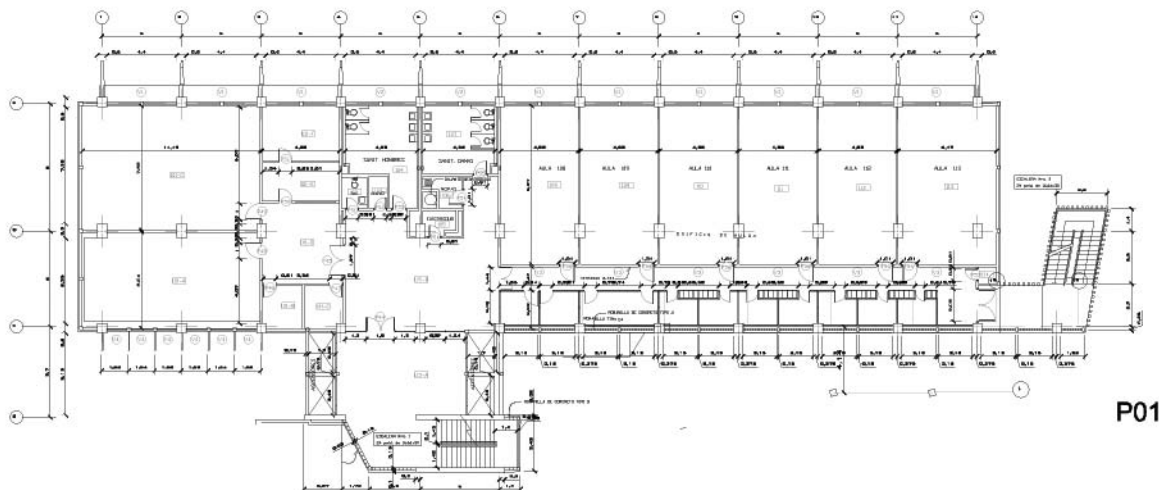
El nivel acústico de este salón es inadecuado y la situación es grave ya que el salón de conferencia funciona continuamente con AA; los usuarios se quejan de no entender lo que se está exponiendo y de agotamiento físico generado por el ruidos. Se requiere el uso de micrófonos para los expositores. Se deberá revisar la instalación y el mantenimiento de los equipos con el fin de mejorar y garantizar la calidad acústica de los ambientes (cuadro 4).

Cuadro 4

Medición de la intensidad del ruido en diferentes condiciones. Sala de conferencias de Postgrado

Med. N°	Hora de Inicio	Hora Final	Altura micrófono (m)	Eq.	Intensidad (dB)				Condiciones específicas
					Máx.	Min.	L10	L90	
1	5:57 pm	6:02 pm	1.20	46.7	55.3	41.2	50.1	42.5	Ventanas semiabiertas y cortinas cerradas (uso habitual); AA apagado; evaporadores de AA ubicados lado exterior; paso Helicóptero 5:59 pm; ruido de gente afuera.
2	6:04 pm	6:09 pm	1.20	64.4	66.2	60.4	65.8	62.7	Unidad 1 de AA encendido.
3	6:10 pm	6:15 pm	1.20	66	67	64.8	66.4	65.4	Unidad 2 de AA encendido.
4	6:17 pm	6:22 pm	1.20	67.4	68.3	65.9	67.9	66.8	Unidades 1 y 2 de AA encendidos.
5	6:23 pm	6:28 pm	1.20	63.6	70.6	62.8	63.7	63.3	Unidades 1 y 2 de AA encendidos. Otra ubicación del micrófono.

Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia basada en planos suministrados por el Departamento de Servicios Generales de la FAU.

Caso de estudio: Aula 108

Medición de la intensidad del ruido en diferentes condiciones

- Norma Aplicada: COVENIN 1565:1995. Ruido ocupacional.
- Ruido de fondo: L10
- Fecha: 22/03/05
- Condiciones generales: aula vacía de público, mobiliario de semi-cuero y madera; paredes de concreto; Cielo raso de cartón comprimido perforado; cuadros decorativos en una de las paredes; piso de vinil.
- Duración de la medición: 5 min c/u

El aula 108, funciona con aire acondicionado por haberse alterado la ventilación natural del salón al tabicar con cubículos el pasillo de circulación del 1er piso, lo cual generó la incorporación de sistemas de AA, disminuyendo así la calidad térmica, acústica y la racionalidad energética de este piso.

Analizando las gráficas de las mediciones se observó lo siguiente (cuadro 5):

1. Cuando la unidad de AA está apagada, es cuando se registraron dBA en los rangos de confort.

2. Cuando se encienden las unidades de AA la situación desde el punto de vista acústico empeora, bajando el nivel de audición y de entendimiento de las palabras, todo afecta la concentración y adquisición de conocimiento de los estudiantes.

Es urgente revisar la instalación y el mantenimiento de los equipos con el fin de mejorar y garantizar la calidad acústica de los ambientes.

Medición de la intensidad de ruido por banda de frecuencia

- Fecha: 22/03/05
- Condiciones generales: aula vacía de público, mobiliario de semi-cuero y madera; paredes de concreto; techo de cartón perforado; cuadros decorativos en una de las paredes; piso de vinil., equipo de aire acondicionado encendido.
- Duración de la medición: 5 min en cada banda
- Observaciones: Debe tomarse en cuenta esta distribución de frecuencias en caso de diseñarse un sistema de amortiguamiento de ruido, especialmente la frecuencia de 1000 Hz para la cual la intensidad es máxima (cuadro 6).

Cuadro 5

Medición de la intensidad del ruido en diferentes condiciones. Aula 108

Med. N°	Hora de Inicio	Hora Final	Altura micrófono (m)	Eq.	Intensidad (dB)				Observaciones
					Máx.	Mín.	L10	L90	
1	1:26 pm	1:31 pm	1.20	43.8	56.7	39.9	47.2	41.6	Aire acondicionado apagado. Luces prendidas.
2	1:32 pm	1:37 pm	1.20	61.7	64.9	60.9	62.6	61.2	Aire acondicionado encendido.
3	1:40 pm	1:45 pm	1.20	69.5	72.2	67.6	69.9	68.5	Aire acondicionado encendido. Otra ubicación del micrófono.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 6

Medición de la intensidad de ruido por banda de frecuencia. Aula 108

Med. N°	Hora de Inicio	Hora Final	Intensidad (dB)	Frecuencia (Hz)
1	1:42 pm	1:47 pm	51.1	125
2	1:49 pm	1:54 pm	58.1	250
3	1:55 pm	2:00 pm	58.1	500
4	2:01 pm	2:06 pm	60.7	1000
5	2:07 pm	2:12 pm	58.5	2000
6	2:13 pm	2:18 pm	59.5	4000
7	2:19 pm	2:24 pm	50.9	8000

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones y recomendaciones

- La calidad acústica de los espacios seleccionados como casos de estudio posee valores muy bajos en relación a las recomendaciones de las normas venezolanas COVENIN. La Sala seminarial, la Sala de conferencias y el Aula 108 requieren una atención especial en relación al mantenimiento de los equipos de aire acondicionado, que en su condición actual producen un alto nivel de ruido que dificulta la buena comprensión de la palabra.
- La calidad acústica de los espacios cercanos al hall de ascensores del piso 1, y de todas las áreas de oficinas y de aula cercanas, se ha visto afectada negativamente por los cambios introducidos en el sistema de aire acondicionado del auditorio. Éste, al ser instalado sobre la losa del techo del piso 1, ha introducido niveles de ruido que superan los valores aceptables de 40 -55 dBA para salones de clase, y de 42 dBA para salones de reuniones. Esta situación afecta particularmente el trabajo de docente y administrativo de la Dirección de Postgrado de la FAU.

Se recomienda:

1. Revisar con carácter de urgencia la instalación y el mantenimiento de los equipos de aire acondicionado del 1er piso y del Auditorio con el fin de mejorar el nivel de ruido que generan actualmente y así garantizar la calidad acústica de los ambientes.
2. Extender este estudio de los niveles de ruido a otros espacios de la FAU y a otras condiciones no cubiertas aquí. Por ejemplo, debe completarse el estudio de todas las salas anfiteátricas, pues no se pudieron realizar las mediciones con los equipos de AA encendidos por encontrarse en mantenimiento. Es importante esta tarea pues son salas muy utilizadas para clases y conferencias de pre y postgrado, y representan por tanto una buena posibilidad de servicios docentes y de extensión.
3. Estudiar con mayor profundidad la calidad acústica de la FAU, ya que es una exigencia fundamental por tratarse de una edificación educativa con aulas de clases, talleres de diseño, salones de conferencias, auditorio y salas anfiteátricas, en los cuales es importante mantener controlados los ruidos y los niveles de audición. La baja calidad acústica afecta el rendimiento estudiantil.

Glosario

Decibel (dB): unidad adimensional que se expresa como 20 veces el logaritmo del cociente de la presión sonora entre la presión de referencia. Para mediciones de ruido en aire la presión referencial es de 20 micro pascales. El decibel es utilizado para describir niveles de presión, de potencia o de intensidad sonora.

dBA: Nivel de sonido en decibeles leídos en escala A de un medidor de niveles de sonido (sonómetro). La escala A no diferencia las frecuencias muy bajas (al igual que el oído humanos) y por lo tanto es mejor utilizarla para medir los niveles generales de sonido.

Fuente Fija: la fuente fija se considera como un elemento o un conjunto de elementos capaces de producir emisiones de ruido desde un inmueble, ruido que es emitido hacia el exterior, a través de las colindancias del predio, por el aire y/o por el suelo. La fuente fija puede encontrarse bajo la responsabilidad de una sola persona física o social.

Nivel de Presión Sonora (NPS o SPL): Se expresa en decibeles (dB) y se define por la siguiente relación matemática:

$$NPS = 20 \text{ Log } (P/Po)$$

Donde:

P: valor eficaz de la presión sonora medida.

Po: valor eficaz de la presión sonora de referencia, fijado en $2 \times 10^{-5} \text{ [N/m}^2\text{]}$

Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPSeq o Leq): Es aquel nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A, que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total (o dosis) que el ruido medido.

Nivel de Presión Sonora Máximo (NPS imax o Lmax): Es el máximo Nivel de Presión Sonora registrado durante un período de medición dado.

Nivel de Presión Sonora Mínimo (NPSmin o Lmin): Es el mínimo Nivel de Presión Sonora registrado durante un período de medición dado.

Nivel de Presión Sonora Peak (NPSpeak): Nivel de presión sonora instantánea máxima durante un intervalo de tiempo establecido. No debe confundirse con NPSmáx, ya que éste es el máximo valor eficaz (no instantáneo) en un periodo dado.

Respuesta Lenta o Show: Es la respuesta del instrumento de medición que evalúa la energía media en un intervalo de 1 segundo. Cuando el instrumento mide el nivel de presión sonora con respuesta lenta, dicho nivel se denomina NPS Lento. Si además se emplea el filtro de ponderación A, el nivel obtenido se expresa en dB(A) Lento.

Ruido de Fondo: Es aquel ruido que prevalece en ausencia del ruido generado por la fuente objeto de evaluación.

Ruido Estable: Es aquel ruido que presenta fluctuaciones del nivel de presión sonora inferiores o iguales a 5 dB(A) lento, durante un período de observación de 1 minuto.

Se entenderá que un ruido es de tipo estable cuando la diferencia entre el NPSmax y el NPSmin obtenidos durante una medición de un minuto, es menor o igual a 5 dB(A).

Ruido Fluctuante: Es aquel ruido que presenta fluctuaciones del nivel de presión sonora superiores a 5 dB(A) lento, durante un periodo de observación de 1 minuto.

Se entenderá que un ruido es de tipo fluctuante cuando la diferencia entre el NPSmax y el NPSmin obtenidos durante una medición de un minuto, es mayor a 5 dB(A).

Ruido Impulsivo: Es aquel ruido que presenta impulsos de energía acústica de duración inferior a 1 segundo a intervalos superiores a 1 segundo. Se entenderá que un ruido es de tipo impulsivo cuando en el puesto, o en el entorno del puesto de trabajo, se produzcan impactos o sonidos muy breves (con una duración menor a 1 segundo) y de gran intensidad, tales como: golpes, caídas de materiales, disparos, entre otros.

Niveles percentiles: Los Niveles Percentiles, Ln se definen como el nivel de presión sonora que es sobrepasado el n% del tiempo de observación. Los más utilizados son:

- L10. Nivel sobrepasado sólo durante el 10% del intervalo de observación. Es un descriptor del nivel de pico de la señal.
- L50. Nivel sobrepasado durante la mitad del tiempo de medida. Utilizado para calcular algunos descriptores de ruido de tráfico.
- L90. Nivel sobrepasado durante el 90% del intervalo de observación. Indicativo de ruido de fondo de la señal.

Referencias bibliográficas

Código Nacional de Habitabilidad para la Vivienda y su Entorno. CONAVI. (2001) Autores: G. Siem, Maria E. Sosa, M. Hobaica, C. Band, L. Grimaldi et al. IDEC -IU /FAU UCV,

Informe Final Proyecto de investigación titulado; Diagnóstico de las Condiciones de Habitabilidad de un Edificio Patrimonial. Caso: Edificio de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UCV/CDCH. n° PG 02-32-5310-2003. Grupo de investigadores: Arq. Maria E Sosa (responsable), Ing. Geovanni Siem, Arq. Tibizay Aliso, arq. Maria E. Hobaica, Lic. Yuraima Cordova. Colaboradores Ing. Felix Flores, Ing. Maritza Rivas, Arq. Jose A. Rodríguez, Arq, Edwin Acacio y Br Rafael Lopez. Integrantes de la Facultad de Arquitectura y urbanismo y de la Facultad de ingeniería UCV

Norma Venezolana COVENIN 1565:1995. Ruido ocupacional. Programa de conservación auditiva. Niveles permisibles y criterios de evaluación (3ª revisión).

Norma Venezolana COVENIN COVENIN 1671-88. Fuentes estacionarias. Determinación del ruido y Reglamento N° 5 de la Ley Orgánica del Ambiente sobre el control de la contaminación por ruido.

Agradecimientos

Al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH) de la UCV, por el apoyo financiero al Proyecto de Investigación N° PG 02-32-5310-2003.

Al Ing. Félix Flores, de la División de Ambiente, Salud y Trabajo, adscrita al Rectorado de la UCV, por su asesoría para el diseño de los experimentos de medición acústica y su apoyo en la dotación, instalación y manejo de los equipos especializados.

Al Arq. José Arnaldo Rodríguez, Jefe de Servicios Generales de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UCV, por su imprescindible apoyo logístico para el buen desarrollo del trabajo.

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

Augusto J. Márquez
IDEC-FAU-UCV

Resumen

Este trabajo contempla las actividades iniciales de investigación teórica y formulación conceptual de un componente modular prefabricado de concreto sin refuerzo metálico que sirve de sustrato para construir placas de fundación superficial nervadas en dos sentidos y con una superficie multialveolada en su cara inferior que orientan las deformaciones del subsuelo originadas por las arcillas expansivas. La forma de producción es muy sencilla y económica y no requiere mano de obra calificada por lo que resulta adecuada para la fabricación por parte de comunidades organizadas en procura de autoconstruir o autogestionar sus viviendas de forma progresiva.

Abstract

This work presents an initial theoretical research and concept formulation for a concrete-precabricated modular component without metallic reinforcement, good as substratum to build shallow foundation plates with nervures in two directions and a multi-alveolar surface in its inner side, which guides subsoil deformations originated by expansive clay. Its production is very simple and cheap and does not required skilled labour; hence, it is proper for its fabrication by organized communities looking to build and manage their own houses progressively.

Desarrollo conceptual

Este trabajo resume los aspectos fundamentales del desarrollo conceptual de la propuesta tecnológica de un componente modular prefabricado de concreto para la construcción *in situ* de placas de fundación superficial reticular alveoladas a ser empleadas en viviendas de bajo costo sobre terrenos con arcillas expansivas.

En un trabajo futuro se expondrán los resultados y las conclusiones preliminares de las etapas de desarrollo experimental y de factibilidad económica de la propuesta.

Construcción sustentable sobre arcillas expansivas. El caso de Venezuela

Todo proyecto de construcción debe significar un conjunto de soluciones específicas para un problema dado que está vinculado con un terreno en particular, por lo cual debe en parte fundamentar su orientación sobre la base de la interpretación experta de la interrelación entre los estratos del subsuelo y dicha construcción a los fines de permitir su realización física dentro de márgenes aceptables de economía y seguridad, incluyendo la reducción de la vulnerabilidad frente a posibles amenazas geotécnicas.

El área de influencia de las arcillas expansivas en el mundo abarca totalmente la franja tropical y las subtropicales, extendiéndose en el hemisferio occidental aproximadamente entre las líneas medias territoriales de Estados Unidos y Argentina.

Descriptores:

PROTOLOSA; Prefabricado de concreto; Placa de fundación superficial reticular alveolada; Mampostería estructural de bloques de concreto; Vivienda de bajo costo de construcción progresiva; Suelo retro-expansivo.

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN. Vol. 22-II, 2006, pp. 23-33.
Recibido el 30/05/05 - Aceptado el 15/01/07

Un estudio realizado por López et al. (1999) reveló que el monto anual de los daños causados en México por la acción de las arcillas expansivas sobre edificaciones, vías de comunicación, aeropuertos y todo tipo de construcciones, es superior a la sumatoria de los causados en el mismo período por inundaciones, terremotos, huracanes y otros fenómenos naturales.

Según datos referenciales del mismo estudio, esta circunstancia es extrapolable a otros países como Estados Unidos, China, India y otros donde estos registros se cuantifican regularmente.

La lenta y progresiva acción de las arcillas en su proceso de expansión y retracción, vinculado a los niveles de humedad contenida en el subsuelo, carece del impacto y la espectacularidad de las tragedias siconaturales, lo cual ha incidido de manera negativa en su correcta valoración como amenaza potencial.

Según datos aportados por una publicación especializada acerca de la presencia de arcillas expansivas en los estratos del subsuelo en Venezuela (Ugas, 1972), se estima que aproximadamente la mitad de los estados que constituyen el territorio nacional contienen extensas áreas conformadas por suelos de esta naturaleza (cuadro 1, figura 1).

Esta particular circunstancia geomorfológica se torna aún más crítica si consideramos la casi exacta superposición de las mencionadas áreas de suelos expansivos con las zonas de mayor índice de aceleración sísmica en el país (figura 2), así como con las regiones de mayor densidad poblacional, como lo son la Centro-norte-costera y la andina (figura 3).

Según cifras del Fondo Nacional de Desarrollo Urbano (FONDUR), de las 62.000 viviendas unifamiliares y bifamiliares que se estiman fueron construidas en el país bajo el patrocinio de esta institución durante el período 2000-2002, aproximadamente 10% (6.200 unidades) sufrieron daños graves atribuibles a su interacción con los suelos de fundación (cuadro 2), además de otros factores concomitantes, estimándose para el momento los costos de reparación en veinticinco millones de bolívares (Bs. 25.000.000.000), lo cual representa un costo social de sustitución equivalente a haber dejado de construir 2.500 unidades de 55 m² a razón de 10.000.000 de bolívares cada una, lo cual se ajustaba perfectamente a los precios y regulaciones gubernamentales de la época. Esto sin contar costos indirectos como demoliciones, indemnizaciones, reubicaciones, infraestructura urbana dañada y otros, que en su conjunto, sobrepasan con creces la cifra estimada para reparaciones.

Cuadro 1

Estado	Área de influencia	Rango de presión de expansión(Kg/cm ²)
Anzoátegui	Barcelona	1,0 - 2,5
	Puerto La Cruz	1,0 - 2,5
Apure	San Fernando	0,2 - 5,0
Aragua	Maracay	0,6 - 1,1
	Villa de Cura	1,7 - 3,4
Carabobo	Valencia	2,0 - 6,0
Falcón	Coro	1,3 - 25,5
	Mirimire	3,3 - 5,4
Guárico	Altagracia de Orituco	1,3 - 6,0
	Calabozo	4,0 - 8,0
	El Saco	3,8 - 5,6
	Tucupido	3,8 - 5,6
	Valle de la Pascua	1,7 - 14,0
Lara	Zaraza	0,5 - 8,7
	Barquisimeto	4,0 - 12,0
Miranda	Carora	6,0 - 12,0
	Guarenas	0,0 - 2,5
	Ocumare del Tuy	1,0 - 2,0
Nueva Esparta	Santa Teresa del Tuy	1,0 - 2,0
	Porlamar	6,0 - 10,0
Táchira	Peracal	6,0 - 15,0
	San Cristóbal	6,0 - 15,0
	Táriba	0,7 - 2,0
Zulia	Cabimas	0,4 - 0,5
	Casigua El Cubo	3,0 - 7,0
	Maracaibo	1,9 - 17,0
	Puerto Altagracia	0,0 - 8,0

Figura 1



Figura 2

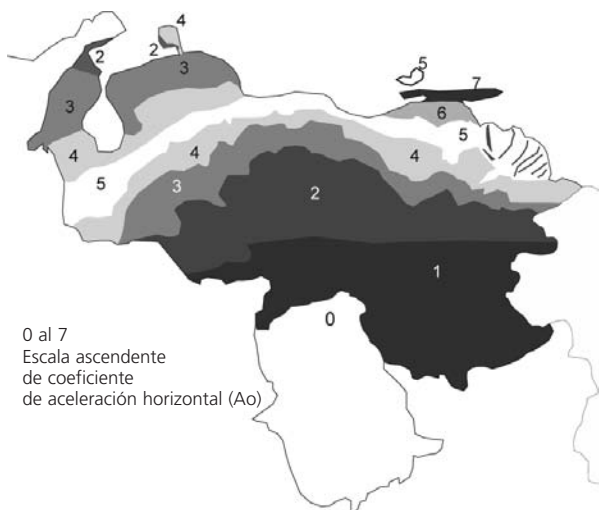


Figura 3



Cuadro 2
Viviendas dañadas por problemas geotécnicos

Asentamiento	Estado	Nº de viviendas
El Portal de Los Morros	San Juan / Guárico	440
Urb. Cotoperíz	Los Bagres / Nueva Esparta	1.174
Nuestra Sra. de la Caridad	San Sebastian de los Reyes / Aragua	280
Las Tienditas	Ureña / Táchira	270
Paraíso del Tuy	Sta. Teresa / Miranda	274
Brisas de Macuto	Sta. Lucía / Miranda	270
Altamira	El Rodeo / Miranda	119
Virgen de Coromoto	Guanare / Portuguesa	530
La Granja	Guanare / Portuguesa	155
Villa Tamare	Municipio Mara / Zulia	416
La Blanquilla	Pta. de Piedras / Nueva Esparta	142
Yuleska	Barcelona / Anzoátegui	246
Campo Morichal	Pta. de Mata / Monagas	364
La Campereña	Municipio Biruaca / Apure	244
Nuestra Sra. del Valle	Barinas / Barinas	100
El Caujaro Lote "E"	Maracaibo / Zulia	200
Los Manguitos	Valles del Tuy / Miranda	431
Doña Alicia Pietri	Aguasanta / Trujillo	460
La Florida II	Anaco / Anzoátegui	300

Construcción sustentable con concreto armado en Venezuela

Otro aspecto que resulta de vital consideración es el hecho de que en Venezuela el empleo del concreto armado es uno de los recursos tecnológicos más difundidos en todo tipo de edificaciones, particularmente en las infraestructuras, circunstancia que se ratifica incluso en el ámbito informal de la construcción.

A partir de la emisión de la norma nacional COVENIN 1756-98 de Edificaciones Sismo-resistentes fueron impuestos mayores requerimientos en cuanto a las dimensiones mínimas y el cálculo de los refuerzos metálicos de todos los componentes estructurales de concreto armado, incluyendo las fundaciones, lo que ha repercutido en un incremento directo en el consumo de los materiales empleados en este recurso constructivo (cemento, áridos, acero, madera y agua corriente), los cuales incorporan una elevada cantidad de energía para su producción y asimilación en el ciclo de la construcción, siendo a la vez altos consumidores de recursos naturales no renovables (Cachán, en Águila, 2003).

En el caso de los desarrollos de viviendas de bajo costo de hasta dos pisos edificados en el país, uno de los recursos constructivos más difundidos es el empleo de la placa maciza de fundación superficial elaborada en concreto armado. Esta práctica se ha extendido a pesar de la opinión de algunos autores especializados (Fratelli, 1993) que afirman que desde el punto de vista del consumo de materiales las placas rigidizadas con nervaduras resultan en general más económicas que las placas macizas, debiéndose tomar en cuenta adicionalmente que las primeras presentan un comportamiento más favorable desde el punto de vista de la resistencia estructural.

En el campo del desarrollo tecnológico de la construcción se ha venido trabajando insistentemente, y con relativo éxito, en la elaboración de materiales que puedan sustituir total o parcialmente el uso del concreto armado. "Sin embargo, igualmente constituye un camino posible continuar aprovechando las bondades y la aceptación de este material y tratar de disminuir la cantidad de concreto a utilizar por metro cuadrado de edificación, sobre la base de desarrollar tecnologías innovadoras que, sin disminuir la calidad, consuman menos materiales por unidad de construcción que las tecnologías tradicionales" (Águila, 2003).

En concordancia con lo anterior, esta investigación se centra en conceptualizar, desarrollar, experimentar y evaluar de forma preliminar la factibilidad técnica, constructiva y económica de un componente modular prefabricado de concreto sin refuerzo metálico, que sirva de sustrato

para la construcción de una placa de fundación superficial reticular alveolada, moldeando el perfil de sus nervaduras para ser vaciadas en sitio en concreto armado, constituyendo una opción de infraestructura con ventajas comparativas frente a las técnicas convencionales para fundar sobre suelo con arcillas expansivas la vivienda progresiva de bajo costo de hasta dos pisos.

El desarrollo en profundidad de lo aquí expuesto aparece en el material homónimo que sirviera de Trabajo de Grado de Maestría al autor (Márquez, 2003) y en los informes parciales de la investigación (Márquez, 2000).

Problemática particular de las fundaciones prefabricadas de concreto

La prefabricación de las fundaciones se enfrenta con una serie de circunstancias problemáticas que en gran medida han desincentivado su empleo masivo, tanto en la construcción formal como en la autoconstrucción y la autogestión habitacional. Estas limitaciones vienen dadas por los siguientes factores:

- *Especificidad*: usualmente las fundaciones prefabricadas pertenecen a sistemas estructurales o constructivos específicos, así mismo están calculadas para condiciones particulares de proyecto (coeficientes, cargas y resistencia mínima del suelo preestablecidos). Esto en su conjunto limita o impide su aplicabilidad con otras alternativas constructivas y en otras circunstancias contextuales.
- *Correspondencia estructural*: los distintos requerimientos de vínculo con la superestructura según las particularidades del sistema de soporte (esqueleto portante, plano resistente o mixto), así como de su ubicación relativa en el plano de base (esquina, borde o centro), con frecuencia conduce a la generación de una variada serie de componentes específicos para cada situación en particular. Esto tiende a incidir en una relativa menor eficiencia en cuanto a la estimación y el control de las cantidades de obra y de los inventarios de componentes, así como también en el rendimiento de la ejecución de la obra debido a la diversidad y número de operaciones a ejecutar.
- *Coordinación dimensional*: al igual que en el punto anterior, las diferencias en cuanto a la magnitud de las luces estructurales entre apoyos obligan con frecuencia a generar una variedad dimensional de los componentes prefabricados para fundaciones a fin de satisfacerlas adecuadamente, propendiendo hacia una menor eficiencia en los términos ya explicitados.
- *Peso*: el empleo recurrente del concreto armado como recurso fundamental para su elaboración, el cual com-

bina los pesos específicos del concreto (2.400 kg/m^3) y del acero estructural (7.800 kg/m^3), dificulta la manipulación y el transporte de los componentes prefabricados sin el uso de elementos mecanizados.

- *Comportamiento monolítico*: la forma más común de enfrentar la prefabricación de fundaciones es a través de un sistema de piezas que deben ser ensambladas, constituyéndose las uniones en el punto más crítico a resolver para garantizar el adecuado comportamiento monolítico del conjunto estructural, particularmente frente a la acción de las cargas dinámicas (sismo, vibraciones, movimientos diferenciales del suelo y otras), lo cual en oportunidades limita o impide su aplicabilidad en determinadas circunstancias (amenaza sísmica, geotécnica y otras).

Descripción general de la propuesta

Consiste en un sistema abierto de fundación superficial que debe ser completado en obra con el armado y vaciado con concreto de las nervaduras, siendo compatible con superestructuras tanto de muros como de esqueleto portante, ajustándose a las especificaciones de cada proyecto en particular y a los requerimientos normativos en el campo estructural (figuras 4 y 5). Para ello se basa en un único componente modular prefabricado de concreto sin refuerzo metálico, que por repetición y cambios de posición arroja como resultado inmediato de su empleo en obra aproximadamente el 75% del área de piso ya lista y el molde vacío de la retícula de las nervaduras que

serán armadas y vaciadas en sitio según las especificaciones del proyecto.

El conjunto monolítico del sustrato modular prefabricado y el concreto armado elaborado en sitio propicia el comportamiento rígido de la losa de fundación como recurso estructural para enfrentar los esfuerzos producidos en la interacción con el suelo de arcillas expansivas, conformando a la vez en la cara inferior de la placa de fundación una superficie con múltiples alvéolos que orientan los cambios diferenciales de volumen del suelo.

La propuesta cuenta con todas las ventajas comparativas de los sistemas basados en un solo componente modular en cuanto a su economía de moldes y medios de producción, elemental coordinación dimensional, posibilidad de múltiples configuraciones, eficiente control de inventarios, minimización de desperdicios, calidad uniforme del producto, reducción de ejecuciones en obra, precisa estimación como partida de obra, entre otras.

Estos factores inciden de manera positiva en la estructura de los costos de obra de la propuesta, permitiendo ofrecer una alternativa de losa de fundación superficial técnica y económicamente más eficiente para suelos con amenaza geotécnica que las losas de fundación de concreto armado maciza o reforzada con vigas, y que las técnicas de estabilización electro-química del suelo. Así mismo, su concepción como sistema abierto de fundación superficial parcialmente prefabricada conjura todas las desventajas ya referidas propias de las fundaciones totalmente prefabricadas.

Figura 4

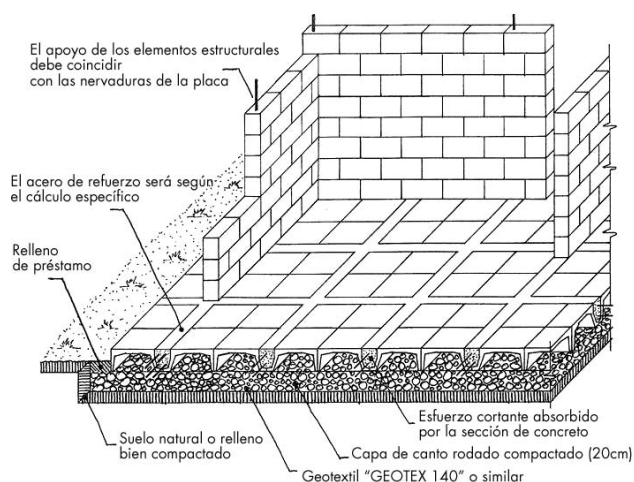
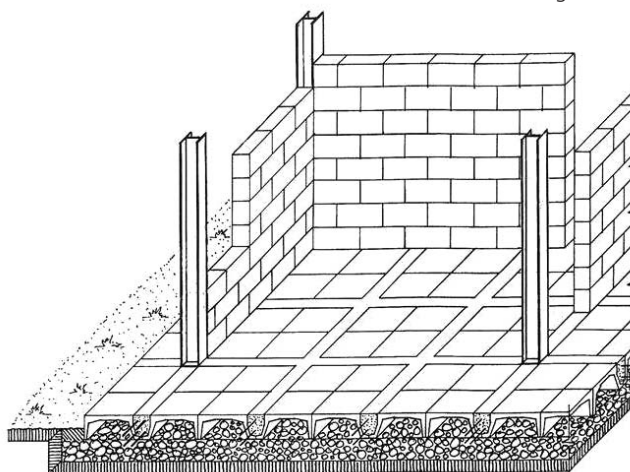


Figura 5



Proceso de concepción geométrica modular

Bajo la premisa de que la propuesta del componente modular busca a través del manejo de la geometría de su forma tridimensional contribuir a la canalización del flujo de las fuerzas internas, así como al más eficiente aprovechamiento del material de elaboración, se estableció que su perfil resistente está basado en el negativo del diagrama de flujo de la sección típica de la cuadrícula bidireccional. Igualmente, con miras a precisar la definición geométrica de dicho perfil resistente, se transitó por el estudio de las superficies cilíndricas tridimensionales en virtud de estar consideradas entre las más eficientes en la relación masa-resistencia y frente al efecto de las cargas axiales verticales, al canalizar el flujo de las fuerzas internas con mínimas reacciones en los extremos que les sirven de apoyo.

Del cruce de las exigencias de la propuesta con las propiedades de las superficies cilíndricas estudiadas derivó la geometría preliminar del elemento modular, correspondiente a una superficie sinclástica de base cuadrada con una dimensión de 0,80m x 0,80m x 0,20m, definiéndose así la trama bidireccional de las nervaduras (figuras 6, 7 y 8).

Del desarrollo y la evaluación de una serie de alternativas de configuración del sustrato de la placa de funda-

ción (figuras 9 a 15) se derivó la propuesta del componente modular que sería ensayada experimentalmente, la cual conjuga las ventajas comparativas de cada una de las anteriores (figuras 16 a 19).

Debido a sus dimensiones y proporciones (0,50m x 0,50m x 0,20m) el componente propuesto permite presumir un peso y maniobrabilidad acordes a la capacidad de trabajo de una sola persona, a la vez de incrementar la distancia entre las nervaduras de la placa de fundación (1,00m x 1,00 m) para un mayor rendimiento de los materiales empleados en su construcción sin sacrificar su eficacia estructural.

Con base en las ventajas comparativas que presenta esta alternativa vinculadas a los aspectos de adecuada configuración geométrica para la prefabricación de la pieza, admisible peso probable y maniobrabilidad, eficiente moldeado del vacío de las nervaduras, mayor rendimiento de la trama bidireccional por unidad de superficie y elevado aporte de área de piso pre-elaborado, se decidió adoptarla como propuesta firme a los fines de ahondar en su desarrollo desde el punto de vista de los aspectos físicos y constructivos, lineamientos de ejecución en obra, lineamientos estructurales y las posibilidades en cuanto al desarrollo progresivo.

Figura 6

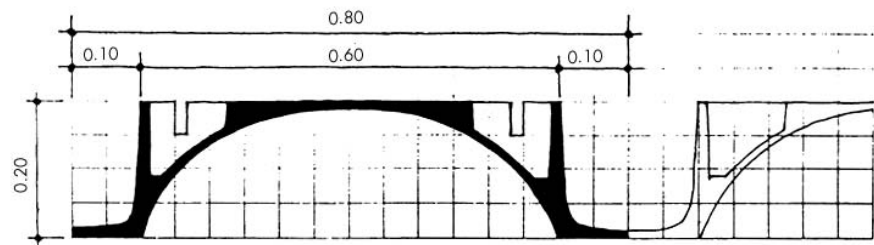


Figura 7

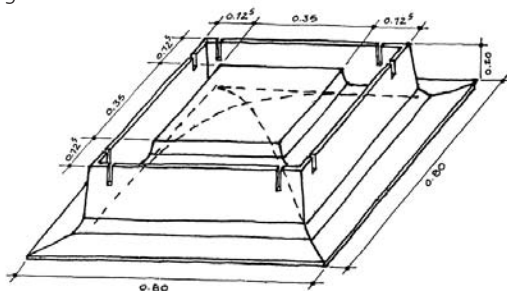


Figura 8

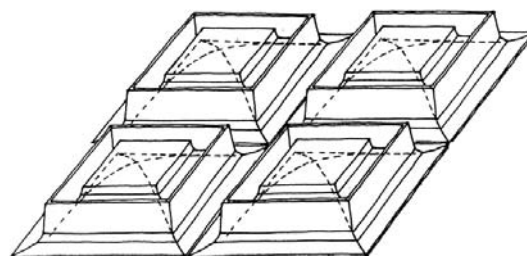


Figura 9

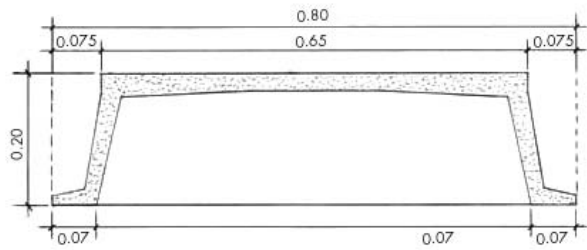


Figura 12

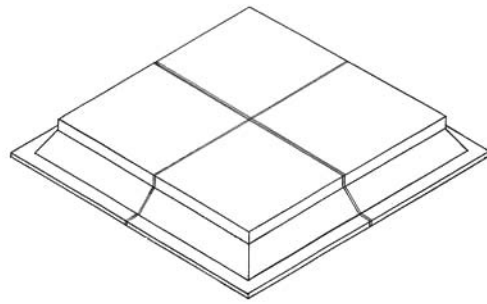


Figura 10

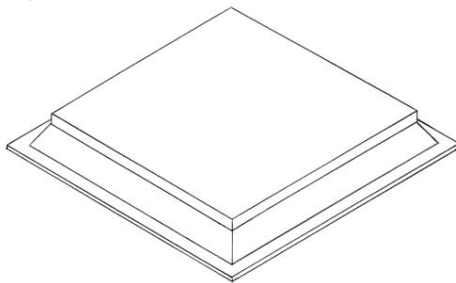


Figura 13

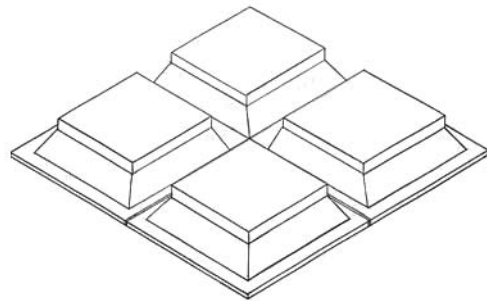


Figura 11

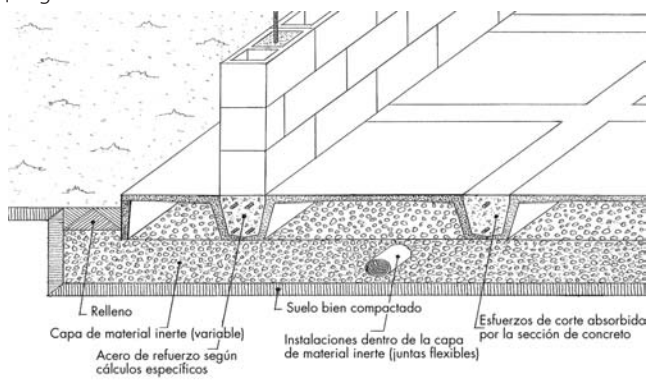


Figura 14

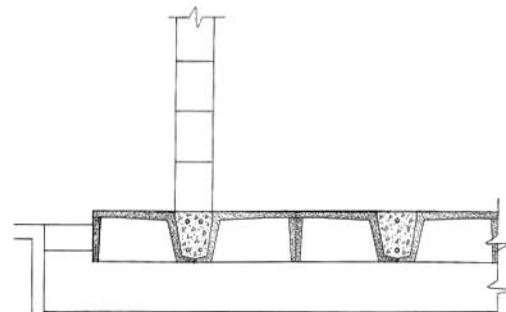
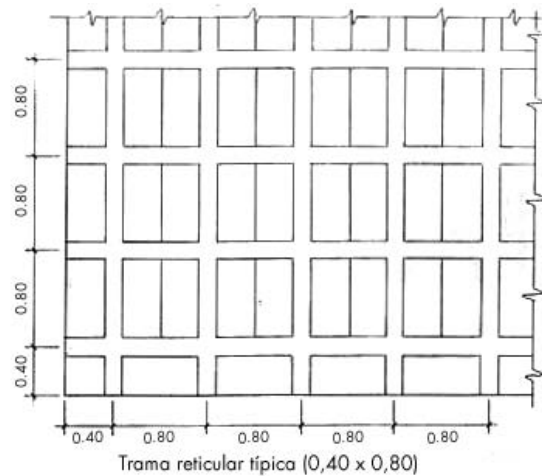


Figura 15



Lineamientos de ejecución en obra

Contempla aspectos de la sana praxis constructiva que contribuyen a la prevención y mitigación de procesos patológicos en la edificación:

- Control del nivel de humedad del suelo de fundación, pues constituye un factor determinante en los cambios diferenciales de volumen, por lo que se plantea el empleo experimental de láminas de polietileno de uso comercial colocadas directamente sobre el terreno, en primer término como un mecanismo de control tanto de la evaporación del agua contenida en el suelo como de la saturación que pueda ocurrir por el efecto de la lluvia o filtraciones, pero también para la confrontación inicial de los esfuerzos de tensión producidos por los cambios volumétricos del subsuelo.
- El enfrentamiento de la placa de fundación superficial con la acción directa de los suelos retro-expansivos incrementa su vulnerabilidad frente a las amenazas de los efectos de los cambios volumétricos diferenciales, por lo que se plantea colocar una capa de material inerte grueso bien compactado para que en el momento de la deformación del suelo sufra un amoldamiento a la misma contribuyendo así, por intermedio de la transformación de la energía cinemática en energía térmi-

ca, a la disipación de las tensiones producidas por dicha deformación.

- El análisis del proceso de nivelación en obra de componentes modulares prefabricados para fundaciones superficiales condujo a plantear una capa de árido fino (arena lavada, ripio, "molido" de Aliven o similar) por encima de la de árido grueso y en contacto directo con la placa, de modo que facilite el ajuste de nivel de las piezas debido a su compacidad y deformabilidad.
- El remanente de los esfuerzos de tensión no contrarrestados por la acción colectiva de los recursos ya descritos será disipado orientando las deformaciones del suelo hacia las cavidades alveolares de la superficie inferior de la placa de fundación reticular, ya que la presión ejercida se dirigirá primordialmente hacia donde encuentre la menor resistencia.

Lo que se busca como comportamiento de la placa de fundación superficial reticular alveolada es que los esfuerzos producidos por los cambios diferenciales de volumen no vulneren su integridad ni se transmitan de forma destructiva a la superestructura y los cerramientos, de modo tal que si el conjunto de la edificación va a sufrir movimiento lo haga como un todo basado en el principio de placa rígida.

Figura 16

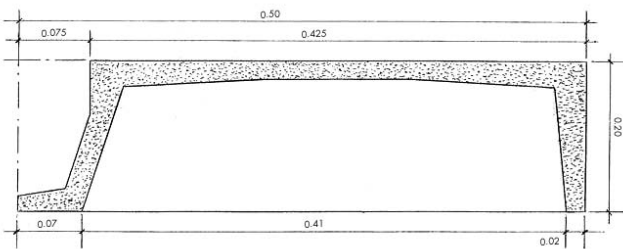


Figura 18

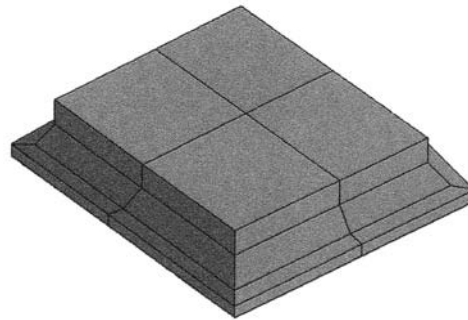


Figura 17

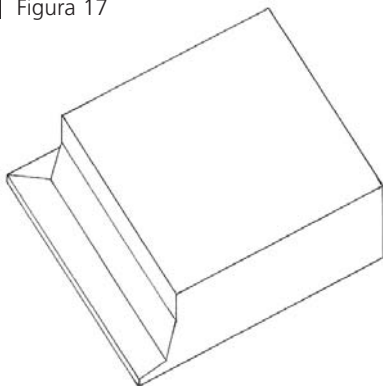
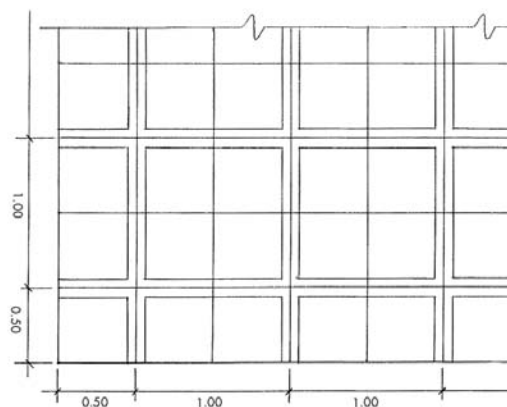


Figura 19



Lineamientos estructurales

Esta propuesta de desarrollo tecnológico se acoge conceptualmente a lo establecido en la vigente norma nacional COVENIN-MINDUR 1753-87 *Estructuras de concreto armado para Edificaciones. Análisis y diseño*, la cual recoge la siguiente definición: "Miembros Compuestos: miembros de concreto formados por elementos prefabricados o vaciados en sitio, construidos en diferentes vaciados, pero interconectados de tal manera que todos los elementos actúen como una sola unidad" (COVENIN, 1987).

Con relación a los mecanismos físico-químicos que intervienen en la interconexión de los elementos que integran la placa de fundación superficial propuesta, se realizaron las siguientes consideraciones:

- Las direcciones relativamente opuestas que presentan los componentes prefabricados, aunadas a la fricción generada por el contacto pleno entre las caras interiores paralelas de dichos componentes, otorgan la resistencia inicial para el equilibrio estable de cada subconjunto de piezas.
- Las nervaduras perimetrales armadas y vaciadas en sitio que limitan cada espacio modular de la retícula, garantizan el comportamiento unitario de la placa de fundación por intermedio de los siguientes principios:
 - La continuidad tanto del acero de refuerzo como de la masa de concreto vaciada en sitio garantiza una traba mecánica rígida alrededor de los componentes prefabricados que impide su desplazamiento horizontal, así mismo constituye el mecanismo resistente fundamental para la descomposición y repartición de los esfuerzos.
 - Entre las superficies de los componentes prefabricados de concreto y la masa de concreto vaciado en sitio, interactúan varios mecanismos físico-químicos que apuntalan el comportamiento unitario del conjunto estructural. Por una parte, la expansión dinámica del concreto vaciado en sitio genera presiones sobre todas las caras externas de los componentes prefabricados que tiende a aumentar la fricción entre sus caras internas paralelas; a la vez estos mismos componentes apelarán a su peso, posición relativa y la fricción de su base con la capa de árido fino, para mantener el equilibrio estable durante el vaciado y fraguado de las nervaduras. Adicionalmente se produce un proceso de adherencia superficial entre los componentes prefabricados y el concreto vaciado en sitio por intermedio de varios fenómenos: traba mecánica superficial a nivel de micro poros, fuerzas de atracción entre partículas coloidales, así como también uniones moleculares de tipo iónico y covalente.

Otra circunstancia a considerar es que el empleo eficiente de esta placa de fundación superficial requiere asumir desde el inicio como una determinante ineludible del proyecto al patrón dimensional de la retícula de las nervaduras, exigiendo cabal coincidencia con los ejes estructurales de la superestructura.

Para el caso en que se emplee un sistema de muro portante deben interactuar los principios estructurales de este tipo de soporte (ejemplo: sumatoria de longitudes equivalentes en ambos sentidos) con los lineamientos de las relaciones proporcionales para el adecuado comportamiento bidireccional en la transmisión de las cargas en las placas nervadas ($0,5 \leq L_y / L_x \leq 2$) (Fratelli, 1993), donde L_y y L_x representan los lados de la placa. El incumplimiento de estas relaciones implica que la placa trabajaría como apoyada en su contorno transmitiendo la casi totalidad de las cargas a los nervios perimetrales por flexión, en el sentido de la luz más corta, desperdiándose así el recurso de la trama reticular.

Cuando se trata de superestructuras de esqueleto portante habría que considerar que el comportamiento rígido de la placa nervada bidireccional está condicionado porque la distribución de las reacciones en el suelo sean uniformes, haciendo coincidir el centro de presiones con el baricentro de la base, lo cual a su vez depende de un distanciamiento y una distribución de cargas relativamente uniforme entre las columnas del sistema estructural.

Otra situación a considerar en cuanto a los lineamientos estructurales se refiere a que cuando los bordes de la placa de fundación son simplemente apoyados, la distorsión provocada por la torsión produce un efecto típico de levantamiento de las esquinas, por lo cual éstas deben ser armadas convenientemente en la sección de $L/5$ (L = mayor longitud de cara); esta armadura debe ser similar a la que se coloca en el centro de la placa, y puede orientarse paralela a las caras o a 45° , sirviendo para absorber los esfuerzos de tracción y compresión resultantes.

El dimensionado preliminar del perfil de las nervaduras se definió con relación a las asesorías especializadas y en función de satisfacer los requerimientos estimados de absorción de los esfuerzos cortantes por la sección de concreto y de la longitud de desarrollo frente a cargas dinámicas, limitada a la modalidad constructiva del doblado ortogonal en la base del acero de refuerzo vertical tomanado como límite superior lo exigido para cabillas n° 4 ($\varnothing 1/2''$).

Por último, se está consciente de que comparativamente con la losa de fundación maciza, plana o reforzada con dentellones, la naturaleza alveolar de la cara inferior de la placa de fundación reticular constituye una condición que desfavorece el empleo del roce superficial

como factor fundamental de sismo-resistencia, por lo cual se plantea como parte del futuro desarrollo de la propuesta su verificación analítica y la evaluación de alternativas que contemplen, entre otras, la sustitución de algunos componentes modulares por vaciado en sitio o el empleo de medios de anclaje que minimicen el riesgo de desplazamiento frente a cargas dinámicas horizontales.

Lineamientos para la progresividad

La propiedad de crecimiento progresivo de esta propuesta de placa de fundación superficial reticular alveolada ha estado implícita como determinante fundamental de su concepción desde el inicio del proceso de desarrollo tecnológico; de allí deriva en parte la definición modular del componente que permite su repetición para darle continuidad al sustrato de cimentación, y así mismo la escogencia de la técnica de construcción que combina la prefabricación con el vaciado en sitio.

Desde el punto de vista constructivo y del adecuado comportamiento estructural, las previsiones a tomar serían las mismas que dictan las normativas que rigen estos ámbitos para los miembros compuestos de concreto armado, las cuales deben ser especificadas desde la circunstancia particular de cada proyecto con el fin de garantizar adicionalmente una consideración integral que incluya los aspectos ya mencionados con relación a los lineamientos estructurales particulares de la propuesta de placa de fundación superficial reticular alveolada.

Desde el punto de vista constructivo y el adecuado comportamiento estructural se deben tomar, entre otras, las siguientes previsiones:

- Preservar las dimensiones normativas y la condición material de las secciones de concreto que permitan el adecuado empalme con los futuros vaciados en sitio de cada una de las etapas subsiguientes.
- Preservar las longitudes normativas de los arranques del acero de refuerzo así como la de los solapes de estos con los de cada nueva etapa a construir.
- Conservar durante las futuras etapas constructivas las relaciones proporcionales y dimensionales ya citadas en vinculación al adecuado comportamiento rígido y la bidireccionalidad en la transmisión de las cargas en las placas nervadas.

- Evaluar la conveniencia de emplear juntas de construcción o dilatación, según sea el caso, así como la posibilidad de emplear recursos constructivos que propicien la continuidad y adherencia entre el concreto endurecido y el nuevo vaciado, como por ejemplo resinas epoxídicas, lechadas de cemento, traba mecánica u otras alternativas acordes a tal fin.

Aspectos físicos y constructivos

Como parte de los procesos paramétricos que se aplicaron con la finalidad de cuantificar magnitudes referenciales de la propuesta, tanto del componente modular como de la placa de fundación superficial construida con él, y establecer relaciones comparativas con otras alternativas constructivas que buscan satisfacer necesidades similares, se obtuvieron los siguientes valores:

Características físicas del componente modular prefabricado:

Módulo base: 0,50m x 0,50m
 Superficie ocupada (S): 0,25m²
 Superficie de piso pre-elaborado (Sp): 0,18m² (72% de S)
 Altura (h): 0,20m
 Volumen macizo del componente (V): 0,016m³
 Volumen de material vibrocompactado (V+ 20%): 0,019m³

Material a ensayar:

Concreto sin armadura (f'c): 210 kg/cm²

Peso unitario teórico del componente modular prefabricado (mayorado):

Concreto de 2.400 kg/m³: 46 kg (184 kg/m²)
 Concreto de 2.000 kg/m³: 38 kg (152 kg/m²)
 Concreto de 1.600 kg/m³: 31 kg (124 kg/m²)
 Concreto de 1.200 kg/m³: 23 kg (92 kg/m²)

Análisis comparativo:

Volumen de concreto vaciado en sitio por m² :
 Losa maciza de 20cm (2 pisos): 0,20 m³/m²
 Losa con dentellones (2 pisos): 0,15 m³/m²
 Placa reticular alveolada propuesta (2 pisos): 0,044 m³/m²
 (Volumen incluyendo el componente modular: 0,063 m³/m²)

A manera de conclusión del desarrollo conceptual

Hasta este punto, y sobre la base de las estimaciones numéricas realizadas, se delinearon los siguientes aspectos concluyentes que apuntan hacia el logro preliminar de algunos de los objetivos planteados con relación a la racionalización del ahorro de los materiales y el proceso de construcción de la placa de fundación:

- Las dimensiones, las proporciones y el peso teórico del componente modular prefabricado entran dentro de los parámetros de acarreo y manipulación por parte de una sola persona, incidiendo favorablemente en la estructura de costos a través del rendimiento de la mano de obra y el requerimiento de equipos.
- El volumen teórico de concreto empleado en la construcción de la placa reticular alveolada propuesta, componente más vaciado en sitio, representa un ahorro significativo de este material con relación a las otras

alternativas analizadas (68,5% menos que la losa maciza y 58% menos que la losa con dentellones).

- Las propiedades constructivas de la propuesta propician el ahorro de otro tipo de materiales al no requerir de encofrado perimetral continuo ni acero de repartición para los esfuerzos de retracción del concreto.
- El enfoque constructivo planteado de prefabricación parcial de un elemento modular único, incide positivamente en la estructura de costos a través del rendimiento de la obra al generar de forma instantánea un alto porcentaje de piso transitable (72%) que facilita las labores del vaciado de las nervaduras y el rápido avance a las etapas subsiguientes de superestructura y cerramientos. Del mismo modo, este rendimiento se ve refrendado con las construcciones simultáneas de la acera y el borde de protección requeridas contra la socavación, y no como obras complementarias a la placa de fundación superficial.

Referencias bibliográficas

- Águila, Idalberto (2003) "Técnica de producción de componentes de concreto y anime para viviendas", *Tecnología y Construcción* n° 19-III, pp. 29-37. IDEC-FAU/UCV, Caracas
- COVENIN (1987) *Estructuras de concreto armado para Edificaciones. Análisis y Diseño*. Norma Venezolana MINDUR-FONDONORMA 1753-87. Caracas.
- Fratelli, M. (1993) *Suelos, fundaciones y muros*. 1ª edición. Bonalde Editores. Caracas.
- López et al. (1999) Un estudio comparativo de la efectividad de diferentes aditivos en el comportamiento expansivo de las arcillas. Mimeo. UNAM, México.
- Márquez, Augusto (2000) Desarrollo de sistema de fundación superficial para suelos potencialmente problemáticos, como una opción para la vivienda de bajo costo. Informes parciales. Mimeo. CDCH/IDEC-FAU/UCV. Caracas.
- Márquez, Augusto (2003) Componente modular prefabricado de concreto para placa de fundación superficial reticular alveolada. Una opción para la vivienda de bajo costo de desarrollo progresivo sobre suelo retro-expansivo. Trabajo de Grado de Maestría. IDEC-FAU/UCV. Caracas.
- Ugas, Celso (1972) *Guía de ensayos de laboratorio de mecánica de suelos*. Facultad de Ingeniería-UCV, Caracas.



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 las 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.

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

Victor Obregón. Escuela de Ingeniería Civil, FI-UCV
Iván Saavedra. Instituto de Mecánica de Fluidos FI-UCV
Melín Nava. FAU-UCV

Resumen

Una de las principales evidencias que ocasiona el deterioro en la CUC es el referido al aumento de problemas asociados al agua como factor de riesgo en el campus. Este trabajo, en avance, establece las bases, a través de la utilización de un modelo matemático, para la instalación de una red de control de niveles freáticos en la Ciudad Universitaria de Caracas. Mostramos aquí los resultados de la fase 1 del subproyecto de Evaluación Hidrogeológica adscrito al Proyecto N° 2001002590 de FONACIT, el cual busca determinar los factores que deben ser controlados para la reducción eficaz de la vulnerabilidad en este sector. Esta fase ha sido implementada en la zona del Estadio Olímpico y ha definido las condiciones del acuífero aquí ubicado, que es uno de los dos que se encuentran en nuestro territorio.

Abstract

One of the main causes of deterioration in Caracas' university campus are the increasing problems related to water as a risk factor. With the help of a mathematical model, this work sets the bases for the installation of a network aiming to control the phreatic stratum. Here we present the results of the phase 1 of the Hydrogeological Evaluation Sub-Project assigned to Project n° 2001002590 of FONACIT, which pretends to establish the factors that should be controlled for the efficient reduction of vulnerability in this sector. This phase has been carried at the Olympic Stadium area, and has defined the conditions of the aquifer located there, one of the two aquifers of our territory.

Antecedentes del contexto de estudio

La Ciudad Universitaria de Caracas (CUC) sobresale como un conjunto autónomo enclavado dentro del centro geográfico de la capital venezolana, rodeado por las principales arterias viales y la serranía del Jardín Botánico. La preservación y reducción de la vulnerabilidad de la CUC, reconocida como Patrimonio Cultural Mundial de la Humanidad por la UNESCO en el año 2000, depende del conocimiento de las zonas de riesgo, sus áreas de incidencia y el impacto de los tipos de amenaza que se identifican en nuestro conjunto arquitectónico.

En 1942 comenzaron los estudios necesarios para la construcción de la nueva Ciudad Universitaria de Caracas, para cuya ubicación se escogieron los terrenos pertenecientes a la histórica Hacienda Ibarra, situada en el valle comprendido entre las colinas al Sur del Parque Los Caobos y antes de la confluencia de los ríos Valle y Guaire. Ya para el año 1944 se inicia la construcción del urbanismo de la Ciudad Universitaria y se contrata la construcción de los edificios de Medicina. El marco urbano fue construido sobre un terreno ubicado a una cota de 870 m.s.n.m. Este conjunto arquitectónico tiene más de ochenta edificaciones y diversos espacios públicos distribuidos en un área de terreno de unas 202 hectáreas, con una cota promedio superior a 20 metros por encima de la cota de la confluencia de los ríos Guaire y Valle.

Considerando fundamentalmente la importancia estratégica que este proyecto tuvo en Venezuela en un momento histórico y la condición de Patrimonio Mundial Cultural que tiene este recinto, debemos abordar el reto de profundizar los estudios necesarios para garantizar de la manera más efectiva las condiciones técnicas de preserva-

Descriptor:

Red de control de niveles freáticos; Modelo de simulación de aguas subterráneas

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN. Vol. 22-II, 2006, pp. 35-42.
Recibido el 21/07/05 - Aceptado el 20/02/07

ción y disminución de riesgos ante eventos naturales que permitan salvaguardar nuestro campus. Es por ello que reviste particular interés la aplicación de medidas correctivas y de preservación que garanticen la conservación del conjunto arquitectónico existente, reduciendo los factores vulnerables del complejo, lo cual representa el gran reto de la Ingeniería. La realización de mecanismos de estabilización y aprovechamiento racional del flujo subterráneo permitirá desarrollar mecanismos ocultos y eficientes en el control de asentamientos de la CUC, construida en un sector de particulares características hidrogeológicas que han sido consideradas.

Dentro del terreno que conforma la CUC, existen varias zonas en las cuales se desea estudiar el posible abatimiento del nivel freático y las posibles manchas de inundación que se originen por el desbordamiento de nuestros ríos cercanos, en el marco del Programa "Estudio de Vulnerabilidad y Gestión de Riesgo" que lleva a cabo el Consejo de Preservación y Desarrollo de la Universidad Central de Venezuela (COPRED). Esto origina la necesidad de conocer y cuantificar características importantes propias del conjunto, entre las cuales se destaca la estabilidad del terreno y las características de las posibles zonas de inundación, ambas vinculadas a una serie de factores entre los que se pueden destacar la topografía, aspectos geológicos y geotécnicos, condiciones hidrológicas y características hidráulicas del comportamiento de los ríos y de los patrones de flujo del subsuelo. Por esta razón se realiza un estudio inicial a escala piloto basado en la aplicación de un modelo de simulación de aguas subterráneas en un sector de la Ciudad Universitaria de Caracas.

Área de interés

El estudio del agua subterránea y superficial es importante para la realización de obras de ingeniería que permitan diseñar los mecanismos para ejercer el control de amenazas por inundación o por contaminación y el aprovechamiento de las aguas subterráneas como fuente alterna de suministro de agua.

De la necesidad de predecir niveles freáticos futuros dado un caso de estudio comercial o industrial, sobre la base de parámetros de explotación, es que intervienen los modelos matemáticos, ya que no se podrían realizar ensayos de bombeo en forma continua sin perjudicar al acuífero o a la inversión económica, puesto que los ensayos cuestan tiempo y dinero.

La importancia del estudio de las aguas subterráneas se basa en la interrelación existente entre ellas y los

suelos que las poseen, ya que a su vez estos mismos suelos pueden soportar estructuras que podrían ser afectadas por la presencia o variación de las aguas. A su vez, estas son una fuente confiable, continua y económica, que no requiere complicados sistemas de tratamiento de potabilización, por lo cual se convierten en una solución alternativa de abastecimiento de agua para consumo humano y riego.

Estos temas sintetizan el interés que este trabajo puede tener para contribuir a la reducción de la vulnerabilidad por inundación y contaminación de acuífero que posee este conjunto urbano universitario, el cual no sólo es la sede de la universidad más antigua del país, sino de uno de los conjuntos de edificaciones modernas más significativo en el mundo actual.

¿Por qué modelaje matemático?

Los modelos matemáticos para estudio de flujo en sistemas a escala de planificación local o regional, permiten estimar el impacto de las acciones ejercidas en cada punto del sistema sobre otros puntos del mismo, a través de las modificaciones de la dinámica del fluido. Mediante la aplicación de tales modelos se facilita la predicción de los resultados de alteraciones impuestas por la actividad humana, cuyo efecto se complica por la interacción entre los procesos que ocurren en los sistemas, siendo entonces dichos modelos de gran importancia en estudios de aprovechamiento hidráulico o de impacto ambiental.

Estos modelos son representaciones simplificadas de fenómenos extremadamente complejos, donde se incorporan las influencias más importantes de acuerdo al propósito del estudio y, mediante la solución de ecuaciones descriptivas del fenómeno extremadamente complejas, las cuales permiten obtener en forma detallada la distribución espacial o la evolución en el tiempo de las variables del sistema estudiado.

La solución se calcula mediante un programa al cual se le introducen los datos de configuración geométrica, las condiciones iniciales y de contorno requeridas para la simulación del sistema físico. Una vez que el modelo ha sido desarrollado y calibrado, constituye una herramienta de gran utilidad para predecir los efectos de cambios introducidos al sistema físico estudiado. La flexibilidad de los modelos numéricos deriva de su facilidad para efectuar de una manera simple modificaciones en la geometría y dinámica del sistema, estudiándose así diferentes escenarios y condiciones de diseño mediante un mismo *software* de simulación.

Modelo de flujo de aguas subterráneas

El desarrollo de modelos para la estimación del patrón de flujo en aguas subterráneas se basa en las ecuaciones que gobiernan este movimiento tridimensional, el cual ocurre bajo la influencia de gradientes de elevación y de presión. Estos modelos representan una gran ayuda en estudios de impacto de obras civiles, ya que permiten, mediante un mismo programa, la evaluación de múltiples alternativas para disminuir la afectación de las obras existentes o proyectadas, permitiendo a su vez evaluar y cuantificar el aprovechamiento del recurso hidrogeológico con fines de abastecimiento humano o riego.

Para la implementación de un modelo de simulación de flujo de aguas subterráneas, surge la necesidad de la obtención de datos actuales y registros históricos de los diversos parámetros involucrados en este fenómeno, por lo cual debemos realizar una serie de mediciones que permitan la obtención de estos valores y así poder contar con los datos necesarios que nos permitan conocer no sólo las características del flujo de las aguas subterráneas, sino también la posible afectación de las mismas a las estructuras aledañas, y a su vez, estudiar la posibilidad del aprovechamiento de las aguas subterráneas presentes en la Ciudad Universitaria de Caracas como una fuente alternativa de agua apta para consumo humano, lo cual permitirá disminuir la vulnerabilidad de nuestra Alma Mater ante los racionamientos de vital líquido.

En este trabajo se presenta la aplicación de un modelo tridimensional de simulación de flujo de aguas subterráneas existente, basado en el Método de las Soluciones Fundamentales. Dicho método no necesita la construcción de una malla de cálculo y su formulación se desarrolla en forma sencilla, a partir de una combinación lineal de soluciones fundamentales situadas fuera del dominio del problema. Los coeficientes se determinan imponiendo condiciones de frontera en los puntos del contorno. En el caso de flujo potencial tridimensional la solución fundamental o función de fuente se expresa como:

$$\Phi^*(\mathbf{P}, \mathbf{Q}) = \frac{1}{4\pi|\mathbf{P} - \mathbf{Q}|}$$

El modelo utiliza un procedimiento de refinamiento adaptativo, basado en conceptos tomados del análisis de regresión lineal múltiple, con una estructura de datos jerárquica para distribuir las fuentes a partir de una distribución gruesa inicial. Estas técnicas permiten alcanzar soluciones rápidas y precisas de los potenciales y sus derivadas normales.

El problema

La Ciudad Universitaria de Caracas se compone de un conjunto de edificaciones y espacios construidos en la década de los cincuenta. A través de los años, se ha ido apreciando una serie de afectaciones en las edificaciones que han motivado a las autoridades responsables de la conservación y preservación de este patrimonio mundial a la caracterización del acuífero existente. Para esto se hace imperativa la obtención de una serie de datos reales correspondientes a diversos parámetros hidrológicos, hidráulicos y geológicos que permitan la aplicación de un modelo de simulación de flujo de aguas subterráneas.

La problemática actual radica en la carencia de datos representativos, que permitan la aplicación adecuada de un modelo de simulación de flujo de aguas subterráneas, el cual a su vez nos permitirá conocer las características del acuífero existente y la posible incidencia de las aguas subterráneas en las estructuras adyacentes, así como también permitirá determinar la capacidad de explotación del acuífero como fuente alterna de suministro de agua apta para consumo humano.

Propuesta

La aplicación del modelo se realiza en forma preliminar en una zona piloto de la Ciudad Universitaria, observando la influencia de los parámetros hidráulicos y geométricos del modelo y de posibles cambios en las condiciones históricas del campus, particularmente los efectos de la extracción de 10 a 20 lps en los predios de la zona piloto. Para poder llevar a cabo el trabajo propuesto se procedió a realizar una serie de visitas de inspección que permitieron evaluar el estado actual de la infraestructura de pozos de abastecimiento, pozos de observación y perforaciones realizadas en la Ciudad Universitaria, así como el estado de la información hidrológica y geológica existente.

Los resultados del modelo permiten evaluar la importancia de los diferentes tipos de data medible para elaborar un plan de instalación de sensores, recopilación de datos y mediciones que permitirán la calibración y aplicación con capacidad predictiva de los modelos de simulación en estudios posteriores. De esta manera podrán crearse planes de seguimiento del comportamiento del agua en el subsuelo de la Ciudad Universitaria en un plazo mayor, con el propósito de estudiar el abatimiento del nivel freático y la utilización de las aguas subterráneas como medio alternativo de suministro de agua potable, así como la conservación de las aguas del subsuelo local en su relación con el acuífero de la ciudad de Caracas.

Se seleccionó al Estadio Olímpico de la CUC como una zona piloto de aplicación del estudio dada la cantidad y calidad de la información disponible de pozos y perforaciones existentes. Se recopiló en este sector la información geométrica y topográfica necesaria para la discretización del contorno y la aplicación simplificada del modelo matemático con una permeabilidad promedio. Las corridas de escenarios permiten diferenciar comportamientos del flujo a partir de la construcción del campus. Se estudia la sensibilidad del modelo a diferentes parámetros y condiciones de borde.

Metodología de investigación empleada

Se realiza una investigación de tipo documental, procediendo a una serie de entrevistas con el personal responsable de la administración y operación del sistema de pozos. A su vez se inicia una campaña de recolección de información y datos históricos sobre todo lo relacionado con aguas subterráneas y superficiales en la Ciudad Universitaria de Caracas, destacándose en esta búsqueda la necesidad de registros de medición de parámetros hidrológicos e hidráulicos, tales como: nivel freático, nivel estático y de bombeo (en los pozos), tirante y caudales (en los ríos), permeabilidad, porosidad, transmisibilidad, estratificación del suelo, precipitación y evaporación, etc.

Se efectúa una serie de visitas de inspección a cada uno de los componentes del sistema de pozos para analizar las características físicas y operacionales de los mismos, aprovechando para realizar un seguimiento de sus condiciones actuales de funcionamiento, así como también se comienza con la medición de los parámetros antes mencionados necesarios para la aplicación del modelo de simulación de flujo de aguas subterráneas.

El modelo de agua subterránea a aplicar en la zona piloto escogida es el desarrollado por el Prof. Iván Saavedra (2002), el cual se basa en la resolución numérica del flujo tridimensional con superficie libre en medio poroso, a través de la aplicación del método de soluciones fundamentales. En la implementación de este método, el movimiento de la superficie libre se expresa como una condición de contorno mixta y se discretiza utilizando interpolación mediante funciones de base radial, a fin de mejorar la resolución del contorno, además se utiliza un método iterativo para efectuar la solución del sistema lineal de ecuaciones obtenidos por la formulación de mínimos cuadrados del método de soluciones fundamentales.

Existe la necesidad de disponer de instrumentos que nos permitan estimar la factibilidad del aprovechamiento rentable y efectivo de las aguas subterráneas que existan

dentro de un acuífero de una región; dichos instrumentos deben permitir recurrir a la explotación de las aguas subterráneas como una fuente alternativa de suministro de agua potable.

Por estas razones y muchas otras no menos importantes se han desarrollado y aplicado técnicas de modelaje matemático cuya función principal es predecir los valores de una serie de variables de las aguas subterráneas existentes en una zona, las cuales dependerán de condiciones hidrológicas, hidráulicas, geológicas y de calidad del agua, existentes en la cuenca donde se encuentra el acuífero a estudiar.

Para la obtención de proyecciones futuras confiables y ajustadas a la realidad, debemos de recurrir a la obtención de valores históricos de todas aquellas variables de las cuales pensemos predecir su comportamiento futuro, así como también a todas aquellas condiciones existentes que afecten de manera directa o indirecta el comportamiento de o las variables a predecir. La obtención de los valores estimados de las variables a predecir, deberán relacionar las condiciones actuales del acuífero en estudio y las condiciones históricas del mismo, para así poder realizar las correspondientes calibraciones del modelo que nos permitan poder predecir de manera fiable el comportamiento del mismo.

Plan de mediciones de flujo de las aguas subterráneas en la Ciudad Universitaria de Caracas

Los procesos hidrológicos varían en el espacio y en el tiempo, y tienen un carácter aleatorio o probabilístico. Como se sabe, la precipitación es la fuerza motriz de la fase terrestre del ciclo hidrológico, y la naturaleza aleatoria de la precipitación hace que la predicción de los procesos hidrológicos dependientes de ella estén sujetos a un grado de incertidumbre relativamente alto si lo comparamos con el comportamiento futuro de edificaciones. Esta incertidumbre genera la necesidad de que las mediciones hidrológicas sean observaciones hechas en el lugar de interés o muy cerca de este, de tal manera que las conclusiones pueden sacarse directamente de observaciones *in situ*.

Hay una gran variedad de fuentes de aguas subterráneas y problemas de contaminantes que involucran la determinación del estado de las aguas subterráneas y la detección o predicción de cambios en el ambiente de las mismas. Los diseños de redes de monitoreo de agua subterránea más aproximados no permiten una formulación rigurosa de los objetivos del monitoreo, por lo cual fallan en considerar la importancia del proceso de controlar el

movimiento de las aguas subterráneas y la migración de los contaminantes de las mismas.

El propósito del diseño de la red de monitoreo de las aguas subterráneas es permitir la obtención de los datos necesarios para la simulación del flujo de aguas subterráneas con optimización para el estudio de las opciones del monitoreo, así como explorar la capacidad y limitantes de las características del acuífero. La meta es determinar cuáles son los parámetros requeridos para la aplicación del modelo, así como también proponer diversas técnicas que permitan su medición aprovechando la infraestructura ya existente, minimizándose la inversión necesaria por parte de las autoridades del COPRED.

Es improbable que con los limitados recursos existentes en la actualidad en nuestro campus, las aproximaciones de una red de medición sean efectivas y eficientes en monitorear el ambiente del subsuelo, por lo cual se proponen el diseño de una red de medición que permita registrar los parámetros requeridos para la implementación de un modelo de simulación, basándose en la experiencia obtenida por la aplicación preliminar de dicho modelo en una zona determinada del campus.

Comenzaremos identificando los parámetros hidrológicos, hidráulicos y geológicos requeridos, destacándose entre ellos el nivel freático en la zona a estudiar, la precipitación, la evaporación, la tasa de infiltración, la geología de la zona y diversas características del suelo como, permeabilidad, porosidad y transmisibilidad.

Se considera fundamental para poder realizar un estudio válido de las aguas subterráneas en una zona determinada conocer la superficie freática de la misma, la cual no es más que el plano imaginario que se genera al unirse todos los puntos de la zona donde se conozca el nivel freático, para lo cual debemos disponer de diversos puntos de medición de nivel, conocidos como pozos de observación. Un pozo de observación es aquel pozo de diámetro menor que el de bombeo, que se construye a cierta distancia con el fin de apreciar las variaciones de nivel del agua en su interior. La profundidad de este pozo es variable y no es necesario que llegue hasta el fondo del acuífero.

Para la ubicación en planta de los mismos, se aplicó la metodología de generación de triángulos, tratando en lo posible de que estos triángulos fueran lo más equiláteros posible, siempre y cuando los posibles puntos de perforación sólo estuvieran ubicados en las zonas verdes (jardines) de la zona de estudio, ya que debemos minimizar el impacto de estos sobre el urbanismo de nuestra universidad.

La frecuencia en el registro o medición del nivel freático en los pozos de observación dependerá de la ubicación y la relación existente entre cada uno de ellos y los pozos de extracción de la zona de estudio, por lo que se

debe destacar que cuanto más cercano se encuentre un pozo de observación de una unidad de bombeo en funcionamiento, la frecuencia en el registro de datos de nivel debe ser menor. Las mediciones de nivel pueden realizarse en intervalos muy variables de tiempo (horaria, diaria, semanal, quincenal, mensual) dependiendo de la necesidad de caracterizar la zona afectada por una unidad de explotación, para cuantificar la influencia de eventos extraordinarios o simplemente para calibrar escenarios diferentes en una misma zona (con y sin bombeo).

Para la determinación de la velocidad y dirección del flujo de las aguas subterráneas en la zona de estudio se propone emplear el uso del método de trazadores, cuya metodología básica de aplicación es bastante sencilla y se basa en introducir una cierta cantidad de trazador en un pozo aguas arriba, y luego se registra el tiempo necesario para que un pulso de trazador alcance un cierto lugar aguas abajo, obteniéndose así la velocidad real. En nuestro caso, se pueden usar sales y/o tintes como los trazadores más convenientes, pero se propone utilizar el cloruro de sodio (NaCl) como trazador, debido en especial a su sencillez de uso y a su bajo costo. Bastante sal se debe agregar para aumentar perceptiblemente la conductividad eléctrica del agua para poder realizar la medición. La cantidad requerida de sal puede ser estimada analizando el agua para la cantidad existente del fondo de sal en el flujo de la medida, estimando la cantidad de flujo que se medirá, y usando datos químicos del manual de las tablas de la conductividad-salinidad.

Para la medición de los parámetros climáticos requeridos para la aplicación del modelo de simulación se cuenta con la estación meteorológica UCV identificada con el número 0538, la cual realiza la medición de una serie de parámetros climáticos cerca de la superficie del suelo. Ella contiene, dentro de una caja con rejillas, termómetros para la medición de temperaturas máxima y mínima del aire cada día, y un termómetro de bulbo seco y mojado llamado higrómetro, para medir la humedad; cerca se localizan los pluviómetros, y una tina o tanque de evaporación. Para la medición detallada de variables climáticas se pueden instalar estaciones especiales en los sitios de muestreo, en las cuales la información puede acumularse y enviarse a través de microondas a una estación de registro central como la existente en la UCV, pero para el caso en estudio, es innecesario la utilización de estaciones especiales, ya que la data existente en la estación UCV es suficientemente representativa para validar su utilización.

Otro factor o parámetro a medir es la cantidad de humedad presente en el suelo, la cual puede determinarse tomando una muestra del mismo y secarlo en un horno. Al comparar el peso del material de muestra antes y después del secado y medir su volumen, se puede deter-

minar el contenido de humedad del suelo. La importancia de realizar la medición de este parámetro en diversos puntos de la zona de estudio radica en la presencia de factores de humedecimiento del suelo, como el uso de aspersores, con los cuales se realiza el riego de los jardines de la Ciudad Universitaria, los cuales son manipulados de manera bastante artesanal en cuanto a los criterios de suministro de agua, lo que genera una posible saturación del suelo, y por ende, un posible aporte a las aguas subterráneas de la zona en cuestión. Se propone realizar la cuantificación de la humedad del suelo en sectores representativos de la zona de estudio, lo que permitirá mejorar la sensibilidad del modelo de simulación a aplicarse en el futuro.

Las mediciones de la infiltración se realizan a través del infiltrómetro de anillo, el cual no es más que un anillo metálico que se entierra en el suelo; se coloca agua dentro del mismo y se registra sus niveles a intervalos regulares de tiempo a medida que el agua se infiltra. Esto permite la construcción de la curva de infiltración acumulada, a partir de la cual se puede calcular la tasa de infiltración como función del tiempo. Al igual que con el parámetro anterior, se propone la medición de la tasa de infiltración

en sectores representativos de la zona de estudio, para que así se cuantifique el aporte generado por esta vía a las aguas subterráneas, recordando que el uso de aspersores para riego de manera no eficiente, sin tomarse en consideración la época del año (lluvia o sequía), puede generar aportes de agua sobrante del riego a las aguas subterráneas.

En una captación de agua subterránea tiene mucha importancia la determinación del coeficiente de permeabilidad, ya que junto al gradiente hidráulico es responsable de la rapidez con que se presenta el fluido a la captación. Existen métodos directos e indirectos para medir la permeabilidad; los métodos indirectos consisten en determinar en el laboratorio la granulometría de las partículas y la porosidad, entre otras exigencias de las fórmulas más o menos empíricas que requieren estos parámetros.

Los ensayos de laboratorio son más económicos que los de campo y útiles en una fase preliminar: se basan en el análisis de muestras tomadas de los acuíferos, y permiten determinar la permeabilidad con un grado de exactitud que poco tiene que ver con la permeabilidad de campo. Esta inexactitud se debe a que: a) la muestra que se extrae del acuífero mediante la perforación, es solamente pun-

Resumen propuesta del plan de mediciones del flujo de las aguas subterráneas en la CUC

Necesidad	Medidas	Observaciones
Medición de nivel freático	Sensores capacitivos con almacenamiento de data	Se propone realizar mediciones de nivel diarias y semanales
Medición de la velocidad y dirección del flujo de aguas subterráneas	Medidores de nivel tipo sonda capacitiva portátil sin almacenamiento de data Empleo de trazadores de sal o de color	Se propone realizar mediciones cuatro veces al año (interestacionales)
Caracterización del suelo	Ensayos de laboratorio que determinen la permeabilidad, tipo de suelo, granulometría, porosidad	Posteriores a la obtención de muestras tomadas durante la construcción de los pozos de observación propuestos
Geología de la zona de estudio	Determinación de la humedad del suelo y la tasa de infiltración Perfiles estratigráficos	Se propone realizar mediciones cuatro veces al año (interestacionales) Efectuados durante la construcción de los pozos propuestos
Estructurales o de mantenimiento de la Red de Pozos de la CUC	Perfiles eléctricos	Efectuados durante la construcción de los pozos propuestos
Variables climáticas	Clausura del pozo de abastecimiento PA-V3 Construcción de cuatro (4) pozos de observación y de abastecimiento	
Calidad del agua	Recuperación física de los pozos de observación y de abastecimiento Medición de la precipitación y la evaporación	Se propone la utilización de los valores promedios de la estación UCV
	Toma de muestras, análisis físico-químicos y bacteriológicos.	Determinación de las características sanitarias y posibilidad de aprovechamiento

Fuente: Obregón, 2004.

tual ante una extensión que es sumamente grande y pudiera ser no representativa de la composición media del acuífero, y b) es casi seguro que al extraer la muestra se producen modificaciones en la colocación, compactación y orientación de las partículas para alterar su porosidad y, consecuentemente, la permeabilidad. Por lo antes expresado y por razones obvias, se debe encomendar a un laboratorio de suelos calificado la recolección de las muestras y la realización de los análisis de laboratorio requeridos para la determinación de las características del suelo que nos interesan como la porosidad (muestras imperturbadas), permeabilidad, granulometría, tipo de suelo, etc.

Evaluación del riesgo por el flujo de agua superficial en la Ciudad Universitaria de Caracas

Bello, López y Courtel (2004) procedieron a realizar un análisis de la Cuenca del río Guaire, que discurre en dirección oeste-este a lo largo del Valle de Caracas, captando las aguas provenientes de numerosas quebradas intermitentes que nacen en la vertiente sur del Ávila y de importantes ríos y quebradas que nacen al sur del valle.

La cuenca del río Guaire tiene un área aproximada de 550 km², la elevación máxima de la cuenca es de 2750 m.s.n.m. en el Pico Naiquatá. El Río Guaire nace en la confluencia de los ríos San Pedro y Macarao en Las Adjuntas; confluyen por su margen derecha las quebradas Caricuao, La Vega, río Valle y quebrada Baruta; mientras que por la margen izquierda confluyen las quebradas Caroata, Catuche, Anauco, Honda, Canoas, Maripérez, Chacaito, Seca, Sebucán, Agua de Maíz, Tócome y Caurimare, las cuales tienen un alto potencial de arrastre.

Desde 1892 se han reportado inundaciones del Valle de Caracas debido al desbordamiento del río Guaire, produciendo daños materiales y en algunas oportunidades la pérdida de vidas humanas, siendo el último reporte en 1980. El objetivo futuro enmarcado en este trabajo es evaluar las potenciales inundaciones en la Ciudad Universitaria de Caracas debido a las crecidas del río Guaire y el río Valle, basándonos en la metodología empleada por los autores anteriormente mencionados.

Para la simulación de inundaciones del río Guaire se procede a un análisis en dos etapas, aplicando sucesivamente dos modelos de flujo, el modelo unidimensional HEC-RAS y el modelo bidimensional FLO-2D.

El modelo HEC-RAS es capaz de simular flujo unidimensional permanente en redes de canales abiertos. Calcula el perfil de agua para régimen permanente gradualmente variado y es capaz de simular flujo subcrítico

co y supercrítico empleado las ecuaciones de Saint Venant en una sola dimensión. Se basa en la solución de la ecuación de energía en una dimensión, adicionalmente emplea la solución de la ecuación de cantidad de movimiento en los casos en que el perfil de agua es rápidamente variado, como por ejemplo resaltos hidráulicos, confluencias y puentes. Asimismo, considera los efectos de obstrucciones debidas a puentes, alcantarillas y vertederos. Este modelo fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos (USCE).

El FLO-2D simula el flujo de fluidos no-newtonianos en abanicos aluviales. El modelo permite determinar los patrones del flujo en topografías complejas, tales como áreas urbanizadas y planicies de inundación de cuerpos de agua, así como el intercambio de fluido entre el canal y la planicie de inundación. El modelo permite considerar flujo de agua y flujo hiperconcentrado de sedimentos, tales como flujo de barro (aludes torrenciales). Como datos de entrada se requiere la topografía digital del terreno, la geometría del canal, valores estimados de la rugosidad del canal y la planicie de inundación, hidrogramas de entrada y/o lluvia y propiedades reológicas de la mezcla agua-sedimento. Este modelo se basa en la solución a través del método de las diferencias finitas de las ecuaciones de Saint Venant en dos dimensiones verticalmente integradas para fluidos no newtonianos.

Se emplea primero el modelo unidimensional con la finalidad de estimar las profundidades de flujo para los gastos máximos de las crecientes de 2,33, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años de periodo de retorno y la mancha de inundación para las distintas crecientes. Los resultados permitirán identificar las zonas críticas, las cuales se analizarán entonces de manera más precisa con el modelo bidimensional. Para facilitar el estudio se puede dividir la canalización en tramos en función de la geometría de la sección y los aportes de los afluentes más importantes. Para estudiar las zonas críticas se emplea el modelo bidimensional FLO-2D, que permite un mayor nivel de detalle de estas áreas y el planteamiento de varios escenarios.

Conclusiones

Se seleccionó la zona circundante al Estadio Olímpico de la UCV como zona de estudio para el modelo de aguas subterráneas, debido a la presencia en sus adyacencias de varios integrantes de la red de pozos de la CUC, recopilándose información geométrica, topográfica y de niveles freáticos necesaria para la aplicación preliminar y simplificada de un modelo de simulación de flujo en medio poroso, con diferentes condiciones de contorno.

Se efectuó la discretización de la zona de estudio seleccionada, definiéndose puntos en la frontera de la misma, ya que el modelo de simulación aplicado se basa en el método de soluciones fundamentales, el cual no requiere la construcción de una malla para la distribución de los puntos y requiere solamente especificar los puntos del contorno sobre los límites del dominio, para posteriormente resolver el sistema de ecuaciones lineales resultantes, que permite diferenciar los comportamientos del flujo en diversas condiciones.

La necesidad de obtención de registros y datos precisos y confiables, de los diversos parámetros requeridos para la simulación del acuífero, se hace manifiesta, en vista de la dificultad existente de realizar proyecciones que se consideren válidas y representativas con los datos actuales.

La posible afectación de las aguas subterráneas sobre las estructuras cercanas a ellas sólo se podrá estudiar después de la aplicación de un modelo de simulación de flujo en medio poroso que permita caracterizar al acuífero en cuestión. Para lo cual se requiere de información hidrológica, hidráulica y geológica válida, específica y actualizada.

El plan de mediciones propuesto no es más que el resultado de la identificación de las carencias en información y datos existentes en la actualidad, las cuales son variables o parámetros que limitan el estudio hidrogeológico del subsuelo de la Ciudad Universitaria de Caracas, y por ende no permiten la correcta caracterización de la zona de estudio y a su vez impiden desarrollar soluciones a las problemáticas de patología estructural y de vulnerabilidad que presentan las edificaciones existentes en la zona de estudio.

La implementación del plan de mediciones propuesto permitirá obtener los datos necesarios requeridos para la realización de estudios hidrogeológicos y sanitarios, que cuantifiquen la disponibilidad de agua presente en el acuífero, así como su posibilidad de aprovechamiento como una fuente alterna de agua apta para consumo humano.

Persiste la necesidad de completar el análisis del flujo superficial, aplicando la metodología elaborada por Bello, López y Courtel (2004) para la zonas aledañas a los ríos Valle y Guaire, recordando que se debe tomar como referencia los valores obtenidos por estos investigadores y realizando un análisis bidimensional de ser necesario, en nuestra zona de posible riesgo para nuestro patrimonio.

Referencias bibliográficas

- Ayala, L. (1982) *Estudio hidrológico del río Guaire - estado Miranda*. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Caracas.
- Bello M. E., López J. L. y Courtel F. (2004) *Impacto y prevención de aludes torrenciales e inundaciones en el Valle de Caracas. Caso: Río Guaire*. Instituto de Mecánica de Fluidos Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Córdova, J. R. (2003) *Estudio hidrológico de la Cuenca del Río Guaire*. C.G.R. Ingeniería, Caracas.
- De Avellán, H. (1977) *Estudio de crecientes en la Cuenca del Río Guaire*. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Caracas.
- Ferziger, J. y Peric, M. (1996) *Computational Methods for Fluid Dynamics*. Springer, Berlin.
- Huyakorn, P. y Pinder, G. (1983) *Computational Methods in Subsurface Flow*. Academic Press, New York.
- Johnston, R. y Fairweather, G. (1984) "The Method of Fundamental Solutions for Problems in Potential Flow", *Applied Mathematical Modelling*, 8, 265-270.
- Nava H., Melín (2002) Información y vulnerabilidad para la preservación del patrimonio arquitectónico. Caso de Estudio: Ciudad Universitaria de Caracas. Trabajo de Ascenso. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Obregón M., Víctor (2004) Diseño de un Plan de Mediciones para el Seguimiento del Flujo de las Aguas Subterráneas en la Ciudad Universitaria de Caracas Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Pérez M., José (2004) Suministro de agua para la Ciudad Universitaria. Trabajo no publicado, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Saavedra C., Iván I. (2002) Método de soluciones fundamentales mejorado para flujo tridimensional con superficie libre en medio poroso. Tesis Doctoral. Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Wiese, R. (1959) Hydrologic for Canilization of Río Guaire (Río Guaire drainage area above Petare, Ministerio de Obras Públicas, Caracas.

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

Carlos Angarita. IDEC/FAU/UCV

Resumen

El artículo está referido a los principales problemas de orden técnico vinculados con la práctica profesional de la ingeniería, la arquitectura y el urbanismo presentes en las urbanizaciones populares promovidas por las Organizaciones Comunitarias de Vivienda (OCV). Se indaga sobre los orígenes de las más notables deficiencias presentes en los estudios previos, los proyectos y las obras, y se efectúan recomendaciones prácticas para evitar su ocurrencia en experiencias similares. En particular se analizan los estudios topográficos, de suelos, servicios de infraestructura y equipamientos urbanos; las características más usuales de los proyectos de urbanismo y vivienda, así como el tratamiento dado a la planificación, la vigilancia y el control de cuatro variables importancia fundamental en el proceso de construcción de las obras: el alcance, los costos, los tiempos y la calidad.

Abstract

This article presents the main technical problems related to the engineering, architecture and urbanism practice in working-class areas promoted by the Organizaciones Comunitarias de Vivienda (Housing Community Organizations). We investigate the evident deficiencies in previous studies, projects and construction sites, and we suggest practical recommendations to avoid similar circumstances. We analyze topographic, soil, infrastructure and urban equipments studies, the most usual characteristics of housing and urban projects, and also the treatment given to planning, vigilance and the control of four variables, fundamentally important in the process of building: extent, cost, time and quality.

Este artículo complementa la divulgación de los resultados del estudio sobre la promoción pública de viviendas populares a través de la figura de Organizaciones Comunitarias de Vivienda (OCV) expuestos en dos textos ya publicados (Angarita y Molina, 2003; Angarita, 2005).

El primero de esos documentos expone el modelo de gestión del Programa de Apoyo a las OCV (en adelante el Programa): sus orígenes, sustento legal, objetivos perseguidos, agentes participantes, la problemática general detectada en su instrumentación y los correctivos aplicados a partir de 1999 en el Instituto Nacional de la Vivienda (INAVI). El segundo se refiere a dos de sus componentes fundamentales: el financiamiento y la asistencia técnica, a partir de la reconstrucción de los hechos y las circunstancias presentes en 18 urbanizaciones construidas entre 1996 y 1999, auditadas por una firma privada de consultoría por encargo de ese Instituto (ORCEN, 2000).

Las páginas que aquí presentamos centran su atención en los problemas relativos a los asuntos técnicos vinculados con la práctica profesional en el campo del urbanismo, la arquitectura y la ingeniería. A partir de los principales elementos de carácter técnico involucrados en el diseño y la construcción de los desarrollos urbanos, se puntualizan las más notables deficiencias encontradas y se indaga sobre las causas de los recurrentes y extendidos errores y/u omisiones presentes en estudios, proyectos y en la organización, conducción y vigilancia del proceso de construcción del urbanismo y las viviendas. El objetivo es alertar sobre los riesgos que estos hechos acarrearán y recomendar acciones para minimizarlos.

Descriptores:

Organizaciones Comunitarias de Vivienda (OCV); Proyectos de urbanismo y vivienda en urbanizaciones populares.

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN. Vol. 21-III, 2005, pp. 43-52.
Recibido el 12/09/06 - Aceptado el 15/11/06

La información que sustenta el análisis proviene de las fuentes identificadas en los dos artículos citados, complementada con la proveniente del estudio viabilidad de las propuestas de desarrollos urbanísticos presentadas por OCV para ser financiadas en el marco de la Misión Hábitat (véase IDEC/ALEMO, 2005) así como de los informes de inspección de un conjunto habitacional actualmente en construcción en el estado Lara¹.

Estudios previos, proyectos y obras

Estudios previos

Son todos los necesarios para decidir sobre la viabilidad técnica, económica y social del desarrollo urbanístico planteado y diseñar los proyectos. Se incluyen aquí los relativos a las afectaciones o condicionantes para el diseño del proyecto: zonificación (usos e intensidad de usos), accesibilidad, riesgos (sismos, inundación, estabilidad), topografía, drenajes, vientos, insolación, suelos y factibilidades de dotación de servicios públicos; situación socioeconómica de los grupos familiares; aspectos legales de la propiedad del terreno (tradicción legal y gravámenes) y estudios económico-financieros de la propuesta.

Como se puede apreciar más adelante, la omisión o elaboración deficiente de cualquiera de los estudios indicados derivan en situaciones que afectan negativamente el curso de los procesos y obstaculizan el logro de los objetivos. Sólo se hará referencia a aquellos cuyas ausencias o imperfecciones tienen manifiestas e importantes repercusiones sobre los asuntos técnicos de los proyectos y las obras.

Levantamiento topográfico

Insumo imprescindible para el diseño del proyecto que debe reflejar las características planimétricas y altimétricas del terreno antes de su intervención. Constituye el documento a partir del cual se estiman los tipos y las cantidades de obras del proyecto de modificación topográfica (cortes, rellenos, botes, préstamos) y se constatan las obras ejecutadas sobre el particular.

Entre los más frecuentes problemas atribuibles a imperfecciones de los estudios topográficos se pueden mencionar los reclamos por superposición de linderos con parcelas vecinas y las divergencias entre contratistas e inspectores sobre las mediciones de las obras de movimiento de tierra ejecutadas.

El primero de los problemas aludidos, aparte de los errores en los levantamientos, es producto de la inexistencia de catastros urbanos actualizados. En cuanto al último, se evitaría si los inspectores de obras efectuaran, antes de la intervención del terreno, revisiones en sitio de los datos contenidos en los levantamientos topográficos para comprobar su veracidad o detectar y corregir las fallas que pudieran presentar, para convenir en un único patrón de referencia, aceptado por todas las partes, a partir del cual se puedan verificar sin lugar a dudas las mediciones de las partidas de movimiento de tierra.

Llama la atención que las obras de movimiento de tierra presupuestadas resulten recurrentemente subestimadas y nunca sobreestimadas. No se dispone de una explicación del porqué de este hecho; puede obedecer a razones como: disminución deliberada de las cantidades de obras para mantener artificialmente los presupuestos dentro de los rangos de costos admisibles para ser financiados; presencia de factores imposibles de prever en la fase del proyecto y que sólo se manifestaron una vez iniciada la construcción; y/o errores en los cálculos del proyecto.

Estudio de suelo

A partir de él se determinan los parámetros de resistencia del suelo (composición y espesores de estratos) y el nivel freático. Aporta información imprescindible para diseñar las propuestas de modificación topográfica, obras de contención de tierra, trazado de vialidad, pavimentos e infraestructura de las edificaciones. Es de naturaleza probabilística, constituye un intento de modelar la geología del sitio y como tal sólo puede ser evaluado una vez sea intervenido el suelo en el proceso de construcción de las obras.

Las propuestas del proyecto determinan el alcance de los análisis de suelos y estos, a su vez, condicionan las soluciones de diseño a ser adoptadas; obviar esta interrelación puede acarrear consecuencias adversas. La urbanización actualmente en ejecución en el estado Lara, arriba citada, constituye un claro ejemplo de ello; el estudio que sirvió de base para el proyecto inicial sólo consideró exploraciones hasta profundidades que resultaron cuatro veces menores a la altura de los banqueos diseñados, además, una vez iniciado el movimiento de tierra, se consiguieron espesores de capa vegetal considerablemente mayores a los previstos. Estos hechos forzaron a elaborar un nuevo estudio que dio como resultado la inhabilitación de parte importante del área destinada en el proyecto para implantar edificaciones por los altos costos de las fundaciones requeridas para ello; también obligó al saneamiento de más

de 30% de la superficie del lote, con el consecuente aumento de las partidas de modificación topográfica, y condujo a la paralización de la obra hasta tanto no fuera reformulado por completo el proyecto de urbanismo.

La existencia de grietas y deformaciones en componentes de cerramiento de las edificaciones, así como el colapso de taludes y muros presentes en algunas de las obras examinadas (ORCEN, 2000), aparte de las posibles compactaciones mal hechas pudieran ser indicativas de ejecutorias sustentadas en análisis de suelo poco confiables o incluso realizadas en ausencia de estos. Es de destacar que para un número significativo de casos no se detectaron en los expedientes de obras evidencias de que se hubieran efectuado estudios de suelo y no es usual que se incluyan en la documentación de las propuestas presentadas para optar a financiamiento (IDEC/ALEMO, 2005).

Dotación de servicios de infraestructura

Estudios comúnmente conocidos con el nombre de "factibilidad de servicios" son realizados por las operadoras de los sistemas de acueductos, disposición de aguas servidas y electricidad de cada localidad para determinar la viabilidad de prestación del servicio que se trate y estimar los costos necesarios para ello. De resultar la provisión de acueductos y cloacas fuera del alcance de las operadoras, es decir, para soluciones independientes de las redes preexistentes, corresponde al promotor inmobiliario –las OCV en nuestro caso– sustentar técnicamente las opciones planteadas y tramitar las certificaciones correspondientes. Las garantías de adecuada dotación de estos servicios se suponen tácitas en las conformidades otorgadas a los proyectos por las municipalidades.

El servicio eléctrico es suministrado invariablemente a través de las redes preexistentes, no así el de agua potable y de aguas servidas, donde son frecuentes las soluciones mediante fuentes propias y plantas de tratamiento (soluciones también frecuentes en las urbanizaciones promovidas por el sector privado; véase: URVIPLAN, 2003). Es de hacer notar que en las indagaciones efectuadas no se encontraron referencias sobre los estudios que debieron sustentar la adopción de éstas últimas alternativas, como: estimación de caudales y tiempos de producción de los acuíferos; características físicas, químicas y biológicas de las aguas; y el impacto de las descargas finales de aguas servidas tratadas sobre los drenajes naturales.

Las soluciones a través de fuentes propias y plantas de tratamiento llevan implícitos considerables riesgos. La experiencia indica que es usual la merma de la producción de los

pozos en menor plazo de lo previsto y, además, que las instalaciones (tanques, equipos electromecánicos, filtros, etc.) se deterioren prematuramente por falta de mantenimiento, de allí que la calidad de los servicios desmejore sensiblemente al poco tiempo de ser habitadas las urbanizaciones. La carencia de un adecuado mantenimiento está motivada en gran medida por la limitada capacidad económica de las familias residentes, lo que les impide sufragar los costos demandados por el funcionamiento de las instalaciones, mención aparte de la poca atención que suele prestársele en el país a tales actividades.

Equipamientos urbanos

Son efectuados por los proyectistas del urbanismo, con base en la normativa aplicable a esta materia, para determinar el tipo y la cantidad de servicios educacionales, asistenciales y recreativos demandados por la implantación de los nuevos desarrollos urbanísticos.

Sin embargo, la provisión de equipamientos siempre se estima de acuerdo con los requerimientos de las urbanizaciones consideradas aisladamente, eludiendo un análisis del contexto que, muy probablemente, obligaría a diferentes y mayores dotaciones. Esto, unido a que la construcción de los equipamientos difícilmente se concreta, conduce a que las nuevas urbanizaciones aumenten las deficiencias de estos servicios en las zonas donde son implantadas. De aquí que, un diagnóstico que trascienda el ámbito exclusivo de los desarrollos y considere el impacto real de los nuevos pobladores en el entorno debe ser imprescindible, y quizá la instancia más adecuada para esto sean las municipalidades. Obviamente, también es imperativo insistir en que sea prioritaria la construcción de las edificaciones y demás instalaciones de servicios comunales requeridas.

Proyecto

En su acepción más general, el Proyecto se define como un conjunto articulado y coordinado de actividades, limitadas en el tiempo, orientadas a la obtención de un producto concreto. Desde esta perspectiva, en la construcción el proyecto comprende todas las actividades que tienen lugar desde su formulación hasta la puesta en funcionamiento de la obra, no obstante, en el medio es usual denominar "proyecto" al diseño básico y de detalles del producto que se trate (edificación, carretera, urbanización, etc.), que sólo cubren una parte de la fase denominada de Planeación y Diseño en el ciclo de vida de un proyecto de

construcción, según los conceptos manejados en la Gerencia de Proyectos². En nuestro caso, el término proyecto está referido al resultado de la actuación coordinada de profesionales de la ingeniería, la arquitectura y el urbanismo, condicionada principalmente por las características del sitio, las reglamentaciones aplicables a dichas disciplinas (leyes, ordenanzas y normas) y los requerimientos del cliente. Se expresa en un conjunto de documentos elaborados bajo los parámetros establecidos por los órganos encargados de su revisión y certificación, que describen el objeto a ser edificado y permiten identificar las obras necesarias para ello y estimar sus costos.

Se debe destacar que por los fines perseguidos, la relación proyectista/cliente usuario (las OCV) debe revestir especial importancia. Sin embargo, la participación de las asociaciones en la toma de decisiones de los proyectos es escasa o prácticamente ninguna. Las vinculaciones de los equipos de profesionales no trascienden más allá de los miembros de las juntas directivas, quienes canalizan las demandas de los asociados. Estas demandas se limitan a las mínimas necesarias para diseñar las propuestas: cantidad de viviendas, sus tipologías (aisladas, pareadas, continuas) y número mínimo de ambientes. En algunas ocasiones son expresadas sugerencias sobre el área mínima de las parcelas y el tipo de materiales a ser empleados en los acabados finales de las edificaciones.

Características más usuales de los proyectos

- Presentan alcances incompletos, en el sentido de que no consideran todos los elementos requeridos para completar a cabalidad los desarrollos habitacionales.
- No existe definición de detalles y especificaciones constructivas.
- Reflejan imprecisiones de importancia en los cálculos métricos.

- Las tecnologías propuestas reproducen las prácticas de construcción comúnmente utilizadas en el país y no incorporan innovaciones espaciales ni constructivas en el diseño del urbanismo y las viviendas.
- No son diseñados para ser ejecutados por etapas.

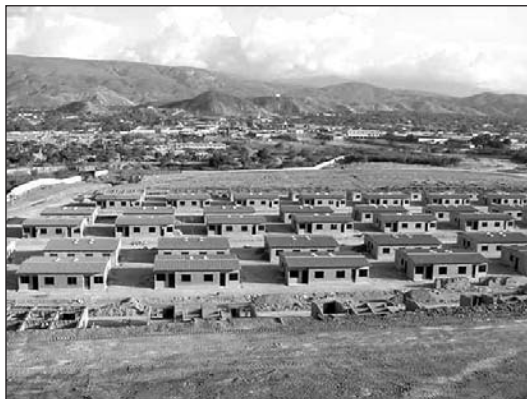
Características más usuales del urbanismo

- No hacen referencia al contexto inmediato.
- Casi sin excepción se adopta la retícula rectangular (tipo "parrilla") para el trazado de la vialidad y los servicios, con acceso vehicular directo a cada unidad de vivienda a través de vías de circulación, empotramientos de cloacas en pares de vivienda y acometidas individuales para la electricidad y el acueducto.
- La solución de implantación predominante es la de extensos terraceos, independientemente de la topografía original del lote de terreno a ser desarrollado.
- Las áreas destinadas para los equipamientos urbanos son usualmente localizadas hacia los bordes del conjunto, en los retazos sobrantes de la implantación de la retícula del trazado.
- El tipo de parcela predominante es la unifamiliar. Es sólo a partir de 2004 cuando se proponen para el Programa soluciones multifamiliares (21% de las propuestas de OCV presentadas para la Misión Hábitat).
- Usual omisión o definición incompleta de las propuestas de incorporación de las urbanizaciones a los servicios de infraestructura, principalmente en lo relativo a fuentes de los acueductos y descargas finales de aguas servidas.
- Omisión de los proyectos de paisajismo y de tratamiento de áreas exteriores.
- Omisión o indefinición de los proyectos de drenajes y de contención de taludes.

Foto 1
Extensos terraceos para la implantación de viviendas



Foto 2
Conjunto de viviendas unifamiliares pareadas



Características más usuales de las viviendas

- Tipología de vivienda: unifamiliar pareada de un solo nivel.
- Espacio social integrado (sala, comedor, cocina).
- Cantidad mínima de ambientes: tres (espacio social integrado, baño, dormitorio).
- Cantidad máxima de ambientes: seis (espacio social integrado, tres dormitorios, dos baños).
- Fundaciones: losa de concreto superficial.
- Estructura: pórticos de concreto armado o de perfiles metálicos.
- Techos: madera machihembrada sobre tubulares de acero.
- Cerramientos verticales: bloques de concreto, ventanas de romanilla de vidrio con mecanismos de aluminio, puertas de lámina metálica.
- Instalaciones eléctricas y sanitarias embutidas.
- Omisión de especificaciones sobre acabados finales de paredes y pisos.
- Cuando fueron planteadas ampliaciones, no pasaron de ser simples adiciones de áreas, expresadas esquemáticamente en planos de planta, sin reparar si la tecnología constructiva propuesta para los núcleos iniciales las haría posible a costos razonables.

Las únicas variaciones significativas en los proyectos de vivienda a lo largo de toda la experiencia del Programa han sido la incorporación de acabados finales a partir de 1999 y el crecimiento del área: entre 20,5 m² y 43,5 m² en el período 1996-1999; entre 55 m² y 70 m² en el período 1999-2002, y entre 55 m² y 112 m² en las propuestas presentadas para la Misión Hábitat, en 2004.

Con base en las definiciones más arriba expuestas y lo acontecido en el Programa, se puede concluir que la mayoría de los proyectos presentados por las comunidades no califican como tales, pues es común que no alcanzen a definir los tipos y cantidades de obras requeridos por los desarrollos y, en consecuencia, imposibilitaban efectuar

estimaciones confiables sobre los costos. Cuestiones esenciales del urbanismo como, por ejemplo, las incorporaciones a las redes de servicio o las plantas de tratamiento de aguas, casi nunca fueron diseñadas.

Es así como, obligados por las indefiniciones y deficiencias en ellos contenidas, los proyectos de las OCV, en especial los relativos al urbanismo, con frecuencia devienen en una forma impropia de proyecto-construcción³, que perturba el curso de los procesos de las obras y acarrea nocivas consecuencias en cuanto a tiempo y costos. Entre las más notables encontramos que: los presupuestos resulten insuficientes; los montos de las obras adicionales (extras, complementarias y nuevas) obliguen a la disminución de cantidades en las partidas presupuestadas, luego del agotamiento de la partida de variación de precios⁴; los desarrollos, parcialmente o en su totalidad, sean paralizados a la espera de la definición de algún elemento de importancia; y se alarguen indefinidamente los lapsos de ejecución.

Preocupa constatar que las deficiencias mencionadas todavía persistan, como lo confirman los resultados del análisis sobre la factibilidad de 184 propuestas de desarrollos habitacionales presentadas ante el Consejo Nacional de la Vivienda en el marco de la Misión Hábitat (IDEC/ALEMO, 2005). De estas propuestas, 43 (23,4%) correspondieron a OCV, y la situación encontrada se resume como sigue:

- 4 (9,3%) presentaron toda la documentación necesaria para el análisis y fueron consideradas viables;
- 14 (32,6%) requerían completar la información aportada y efectuar ajustes y/o correcciones en los proyectos a los fines de determinar su viabilidad.
- 25 (58,1%) presentaron tales deficiencias en la información aportada que se consideraron inviables. Entre ellas, 14 (32,6% del total) no pasaban de ser planteamientos muy generales sin ningún soporte.

Foto 3
Estructura en perfiles metálicos



Foto 4
Estructura en concreto armado



- 30 (69,8%) no consideraban equipamientos comunales.
- En 26 (60,5%) no constaba que hubieran participado profesionales en su elaboración.

Construcción

Comprende todas las actividades que tienen lugar en el sitio de la obra. En esta fase intervienen diferentes agentes, con roles claramente diferenciados:

Al ente público, como coordinador general del programa en su conjunto, le corresponde la administración, supervisión y el control general de la producción, así como concertar las actuaciones del resto de los agentes involucrados.

La empresa contratista general de las obras es la encargada de la planificación, programación y ejecución del proceso de trabajo. Además, le concierne decidir y coordinar la participación de las empresas subcontratistas encargadas de trabajos parciales (Angarita, 1990, pp. 17-18). Su actuación está determinada por los términos contractuales y la normativa aplicable.

Los inspectores de obras, actuando por delegación del ente público operador del programa y la comunidad organizada (las OCV), tienen sus actividades definidas en las Condiciones Generales de Contratación y en los contratos particulares respectivos.

Las OCV, como suscriptores de los contratos de obras con las empresas, ejercen el papel de contralores sociales. A lo largo del proceso de construcción deben interactuar con el resto de los agentes en la toma de decisiones. La contraloría social se interpreta como el seguimiento y control de los aspectos administrativos involucrados en las contrataciones, así como la fiscalización y vigilancia de la ejecución de las obras.

Nuestras apreciaciones están centradas en el tratamiento dado a la planificación, la vigilancia y el control de cuatro variables de incidencia fundamental en el proceso de construcción: alcance, costos, tiempos y calidad. En estas tareas comparten responsabilidades los cuatro agentes mencionados pero, indudablemente, la mayor carga recae en el ente público ejecutor y los inspectores de obra.

Alcance

Se refiere a la identificación de los productos concretos necesarios para cumplir con los objetivos planteados y supone una razonada toma de decisiones sobre qué es prioritario y qué es accesorio acometer con los recursos disponibles.

El agente encargado de la gerencia de la producción, el ente público en nuestro caso, debe precisar el alcan-

ce del proyecto y asegurar los recursos técnicos, humanos y financieros requeridos para lograrlo en las condiciones de tiempo, costo y calidad requeridos. Durante el proceso de construcción le corresponde evaluar continuamente la posibilidad de obtención de los resultados esperados, decidir sobre la pertinencia de cambios en el alcance inicial y autorizarlos de ser necesarios, reprogramar las metas originales y estimar los efectos de estas reprogramaciones en los costos y tiempo establecidos en los contratos. Además, debe informar oportunamente sobre las decisiones tomadas y sus consecuencias a los interesados (las OCV).

Varios hechos evidencian el descuido que el ente público presta a esas obligaciones, entre los más notables vale destacar que delega la toma de decisiones sobre las modificaciones de alcance en las contratistas y los inspectores, sin verificar previamente si son las más adecuadas; permite que la reducción de metas de los proyectos sobrevenga por la merma de los montos aportados, sin garantizar la provisión oportuna de los recursos demandados por las características técnicas y de escala de las obras; no intenta diseñar una estrategia de alcances parciales sucesivos, lógicamente programados conforme a las disponibilidades presupuestarias, hasta lograr la conclusión de los urbanismos y las viviendas o, al menos, las mínimas condiciones de habitabilidad para su ocupación.

En general, los alcances no se cumplen, principalmente porque:

- Los proyectos, como se ha mencionado, son incompletos.
- Los presupuestos siempre resultan insuficientes.
- No se establecen prioridades. Persistentemente prevalece el concepto equivocado de avanzar en la construcción de las viviendas, dejando para el final aspectos fundamentales del urbanismo, como las incorporaciones a los servicios básicos de infraestructura, por ejemplo.
- Las fases de ejecución con frecuencia contravienen el curso lógico de los procesos de trabajo de las obras. Al fraccionar la construcción de las urbanizaciones en sectores "completos", se desaprovechan las ventajas en cuanto a tiempo y costos derivadas de las articulaciones secuenciales orgánicas entre trabajos parciales de importancia y al interior de los mismos, como, por ejemplo, las que existen entre la modificación topográfica, la construcción de la infraestructura y el izamiento de la estructura (sobre las secuencias y tipos de articulación de los procesos de trabajo en las obras de construcción, véase INCOVEN, 1987). Así, cada etapa es un nuevo comienzo de trabajos hace tiempo interrumpidos, y a veces a cargo de otras empresas distintas a las iniciales.

Tiempo

El tiempo de construcción está precisado en los contratos de obras y se detalla en los cronogramas de ejecución anexos a los mismos. Todos los cronogramas revisados no pasaron de ser diagramas de barras muy elementales, e invariablemente presentan las siguientes características:

- Descripción muy general de actividades, agregadas por capítulos que engloban numerosos procesos parciales de trabajo, usualmente, en lo relativo a las viviendas: infraestructura, estructura, albañilería, instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias y acabados finales; y en lo relativo al urbanismo: movimiento de tierra, viabilidad, drenajes, electrificación, acueductos y cloacas. Los tiempos de ejecución sólo están referidos a estas macro-partidas, sin considerar los sub-procesos y productos parciales en ellas implícitos.
- Tratamiento de la construcción de las viviendas y el urbanismo por separado, obviando las evidentes interrelaciones que existen entre ambas.
- Ausencia de identificación de secuencias y del tipo de relaciones de precedencia entre las actividades y entre los productos parciales (por ejemplo, la secuencia entre la culminación del trabajo parcial "conformación de terrazas" del capítulo movimiento de tierra, y el inicio de las excavaciones para las fundaciones de las viviendas, del capítulo fundaciones, constituye una relación de precedencia directa entre productos y trabajos parciales).
- Ausencia de identificación de hitos clave en el proceso general de trabajo.
- Indefinición de fechas de inicio y entrega de productos parciales de importancia.

Lo mencionado es indicativo de que no son empleados métodos y técnicas apropiados para elaborar y controlar las programaciones, lo que indudablemente contribuye al incumplimiento de los lapsos contractuales. A pesar de las repetidas paralizaciones de las obras, previo a los reinicios rara vez se efectúan las modificaciones necesarias en los cronogramas iniciales.

En definitiva, las actividades de programación, seguimiento y control de las ejecuciones no reciben la consideración debida, lo que imposibilita disponer a tiempo de información cierta sobre el avance físico y financiero de las obras para tomar decisiones acertadas sobre prórrogas, disminuciones de metas y rescisión de contratos por incumplimientos manifiestos de las empresas, entre otros elementos de importancia.

Costos

El costo de la obra se establece en los contratos y se detalla en sus anexos: presupuestos y análisis de precios unitarios. También acompañan a los contratos los cronogramas de desembolsos, que señalan el flujo estimado de los costos a lo largo del tiempo de ejecución, con el fin de que sean tomadas las previsiones para garantizar el apropiado financiamiento de la obra.

Todos los cronogramas de desembolsos analizados adoptan la forma de distribución lineal de los costos a lo largo del tiempo de construcción, es decir, prevén desembolsos por montos directamente proporcionales al tiempo transcurrido. Esta forma lineal luce adecuada para las obras de urbanismo, donde, por la naturaleza técnica de los procesos de trabajo involucrados, los factores de producción fluyen uniformemente en el tiempo, mas no en la construcción de las viviendas, donde es típico el flujo irregular de los costos en el tiempo (INCOVEN, 1986 y 1987).

Los montos de los presupuestos equivalen invariablemente a los determinados como máximos a ser financiados por el ente público. Es importante mencionar que los métodos de estimación de costos empleados por el ente público y las empresas son diferentes, y desiguales sus resultados. El primero los estima globalmente a partir de la unidad de vivienda y de parcela urbanizada y por analogía con obras similares previamente ejecutadas, y las segundas por sumatoria de partidas y precios unitarios. Resulta entonces que las ofertas comúnmente sobrepasan los montos máximos establecidos para ser financiados, principalmente porque los incrementos de los precios por la inflación son mayores a los previstos por el ente público, a consecuencia de haber subestimado en sus cálculos los índices reales y/o el tiempo empleado para formalizar las contrataciones⁵. Esto obliga a un proceso de ajuste de las ofertas hasta hacerlas calzar dentro de los topes prefijados, para lo cual, habitualmente, se aplica la disminución de las cantidades de obra iniciales, forzando así a que los urbanismos sean incompletos y las viviendas tengan un área menor y/o con menos acabados.

A los fines de velar por el buen uso de los recursos invertidos y prever las demandas reales de financiamiento hasta la conclusión de las obras, el ente público está obligado a analizar el comportamiento de los costos durante todo el proceso de construcción. Requiere para ello disponer de información veraz y oportuna sobre la afectación del presupuesto por los costos causados y valuados, los aumentos y disminuciones de cantidades en las partidas,

y las obras adicionales. Es preciso también disponer periódicamente de una confiable proyección de costos hasta la terminación de la obra. No acontece así comúnmente, pues la información aportada por los responsables del seguimiento y control de los costos (inspectores de obra y funcionarios) se limita a la revisión, conformación, tramitación y pago de las valuaciones presentadas por las contratistas, sin prestarle atención al resto de las tareas que están obligados a realizar.

Calidad

Está referida a los atributos mínimos que deben presentar los procesos constructivos, sus productos parciales y las obras terminadas en cuanto a sanidad, seguridad, confort y aspecto exterior, entre los más relevantes. Los inspectores de obras son los principales responsables de velar por el cumplimiento de estos atributos, conforme a las atribuciones y obligaciones que les señalan las Condiciones Generales de Contratación para la ejecución de Obras Públicas.

No existen protocolos de aplicación general para encauzar la actuación de los inspectores en el seguimiento y control de la calidad de las obras, muchas de sus actividades se orientan por los principios de "la buena práctica de la ingeniería", sin embargo, en el ámbito de la construcción se considerara que su labor debe incluir, imprescindiblemente:

- La revisión exhaustiva de los documentos del proyecto para detectar posibles inobservancias a normas y reglamentos, carencias, indefiniciones, imprecisiones, errores y/o contradicciones y, de ser así, emprender las acciones para que estas anomalías sean superadas.
- El control perceptivo de los insumos para comprobar que cumplan con las especificaciones del proyecto y del presupuesto.

- El seguimiento constante y sistemático de las ejecutorias a fin de prevenir la ocurrencia de defectos de resistencia, geometría, textura, conexiones, juntas, estanqueidad, colores, etc., en los componentes del urbanismo y las viviendas.
- Garantizar la realización oportuna y adecuada de pruebas en sitio y en laboratorios para verificar el cumplimiento de las especificaciones normativas, entre las más usuales se encuentran: compactación de suelos y pavimentos asfálticos, resistencias del concreto y presiones de tuberías de agua potable y servidas.

Ciertas situaciones reveladas de manera recurrente en los expedientes e informes de inspección revisados, en las visitas efectuadas a obras terminadas y en ejecución, y en los testimonios aportados por los miembros de las asociaciones civiles son indicativas de la falta de rigor que existe en el control de la calidad de las obras. Entre las más importantes encontramos:

- Ausencia de referencias a los proyectos, lo que hace suponer que no son emitidas observaciones sobre los mismos a pesar de sus patentes deficiencias, o que simplemente no fueron revisados con sentido crítico. En el único caso donde pudimos constatar que la inspección contratada emitiera un informe de evaluación del proyecto, fue en el del desarrollo "Villa Productiva", mencionado al inicio.
- Ausencia de identificación de la plantilla de personal profesional y técnico adscrito a las labores de inspección.
- Ausencia de reportes periódicos del estado físico de la obra (sólo encontramos fotografías con referencias muy generales) y de los resultados de los ensayos efectuados.
- Presencia discontinua del personal de inspección y los ingenieros residentes en las obras.
- Libros de obra incompletos y/o sin precisar hechos de importancia.

Foto 5

Solución más usual de techos. Madera machihembrada sobre correas metálicas



- Comprobación a simple vista de defectos de importancia en los urbanismos y las viviendas, entre los más repetidos: baches y agrietamientos en los pavimentos asfálticos, fugas en las tuberías de agua potable, obstrucción de redes de cloacas, erosiones de taludes, agrietamientos y “cangrejeras” en elementos de concreto, filtraciones en las impermeabilizaciones de los techos, agrietamientos de frisos y socavamientos de las losas de fundación.

Lo señalado, mención aparte del mal desempeño de los contratistas, es demostrativo de la ineficacia de los inspectores en las labores inherentes al control de calidad, motivada quizás por limitaciones en su formación profesional y/o por la falta de disposición y diligencia para enfrentar con éxito las exigencias del cometido a su cargo.

Todo ello confirma la influencia capital de los asuntos técnicos en el logro de los objetivos perseguidos por el Programa, sin embargo, es usual que estos queden relegados a un segundo plano de importancia frente a otros igualmente decisivos en el éxito de las experiencias, como son por ejemplo los vinculados con el financiamiento y la

organización comunitaria. Las urgencias derivadas del voluminoso y complejo “problema de la vivienda”, aceleradas por la presión de los grupos comunitarios para que sus necesidades sean atendidas y resueltas, y el apremio de los entes gubernamentales por cumplir con las metas de cantidad de viviendas, con frecuencia fuerzan a decisiones precipitadas que conducen a resultados contrarios a los deseados: sacrificio de la calidad de las obras, costos mayores a los estimados y, paradójicamente, mayor tiempo de ejecución del inicialmente previsto.

Finalmente, debemos poner énfasis en que es perentorio diseñar e instrumentar un modelo de gestión que incorpore como elemento fundamental la conformación de equipos técnicos calificados y competentes en todas las instancias de la administración pública vinculados con la promoción de viviendas populares, como también es inaplazable reflexionar sobre la calidad y pertinencia de la formación recibida por los profesionales egresados de nuestros institutos de educación superior en el campo de la ingeniería, la arquitectura y el urbanismo.

Notas:

1. OCV “Villa Productiva”, I Etapa, ubicada en el Km. 7 de la Av. Intercomunal Barquisimeto-Quíbor, desarrollada por la Fundación Regional de la Vivienda del estado Lara (FUNREVI-Lara).
2. El Ciclo Representativo de Vida de un Proyecto de Construcción de P. Morris (PMI, 1996), comprende una secuencia de cuatro fases: Factibilidad; Planeación y Diseño; Producción; y Entrega y Arranque. La fase de Planeación y Diseño, a su vez, incluye: Diseño de Base; Planeación Detallada; Cronograma y Costos; y Condiciones y términos contractuales.
3. En la construcción formal se aplican dos modalidades para acometer los proyectos: como actividad que concluye antes del inicio de la obra y como actividad paralela a su ejecución. La última variante persigue acortar el tiempo para comenzar la obra y para ello se van definiendo progresivamente las partes del proyecto a medida que se avanza en la construcción, y sólo es posible en obras promovidas por el sector público, donde pueden ser obviados o pospuestos los trámites previos de aprobación del proyecto.
4. Es usual que en los contratos el monto de la partida de variación de precios se establezca en 10% del monto neto de la sumatoria de las partidas de obra.
5. Es excepcional que los organismos públicos dispongan de tabuladores de precios actualizados, por lo tanto, en las contrataciones por adjudicación directa (habituales en las OCV), para la aprobación del presupuesto es necesario que funcionarios y empresas acuerden los precios unitarios de cada partida, labor que siempre se prolonga más allá del tiempo pronosticado.

Referencias bibliográficas

- Angarita, C. (2005) “La promoción de viviendas populares a través de las Organizaciones Comunitarias del Vivienda. Dificultades y enseñanzas. Estudio de casos”, *Tecnología y Construcción* n° 21-III. 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* n° 19-III, pp 39-48. Caracas.
- Angarita C. (1990) “La empresa constructora en Venezuela”. Trabajo para ascender a la categoría de Profesor Asistente en el escalafón universitario. Mimeo. IDEC-FAU/UCV. Caracas.
- Acosta, D. y Cilento A. (2005) “Edificaciones sostenibles: estrategias de investigación y desarrollo”, *Tecnología y Construcción* n° 21-I, pp. 15-30. 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
- Cilento, A. (2002) "Hogares sostenibles de desarrollo progresivo", *Tecnología y Construcción* n° 18-III, pp. 23-38. 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.
- INCOVEN-Equipo de Investigación (1987) "La construcción como manufactura predominantemente heterogénea", *Tecnología y Construcción* n° 3, pp 20-52. Caracas.
- INCOVEN-Equipo de Investigación (1986) "Descomposición de costos de obras de construcción. Curvas normalizadas del flujo de los costos totales y por factores". Mimeo. IDEC-FAU/UCV. 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.
- Grases, J. y Gutiérrez, A. (2004) "Normas y especificaciones para el análisis, diseño y ejecución de obras civiles". Tomo I: Estructuras. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales y Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat. Caracas.
- Harnecker, M. (2004) *Delegando poder en la gente*. Monte Ávila Editores Latinoamericana C.A. Caracas.
- Hobaica, M. (1982) "El proyecto y la producción masiva de edificaciones". Trabajo de ascenso en el escalafón universitario a la categoría de Asistente. Mimeo. IDEC-FAU/UCV. Caracas.
- IDEC/ALEMO (Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción/Asociación para la investigación en vivienda Leopoldo Martínez Olavarría) (2005) "Revisión, evaluación y factibilidad de 184 propuestas de proyectos habitacionales consignadas ante el CONAVI por los distintos organismos ejecutores nacionales, regionales, municipales y comunidades organizadas". Informe final de consultoría contratada por el Consejo Nacional de la Vivienda (CONAVI), coordinador: Ing. Ricardo Molina. Mimeo. Caracas.
- Pérez, E. y Quintana, L. (1993) "Estudio sobre la estructura organizativa, funcionamiento y lineamientos de las Organizaciones Comunitarias de Vivienda. Primer Informe". Instituto Nacional de la Vivienda. Mimeo. Caracas.
- Pérez, E. y Quintana, L. (Noviembre, 1993) "Estudio sobre la estructura organizativa, funcionamiento y lineamientos de las Organizaciones Comunitarias de Vivienda. Segundo Informe". Instituto Nacional de la Vivienda. Mimeo. Noviembre 1993. 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.
- ORCEN C.A. (2000) "Informe Final de Auditoría a Organizaciones Comunitarias de Vivienda (OCV)". Contrato por encargo del Instituto Nacional de la Vivienda (INAVI), coordinador: Ing. Yoel Amaya. Mimeo, Caracas.
- Wieselfeld, E. (1994) Programa de Formación de Organizaciones Intermediarias de Vivienda (OIV). CONAVI-FVP. Caracas.
- URVIPLAN (2003) "Inventario de desarrollos habitacionales en ejecución y en proyecto en el ámbito de actuación de Hidrocapital". Informe Final de Consultoría contratada por Hidrocapital, coordinador: Arq. Aquiba Alfredo Roffé. Mimeo, URVIPLAN CONSULTORES. Caracas.
- Sitios WEB:
- Daccach T., J.C. (2004) "Administración de Proyectos". Documentos Delta. www.docum@deltaasesores.com
- Gómez S., R. (2004) "Una guía al cuerpo de conocimientos de la administración de proyectos". Ponencia presentada en el I Congreso de estudiantes de Ingeniería Civil, Lima, Perú. (www.ist-sac.com/ist/articulos/PRESENTACION_UPAO.pdf)
- Peña, R. (s/f) "Gestión de proyecto", U. Mayor, Chile. (www.monografias.com/trabajos11/gepro/gepro.shtml)
- PMI-Project Management Institute (1996) "A guide to the project management Body of Knowledge. PMBOK". Publishin Division, North Carolina, USA. (www.monografias.com/trabajos12/pmbok/pmbok.shtml)
- Documentos legales consultados:
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela*, 1999.
- Condiciones Generales de contratación para la ejecución de obras. Decreto N° 1.471, 31 de julio de 1996. Gaceta Oficial N° 5.096 Extraordinario, 16 de septiembre de 1996.
- 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 Sub Sistema de Vivienda y Política Habitacional, Gaceta Oficial N° 37.066 del 30 de octubre de 2000.
- Decreto con Rango y fuerza de Ley que regula el Sub Sistema de Vivienda y Política Habitacional, Gaceta Oficial N° 36.575, del 5 de noviembre de 1998.
- Ley de Política Habitacional*, Gaceta Oficial N° 4.659 Ext. del 15 de diciembre de 1993.
- Ley de Régimen Prestacional de Vivienda y Hábitat*, Gaceta Oficial N° 38.204 del 8 de junio de 2005.
- 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.

La construcción sostenible. El estado de la cuestión*

Instituto Juan de Herrera. Boletín Especial sobre Vivienda y Participación Social.

ISSN: 1578-097X. Madrid.

<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n4/apala.html> (fecha de referencia: 31-01-1998)

Resulta evidente que con el actual ritmo de crecimiento demográfico, a pesar de la disminución en los últimos años de la tasa de crecimiento, continuamos creciendo año tras año a una velocidad que podría llegar a duplicar la población humana mundial antes de mediados del siguiente siglo. La actual utilización de los recursos naturales y del medio ambiente supone una disminución del potencial de estos recursos para las generaciones futuras (Xercavins i Valls, 1996).

Fenómenos como pueden ser el cambio climático y la acentuación del deterioro de la capa de ozono, la aparición de la lluvia ácida, la deforestación o la pérdida de biodiversidad, están causadas por las actividades económicas que tienen lugar actualmente.

Es un error habitual atribuir exclusivamente a la industria y a los sistemas de transporte, especialmente el automóvil, el origen principal de la contaminación.

El entorno construido, donde pasamos más del 90% de la nuestra vida, es en gran medida culpable de dicha contaminación.

Los edificios consumen entre 20% y 50% de los recursos físicos según su entorno, teniendo especial responsabilidad en el actual deterioro del medio ambiente la ampliación del parque construido.

Dentro de las actividades industriales la actividad constructora, junto con la industria asociada, es la mayor consumidora de recursos naturales como madera, minerales, agua y energía. Así mismo, los edificios, una vez construidos, continúan siendo una causa directa de contaminación por las emisiones que se producen en los mismos o el impacto sobre el territorio, creando un ambiente físico alienante, y una fuente indirecta por el consumo de energía y agua necesarios para su funcionamiento.

La construcción de los edificios comporta unos impactos ambientales que incluyen la utilización de materiales que provienen de recursos naturales, la utilización de grandes cantidades de energía tanto en lo que atiende a su construcción como a lo largo de su vida y el impacto ocasionado en el emplazamiento. El material fuertemente manipulado y que ha sufrido un proceso de fabricación utilizado en el campo de la construcción tiene unos efectos medioambientales muy importantes, con un contenido muy intensivo en energía.

* Autores: Pere Alavedra, Doctor Ingeniero Industrial. Departamento de Ingeniería de la Construcción de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC); Javier Domínguez, Doctor Ingeniero Industrial. Área de Ingeniería de la Construcción. Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Zaragoza (UZ); Engràcia Gonzalo, Ingeniero Industrial. Departamento de Ingeniería de la Construcción de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC); Javier Serra, Arquitecto. Jefe del Área de Normativa y Control de Calidad. Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo del Ministerio de Fomento.

No se pueden olvidar los costes ecológicos que suponen tanto la extracción de los recursos minerales (canteras, minas, etc.) como la deposición de los residuos originados, que abarcan desde las emisiones tóxicas al envenenamiento de las aguas subterráneas por parte de los vertedores. La construcción y el derribo de los edificios originan una gran cantidad de residuos.

El reciclaje y la reutilización de los residuos de demolición y de los residuos originados en la construcción es una solución que acabará parcialmente con el importante impacto ambiental que tiene su origen en el vertido y la incineración.

Muchos edificios modernos crean atmósferas interiores insalubres y/o peligrosas para sus ocupantes, y en una parte significativa de los edificios nuevos o rehabilitados aparece el denominado "síndrome del edificio enfermo". Los nuevos edificios herméticos con climatización controlada retienen compuestos orgánicos volátiles (COV) que pueden llegar a unas concentraciones centenares de veces más altas que en el exterior.

La aplicación de los criterios de sostenibilidad y de una utilización racional de los recursos naturales disponibles en la construcción requerirá realizar unos cambios importantes en los valores que ésta tiene como cultura propia. Estos criterios o, más correctamente, principios de sostenibilidad llevarán hacia una conservación de los recursos naturales, una maximización en la reutilización de los recursos, una gestión del ciclo de vida, así como reducciones de la energía utilizada.

Múltiples son las actuaciones políticas que sobre este tema se han llevado a cabo, tanto a nivel nacional como internacional. Así, en los 15 puntos de que consta la Redacción de Berlín, salida de la Conferencia de Berlín sobre el Desarrollo Urbano Sostenible, celebrada en esa ciudad del 19 al 21 de marzo de 1996, se hace especial hincapié en los temas que abarca el presente trabajo.

La argumentación española en la 1ª Conferencia Europea de Ministros sobre Política de Vivienda Sostenible, celebrada en Copenhague los días 22 y 23 de abril de 1996, se fundamentó en: "la necesidad de recuperar el concepto de ciudad próspera y cohesionada de forma que mejorando su integración en el territorio y el medio natural se reduzca su impacto ambiental". Por tanto, debe aproximarse la regeneración urbana y por ello favorecer la reutilización del parque de viviendas existente, y con ello mejorar su eficiencia energética y medioambiental. Se debe también considerar la vivienda no como un elemento aislado, sino intrínsecamente inseparable de su entorno e interrelacionada con la política de suelo, en el marco de la construcción de la ciudad.

El comunicado final de dicha conferencia ministerial hacía un especial hincapié en los siguientes puntos:

- Planeamiento Urbano.
- Reducción de las demandas derivadas del transporte.
- Ahorro de agua.
- Ahorro energético.
- Tratamiento de los desechos, de forma especial los materiales de construcción.
- Mejora del clima interior de los edificios.
- Desarrollo de la implicación local en los procesos de planeamiento y gestión de la vivienda.

- Mantenimiento y más rehabilitación de las viviendas existentes.
- Utilización de nuevos materiales constructivos bajo el concepto de Sostenibilidad.
- Libertad de circulación de los materiales.

La Conferencia atendió la propuesta de la Comisión Europea de que los principales objetivos eran:

- Intercambio de información sobre las investigaciones relevantes.
- Análisis sobre el Ciclo de Vida.
- La normalización sobre los desempeños energéticos.
- La cooperación internacional sobre los sistemas estadísticos y en indicadores claves.
- Información sobre la iniciativa nacional.

Definición de Sostenibilidad

La Sostenibilidad consiste en la adaptación del entorno de los seres humanos a un factor limitante: la capacidad del entorno de asumir la presión humana de manera que sus recursos naturales no se degraden irreversiblemente (Cáceres, 1996).

Es necesario recordar los tres principios básicos que, formulados por el economista Herman Daly, nos permiten avanzar, medioambientalmente hablando, hacia un desarrollo sostenible:

1. Para una fuente de recursos renovable, no consumirla a una velocidad superior a la de su renovación natural.

2. Para una fuente no renovable, no consumirla sin dedicar la parte necesaria de la energía resultante en desarrollar una nueva "fuente" que, agotada la primera, nos permita continuar disfrutando de las mismas prestaciones.

3. Para un residuo, no generar más que aquél que el sumidero correspondiente sea capaz de absorber e inertizar de forma natural (Xercavins i Valls, 1996).

La Construcción Sostenible

Definiciones de Construcción Sostenible

Partiendo de diversos autores, se recogen a continuación algunas definiciones del término "Construcción Sostenible", que asumidas globalmente nos aportan una buena comprensión de la idea que comportan.

La Construcción sostenible, que debería ser la construcción del futuro, se puede definir como aquella que, con especial respeto y compromiso con el Medio Ambiente, implica el uso sostenible de la energía. Cabe destacar la importancia del estudio de la aplicación de las energías renovables en la construcción de los edificios, así como una especial atención al impacto ambiental que ocasiona la aplicación de determinados materiales de construcción y la minimización del consumo de energía que implica la utilización de los edificios (Casado, 1996).

La Construcción Sostenible se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales causados por los procesos de construcción, uso y derribo de los edificios y por el ambiente urbanizado (Lanting, 1996).

El término de Construcción Sostenible abarca no sólo los edificios propiamente dichos, sino que también debe tener en cuenta su entorno y la manera cómo se comportan para formar las ciudades. El desarrollo urbano sostenible deberá tener la intención de crear un entorno urbano que no atente contra el medio ambiente, con recursos, no sólo en cuanto a las formas y la eficiencia energética, sino también en su función, como un lugar para vivir (WWF, 1993).

La Construcción Sostenible deberá entenderse como el desarrollo de la Construcción tradicional pero con una responsabilidad considerable con el Medio Ambiente por todas las partes y participantes. Lo que implica un interés creciente en todas las etapas de la construcción, considerando las diferentes alternativas en el proceso de construcción, en favor de la minimización del agotamiento de los recursos, previniendo la degradación ambiental o los prejuicios, y proporcionar un ambiente saludable, tanto en el interior de los edificios como en su entorno (Kibert, 1994).

Aspectos a considerar en la Construcción Sostenible

La sostenibilidad tendrá en cuenta no sólo la construcción en la creación del ambiente, sino también los efectos que ésta producirá en aquellos que lo llevan a cabo y en los que vivirán en ellos. La importancia creciente en las consideraciones del "síndrome del edificio enfermo" en los edificios de oficinas y la "sensibilidad ambiental" en la construcción de viviendas ha dado lugar a una mayor consideración de los efectos que los materiales de construcción tienen en la salud humana (Vale et al., 1993).

Se tratará de construir basados en unos principios que podríamos considerar ecológicos y se enumeran a continuación (Kibert, 1994):

1. Conservación de recursos.
2. Reutilización de recursos.
3. Utilización de recursos Reciclables y Renovables en la construcción.
4. Consideraciones respecto a la gestión del ciclo de vida de las materias primas utilizadas, con la correspondiente prevención de residuos y de emisiones.
5. Reducción en la utilización de la energía.
6. Incremento de la calidad, tanto en lo que atiende a materiales, como a edificaciones y ambiente urbanizado.
7. Protección del Medio Ambiente.
8. Creación de un ambiente saludable y no tóxico en los edificios (Lanting, 1996).

Los recursos disponibles para llevar a cabo los objetivos de la Construcción Sostenible son los siguientes:

Energía, que implicará una eficiencia energética y un control en el crecimiento de la movilidad.

Terreno y biodiversidad. La correcta utilización del terreno requerirá la integración de una política ambiental y una planificación estricta del terreno utilizado. La construcción ocasiona un impacto directo en la biodiversidad a través de la fragmentación de las áreas naturales y de los ecosistemas.

Recursos minerales, que implicará un uso más eficiente de las materias primas y del agua, combinado con un reciclaje a ciclo cerrado.

La definición de Construcción Sostenible lleva asociada tres verbos: reducir, conservar y mantener. La combinación de los principios ecológicos y de los recursos disponibles nos proporcionan una serie de consideraciones a tener en cuenta.

La reducción en la utilización de los recursos disponibles se llevará a cabo a través de la reutilización, el reciclaje, la utilización de recursos renovables y un uso eficiente de los recursos. Se tratará de incrementar la vida de los productos utilizados, un incremento en la eficiencia energética y del agua, así como un uso multifuncional del terreno (Lanting, 1996).

La conservación de las áreas naturales y de la biodiversidad se llevará a cabo a partir de restricción en la utilización del terreno, una reducción de la fragmentación y la prevención de las emisiones tóxicas.

El mantenimiento de un ambiente interior saludable y de la calidad de los ambientes urbanizados se llevará a cabo a través de la utilización de materiales con bajas emisiones tóxicas, una ventilación efectiva, una compatibilidad con las necesidades de los ocupantes, previsiones de transporte, seguridad y disminución de ruidos, contaminación y olores. (Lanting, 1996)

A partir de la información anterior, se podrían enumerar a grandes rasgos los requisitos que deberían cumplir los edificios sostenibles:

- consumir una mínima cantidad de energía y agua a lo largo de su vida;
- hacer un uso eficiente de las materias primas (materiales que no perjudican el medio ambiente, materiales renovables y caracterizados por su desmontabilidad);
- generar unas mínimas cantidades de residuos y contaminación a lo largo de su vida (durabilidad y reciclabilidad);
- utilizar un mínimo de terreno e integrarse correctamente en el ambiente natural;
- adaptarse a las necesidades actuales y futuras de los usuarios (flexibilidad, adaptabilidad y calidad del emplazamiento);
- crear un ambiente interior saludable (Lanting, 1996).

Los edificios y la Sostenibilidad

El objetivo principal de los edificios ha sido el de proteger a sus ocupantes de los elementos naturales. Los principales esfuerzos se han enfocado a la mejora de los aspectos necesarios para llevar a cabo este objetivo, es decir, una mejora en la calidad global del edificio y en el dominio de los costes correspondientes.

Actualmente la noción de Desarrollo Sostenible introduce una restricción adicional, que es la de cumplir el objetivo principal de los edificios sin comprometer la posibilidad de las generaciones futuras de satisfacer sus necesidades (Bourdeau, 1996).

Los edificios, a lo largo de su construcción, uso y demolición, ocasionan una gran cantidad de impactos ambientales que nacen de nuestra actividad económica. Estos ocasionan un gran impacto en el ambiente global a través de la energía utilizada para proveer a los edificios de los servicios necesarios y de la energía contenida en los materiales utilizados en la construcción. Los edificios son responsables de aproximadamente el 50%

de energía utilizada y de las emisiones de CO₂ a la atmósfera. El ambiente interior tiene un mayor impacto en la salud y el confort. Otros aspectos incluyen el adelgazamiento de la capa de ozono como resultado de la masiva utilización de productos químicos, como pueden ser los clorofluorocarbonados (CFC), hidroclorofluorocarbonados (HCFC) y halones, utilizados comúnmente como refrigerantes, etc. (Baldwin, 1996).

El impacto ambiental de los edificios

Deberán tenerse en cuenta los impactos ambientales de los edificios y de sus materiales antes, durante y después de su construcción. Los diferentes efectos se consideran con el coste de adoptar nuevas alternativas prácticas (WWF, 1993).

Los flujos de materia o energía que entran o salen del sistema estudiado contribuyen, de forma diferenciada, a un cierto número de impactos, o efectos (globales), sobre el medio ambiente. Se puede citar el efecto invernadero (o contribución al recalentamiento global), la acidificación atmosférica (o la lluvia ácida), la destrucción de ozono estratosférico, la eutrofización, el agotamiento de los recursos naturales... (Moch, 1996).

Los efectos de los materiales sobre el Medio Ambiente

Evaluar la dimensión medioambiental de un producto de construcción es intentar calificar y cuantificar el peso de los impactos que se le asocian por el conjunto de su ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas hasta el final de su vida (Moch, 1996).

El proceso de fabricación de los materiales de construcción, así como de los productos de los cuales muchos están formados, ocasiona un impacto ambiental. Este impacto tiene su origen en la extracción de los recursos naturales necesarios para su elaboración, incluyendo el proceso de fabricación y el consumo de energía, que deriva en emisiones tóxicas a la atmósfera.

Muchos de estos procesos originan emisiones tóxicas a la atmósfera que resultan contaminantes, corrosivas y altamente perjudiciales para la salud. Lo que se pretende con la aplicación de los criterios de la construcción sostenible es la construcción de edificios con una disminución de estos materiales y evitar, siempre que sea posible, la utilización de sustancias que al final de su ciclo de vida, originen residuos peligrosos.

Los principales efectos sobre el Medio Ambiente de los materiales utilizados en la construcción son los siguientes:

- consumo energético;
- producción de residuos sólidos;
- incidencia en el efecto invernadero;
- incidencia en la capa de ozono;
- otros factores de contaminación ambiental (Casado, 1996).

Estrategia de minimización de impacto ambiental de los materiales de construcción

Una estrategia óptima para minimizar el impacto ambiental sería aquella que utilizase soluciones que minimizaran de manera equilibrada los efectos que éstos producen sobre el Medio Ambiente, es decir, sobre el consumo de energía, la producción de residuos y la contaminación (Speare, 1995).

Utilización de materiales reciclables para la producción de los agregados del hormigón en lugar de utilizar materias primas naturales.

Reciclaje de materiales: reutilización de la madera, utilización de materiales reciclados/reutilizados en la construcción de las paredes, techos y suelos; uso de residuos industriales en algunos materiales (Baldwin, 1996).

Cabe destacar que la *madera* es un recurso natural renovable que consume poca cantidad de energía en su proceso de transformación como material de construcción, pero los tratamientos de conservación y protección que se apliquen pueden originar emisiones y residuos tóxicos. Las pinturas, disolventes y los tratamientos realizados a la madera plantean importantes riesgos para la salud humana y los perjuicios que supone al ambiente a lo largo de su producción, uso y disposición final (WWF, 1993).

Reutilización de residuos de otras construcciones o demoliciones, en un nivel de alta calidad y que no sean utilizados en aplicaciones de baja importancia o vertidos en los vertederos. (Speare, 1995).

El impacto ambiental debido al *transporte* de los materiales supone un coste indirecto en términos de contaminación en cuanto a las emisiones de CO₂ producidas por los gases de escape.

El diseño del edificio y la elección de los materiales se realizará teniendo en cuenta una minimización en la cantidad de materiales que liberen sustancias químicas peligrosas y la incorporación de materiales y componentes con un bajo índice de ODP (*ozone depletion potential*) (Baldwin, 1996).

Minimización de los consumos energéticos en la utilización de las construcciones

Desde la proyección de los edificios se puede controlar en gran medida su consumo energético. Posteriormente, en la utilización de los edificios tendrá una gran importancia la gestión de la energía, la intervención de los usuarios y el mantenimiento.

La implantación de los edificios juega un papel fundamental en el consumo de energía. No siempre se pueden escoger las condiciones más favorables, pero la referencia al clima, la vegetación, la topografía y el tejido edificado tienen que ser un primer paso tanto si lo aprovechamos como si nos tenemos que proteger de las condiciones adversas (Casado, 1996).

Para llevar a cabo un uso eficiente de la energía y de su conservación se tendrán que considerar los siguientes aspectos en la construcción de los edificios:

- aislamiento y ventilación;
- sistemas de control de la energía en los edificios y otros controles automáticos;
- uso de monitores y gestores energéticos;
- control por ordenador de la iluminación, temperatura y condiciones climáticas;
- desarrollo en aplicaciones de baja energía y tecnologías limpias;
- fuentes de energía renovable;
- diseño basado en un consumo bajo de energía y planificación para una eficiencia energética (WWF, 1993).

Impacto en la Planificación de la Localización

Es en el planeamiento urbanístico el ámbito en el cual se pueden conseguir las mejores aportaciones del ambiente a la edificación, ya que puede conducir a un ambiente más saludable y agradable (Casado, 1996). Un Estudio de Planeamiento tendrá en cuenta los siguientes aspectos:

Existencia de paisaje, importancia ecológica y arquitectónica de la localización.

Valoración del impacto ambiental.

Determinación previa de los posibles usos del transporte.

Previsión de zonas seguras para el almacenamiento de productos y residuos en el lugar de construcción y convenientes acuerdos para la disposición de residuos (WWF, 1993).

Impactos en el proceso de construcción, como pueden ser un incremento en la cantidad de transporte, polvo y ruidos.

La calidad en la edificación

La calidad en la edificación es la clave para relanzar el mercado, mejorar las condiciones medioambientales y ahorrar recursos energéticos. Esta visión incluye tanto los materiales, como los sistemas o estrategias urbanas que inciden sobre la calidad. Entre las propuestas que contribuirán a mejorar la calidad en la edificación podemos mencionar las siguientes:

Limitar el riesgo económico que supone actualmente la compra de inmuebles y promocionar las inversiones en proyectos de construcción de alta calidad.

Crear el etiquetado ecológico tanto para edificios como para productos de construcción y favorecer un mecanismo de mercado que promueva el cambio hacia esta realidad.

Reducir los costes constructivos e introducir el concepto del menor coste posible en el mantenimiento del inmueble.

Incrementar la estandarización de los diferentes componentes de la construcción y mejorar la diseminación de aquellas tecnologías y sistemas de interés general.

Desarrollar sistemas apropiados de control de calidad adaptados a las necesidades de los constructores y diseñadores, y orientados a promocionar una garantía en los resultados energéticos del edificio (Landabaso, 1996).

La calidad del ambiente interior

Los materiales y los componentes con los que se construye el edificio pueden ser una fuente de materiales problemáticos, como pueden ser los tratamientos químicos aplicados a diferentes materiales, que se evaporan en la atmósfera del edificio. Los sistemas de control ambiental y otros servicios incrementan el confort y la salubridad de los ambientes en los edificios (Groak, 1992).

Actualmente se está investigando en la reducción y eliminación de las emisiones de los productos químicos contenidos en los diferentes materiales y otras aplicaciones para mejorar la calidad del ambiente interior (Canada Mortgage, 1993).

Se pueden considerar los siguientes aspectos en cuanto a la calidad del ambiente interior:

- Caracterizar las fuentes de contaminación y los elementos contaminantes del aire.
- Optimización de los equipos de ventilación.
- Clarificar los aspectos sociológicos relacionados con la calidad del aire.
- Controlar los elementos contaminantes del aire.
- Desarrollar una estandarización en este aspecto (Groak, 1992).

Conclusiones

La experiencia de los últimos veinte años ha demostrado que no resulta fácil cambiar el sistema de construcción de los edificios y su funcionamiento. Para lograr una Construcción Sostenible se debe romper con la rutina y los malos hábitos adquiridos por décadas de derroche de los recursos naturales.

Se deberá cambiar la mentalidad de la industria y de las estrategias económicas con la finalidad de que den prioridad al reciclaje ante la tendencia tradicional de la extracción de materias naturales. Se deberá fomentar la utilización de sistemas constructivos y energéticos en base a productos y energías renovables.

Es en este entorno cuando la humanidad toma conciencia de la importancia, cada día más evidente, de que los aspectos medioambientales tendrán consecuencias muy importantes en las principales opciones del proceso constructivo.

Referencias bibliográficas

- Baldwin, Roger (1996) Environmental Assessment and Management of Buildings. The UKiewpoint, Report 7150/1 for consultation, BSRIA.
- Berlin Conference on Sustainable Urban Development (March 19-21, 1996). The Berlin Declaration by the Berlin Conference on Sustainable Urban Development
- Bourdeau, Luc (1996) Environment and Buildings in France, CIB W82 Comission Meeting (Centre Scientifique et Technique du Batiment-CSTB).
- Cáceres Terán, Johanna (1996) "Desenvolupament Sostenible", *Revista Tracte*, nº 66, octubre de 1996.
- Canada Mortgage and Housing Corporation (1993) The Clean Air Guide: How to Identify and Correct Indoor air Problems in your home. Ottawa.
- Casado Martínez, N. (1996) *Edificios de alta calidad ambiental*. Ibérica, Alta Tecnología.
- Communique of 1st European Minister Conference on Sustainable Housing Policies. April 22-23, 1996.

- Groak, Steven (1992) The analysis of sensations, The analysis of building. E&FN SPON.
- Kibert, Charles et al. (1994) CIB-TG16, First International Conference on Sustainable Construction, Florida.
- Kilford, Steven (1996) Sustainable Construction, The UK viewpoint, The BRSIA Report CIBW82.
- Landabaso, Ángel (1996) Eficiència Energètica a l'edificació; Estat actual de les diferents tecnologies (I Jornades: Construcció i Desenvolupament Sostenible, Barcelona, 16, 17 i 18 de maig de 1996).
- Lanting, Roel (1996) Sustainable Construction in The Netherlands -A perspective to the year 2010 Working paper for CIB W82 Future Studies in Construction. TNO Bouw Publication number 96-BKR-P007.
- Moch, Yves (1996) Impacte Ambiental dels materials de construcció, I Jornades Construcció i Desenvolupament Sostenible (Barcelona, 16, 17 i 18 de maig de 1996).
- Speare, R.S. (1995) "Recycling of structural Materials", The *Structural Engineer*, Volume 73, nº 13, 4 July 1995.
- Vale, B. i Vale, R. (1993) "The Untapped Potential of the Low-Energy Building", *Town & Planning*, Vol. 62.
- WWF (1993) The Built Environment Sector, Pre-Seminar Report. Council for Environmental Education WWF, Department of Environment, De Monfort University Leicester.
- Xercavins i Valls, Josep (1996) Què és el desenvolupament sostenible? (I Jornades: Construcció i Desenvolupament sostenible, Barcelona, 16,17, i 18 de maig de 1996).

Curso de Ampliación de Conocimientos Diseño y Construcción de Viviendas con Madera

12 de julio y el 22 de septiembre de 2006

Arq. Argenis Lugo. IDEC-FAU-UCV

En el marco de los cursos de ampliación de conocimientos que ofrece el Postgrado en Desarrollo Tecnológico del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC) se llevó a cabo de manera exitosa el curso "Diseño y Construcción de Viviendas con Madera", en el que el tema fue abordado por un grupo de investigadores, profesionales, especialistas y empresarios tanto de Venezuela como del resto de América Latina.

La pertinencia de este curso viene dada por la importancia de difusión y actualización del conocimiento respecto a la madera como material de construcción, ya

que las tendencias actuales de desarrollo y aplicación de tecnologías sostenibles en la industria de la construcción hacen de la madera uno de los materiales con mayor potencialidad de uso bajo los conceptos de sostenibilidad del medio ambiente construido: se trata de un material derivado de un recurso renovable; requiere bajo consumo energético para su transformación; puede ser reciclable, y tiene gran capacidad de adaptación a requerimientos funcionales (estructuras, cerramientos y mobiliario) en la edificación. Para su producción como materia prima, si la gestión como recurso natural es correcta, el balance ecológico es positivo y el desarrollo de la actividad es sostenible. Estas características en general le confieren ventajas competitivas que lo convierten en un material paradigmático en la industria de la construcción mundial.

Pese a todas estas ventajas competitivas, en nuestro país y en gran parte de Latinoamérica la madera como material de construcción tiene aún que trascender prejuicios asociados en gran parte a la falta de difusión del conocimiento de tecnologías constructivas con madera y a la falta de formación de profesionales, técnicos y artesanos asociados al área.

En este contexto, la Línea de Investigación de Diseño y Construcción con Madera del IDEC ha llevado a cabo investigaciones y cuenta con conocimiento acumulado sobre los avances nacionales e internacionales del uso de la madera en construcción en los últimos 20 años. Es así que con este curso se propicia la difusión de todo este conocimiento con el fin de estimular el uso de este material de construcción que, en el caso específico de Venezuela, cuenta no sólo con extensos bosques de selva tropical sino también con un enorme reservorio de recursos renovables en las plantaciones de pino caribe establecidas en Uverito y alrededores, al sur de los estados Anzoátegui y Monagas, cuya capacidad para el año 2002 se estimó en más de 15 millones de metros cúbicos.





Como antecedente de esta experiencia, en 1999 se realizó el “Seminario Diseño con madera” bajo la modalidad presencial. Ahora, se realizó una versión reformulada y actualizada, a la que hemos titulado Seminario Taller “Diseño y construcción de viviendas con madera”, bajo la modalidad mixta presencial, aprovechando las modernas herramientas comunicacionales.

El curso fue de carácter teórico-práctico y estuvo orientado a que el participante tuviera la posibilidad de aplicar los conocimientos adquiridos en proyectos y experiencias que consideren a la madera de pino caribe como material de construcción.

Objetivos del curso Diseño y Construcción de Viviendas con Madera:

- Proveer a profesionales ligados a la industria de la construcción de información actualizada para la realización de innovaciones en el campo de la producción de viviendas con madera en Venezuela e internacionalmente.
- Analizar alternativas de solución a partir de problemas concretos, vinculados con necesidades reales en el campo de la construcción de viviendas, para la población con ingresos económicos reducidos.
- Promover la aplicación de sistemas constructivos con madera de pino caribe.
- Potenciar la difusión del conocimiento de la construcción con madera.

Estructura del curso:

Seminarios Teóricos: En las sesiones presenciales se dictaron seminarios en los que se impartieron conocimientos teóricos sobre características físico-químicas, estructurales, tecnológicas, económicas y de diseño con madera de pino caribe, así como experiencias y ejemplos de profesionales en construcciones con esta madera. En las sesiones a distancia los participantes realizaron cuestionarios, foros, etc. que reforzaron su visión y conocimientos sobre el tema. Esta modalidad permitió incorporar una mayor cantidad de participantes (del interior del país e internacionales) sin disminuir la calidad, a través del componente de educación a distancia bajo el esquema de plataforma interactiva vía Internet para reforzar los conocimientos dictados en los seminarios teóricos.

Seminario Taller: En las dos últimas sesiones presenciales se realizaron experiencias prácticas que tuvieron carácter de seminario-taller, en las que se ejecutaron diferentes propuestas constructivas mediante modelos a escala 1:1 con participación de especialistas nacionales e internacionales. Esto permitió a los participantes aplicar los conocimientos adquiridos en los seminarios teóricos de manera directa en cuanto a medios y procesos de producción y procesos constructivos.

Contenido del curso:

- Criterios de sostenibilidad para la producción de edificaciones.
- La madera como recurso renovable.
- La madera de plantaciones: el caso del pino caribe.
- La madera como material de construcción.
- Sistemas constructivos.
- Patología de la madera.
- Protección por diseño.
- Consideraciones para el diseño de vigas, viguetas y entablados.
- Consideraciones para el diseño de columnas y entramados.
- Consideraciones para el diseño de muros de corte.
- Consideraciones para el diseño de cerchas.
- Consideraciones para el diseño de uniones.
- Detalles constructivos.
- El mercadeo de la madera en Venezuela.
- Experiencias nacionales e internacionales.

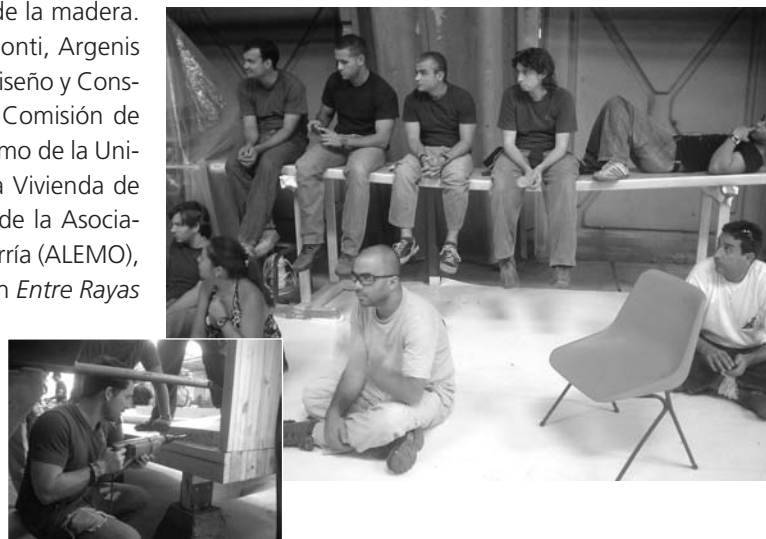
Ponentes del curso:

Entre los especialistas y conferencistas participantes nacionales se contó con: Arq. Alfredo Cilento Sarli, Ing. Forestal Msc. Ricardo Molina, Arq. Fruto Vivas, Arq. Antonio Conti, Arq. Msc. Argenis Lugo, Arq. Francisco Sapene, Arq. Joel Sanz.

Con respecto a los especialistas internacionales estuvieron: Arq. Ricardo Hempel (Chile), Arq. Lucia Toppa (Argentina), Arq. Gerardo Valverde (Chile), Arq. Carlos Meyer (Uruguay). Igualmente se contó con la participación de conferencistas de las empresas MASISA y PROPULSO, productoras asociadas al sector Forestal.

La participación de todos estos especialistas y empresarios, además de promover los conocimientos sobre el uso de la madera en construcción, nos ha permitido fortalecer vínculos con universidades y otros centros de investigación internacionales, así como con empresas nacionales del ramo de la madera.

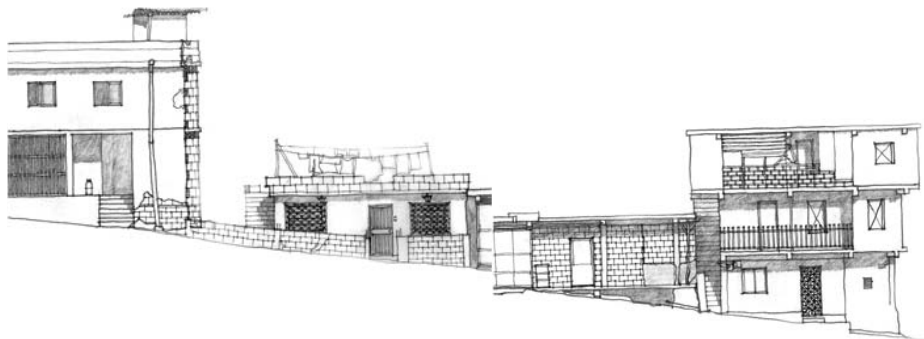
El evento fue organizado por los profesores Antonio Conti, Argenis Lugo y Ricardo Molina, miembros de la Línea de Investigación Diseño y Construcción con Madera del IDEC. Se contó con el apoyo de la Comisión de Estudios de Postgrado de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela y la Red CYTED: "Red Madera Vivienda de Bajo Costo en madera". Además se contó con el patrocinio de la Asociación para la Investigación en Vivienda Leopoldo Martínez Olavarría (ALEMO), la revista especializada en temas de arquitectura y construcción *Entre Rayas* y las empresas MASISA y PROPULSO.



Foro: Política de vivienda en Venezuela y sectores populares (1999-2006)

Arq. Teolinda Bolívar.

Centro Ciudades de la Gente/ FAU/UCV



El Foro fue celebrado el día 27 de enero de 2006, en el Auditorio Carlos Raúl Villanueva de la FAU. Aunque todavía no se tienen completamente las conclusiones, adelantamos lo siguiente: el Foro se inició con retraso ya que otra actividad del Foro Social América se desarrollaba en el mismo auditorio. El Ministro de Hábitat y Vivienda se excusó por intermedio de su asistente de no poder asistir. Todos los demás invitados asistieron y participaron, y cada uno expuso una síntesis del tema escogido en los 10 minutos previstos.

Un señalamiento constante en las intervenciones es la falta de apoyo continuo a los sectores populares en materia de vivienda. Esta falta de continuidad y claridad en la política quebranta las posibilidades de mejora de la vida cotidiana.

Las intervenciones se enfrentan al obstáculo del proselitismo político. La gestión de los recursos económicos debería y podría estar en manos de las comunidades urbanas organizadas y debidamente registradas. Los habitantes demandan protagonismo y atención de urgencia a los problemas no sólo de barrios "consolidados", sino también de los que se están haciendo en sitios o terrenos adecuados a las actividades urbanas.

Aunque se reconoce el avance en la intención de regularizar la tenencia de la tierra en los barrios, a muchas comunidades todavía no se les ha atendido, menos aún aquellas asentadas en terrenos privados, aunque algunas tengan más de 20 años.

El ambiente del Foro se caracterizó por el respeto de todas las personas que intervinieron. Hubo escuchas a la diversidad de opiniones y posturas. En las intervenciones del público, en buena parte representantes de la comunidades de barrios caraqueños, se hizo manifiesta la reiterada falta de continuidad de programas y proyectos, como también lo expresaron los ponentes invitados. Una conclusión importante es la urgencia de atender las necesidades de los sectores populares tanto los que viven en barrios ya aceptados como los que no tienen vivienda y ocupan terrenos.

Asimismo es indispensable asistir profesional y técnicamente a los que construyen continuamente la ciudad: las Universidades deben estar presentes, pero el Estado tiene el deber de apoyar en la magnitud y calidad que se requiere, las soluciones al problema de hábitat y vivienda de los sectores populares.

Participación del IDEC en la Feria Alternativas Constructivas para Casas Dignas Ciudad Guayana, estado Bolívar (7-8 y 9 de abril de 2006)

Arq. Laura Ramírez / Ing. Ricardo Molina
IDEC/FAU/UCV

La Feria identificada como Alternativas Constructivas para Casas Dignas, que contó con la participación del IDEC, se realizó durante los días 7, 8 y 9 de abril de 2006 en el Ecomuseo del Caroní, en Ciudad Guayana, además de la presencia de 24 expositores nacionales y 3 internacionales y contó, durante el acto de inauguración, con la asistencia del Ministro para la Vivienda y el Hábitat y el Gobernador del estado Bolívar.

Como parte de las actividades de difusión y promoción del IDEC durante los días de la Feria, numerosas personas se acercaron a nuestro *stand* solicitando información técnica. Entre las visitas más resaltantes señalamos las siguientes:

- La coordinación de la Unidad Operativa Central del Ministerio para la Vivienda y el Hábitat manifestó el interés de ese Ministerio en que el IDEC apoye la validación técnica y la verificación del cumplimiento de las normas nacionales vigentes de nuevas propuestas constructivas por parte de las empresas o cooperativas.
- El Director General de Comercialización de Formaletas S.A. (FORSA), empresa dedicada a la producción de formaletas en aluminio en Colombia, manifestó estar interesado en conocer más sobre PROTOLOSA y las posibilidades de producir las formaletas para esta tecnología.
- La representación de CLG Engineering, empresa radicada en España que produce un sistema de construcción en seco con estructuras ligeras de acero galvanizado, solicitó asesoría para adaptar y homologar el sistema a los parámetros empleados en Venezuela.
- El director de CONSILUX INGENIERÍA, empresa constructora brasileña, manifestó interés en contactar al IDEC para promover acciones conjuntas dirigidas a validar sus sistemas constructivos.
- La Promotora J617 C.A., distribuidora de fibra Nurlon (microfilamentos de polipropileno) promocionada por como sustituto de la malla electrosoldada en losas de concreto, y de Placacero, lámina metálica tipo losacero, supuestamente más eficiente y más práctica, manifestó interés en acercarse al IDEC para realizar pruebas con esos materiales.
- La Cooperativa Hábitat Siglo XXI, productora del sistema constructivo para viviendas ROLHÁBITAT que usa madera cilindrada de pino caribe, desea vincularse con el IDEC para validar su sistema.
- La Casa de los Techos C. A., empresa productora de *kits* de estructuras metálicas para viviendas, expresó su interés en desarrollar conjuntamente propuestas de cerramientos verticales (como SIPROMAT) para sus *kits*.
- La Constructora CAYSA, C.A. desea asesoría para la construcción de instalaciones turísticas con madera al sur del estado Anzoátegui.
- Innovación Creativa C.A. expresó su deseo de explorar la posibilidad de utilizar SIPROMAT para la construcción de 350 viviendas en 7 meses en el estado Cojedes.
- La empresa constructora española IMASATEC, que utiliza un sistema de muros portantes de concreto vaciados en sitio utilizando encofrados de alta tecnología producidos *ad hoc*, a través de su Director manifestó estar interesado en contactar al IDEC para promover acciones conjuntas con el objetivo de validar sus sistemas constructivos.
- La empresa constructora HOME SON C.A. desarrolló una cubierta de concreto de 7 cm de espesor y de 60 m², sustentada por una sola columna central, basando la estabilidad en la forma de paraboloides hiperbólicos que tiene el techo. Su propuesta no posee cerramientos, por lo que puede interesar un desarrollo conjunto.

La presencia del IDEC en ese evento, además de la posibilidad de difundir los resultados de investigación e innovación como lo evidencia la mención hecha de los contactos realizados, fue una importante experiencia también para pensar en mejoras relacionadas con la atención al público, presencia institucional, difusión de actividades y de la Revista *Tecnología y Construcción*, con miras a la posibilidad de realización en próximas ferias similares, como la extraoficialmente anunciada que debería realizarse en mayo próximo en el estado Miranda.

Reseñas



Puntal. ISSN 1315-0073, año 12, n° 19, abril 2006. Publicación periódica de Fundación Empresas Polar. Caracas, Venezuela.

Puntal es una revista periódica de la Fundación Polar que publica temas de actualidad. En este número, en la sección Aportes, se presenta el artículo de Hugo Prieto: "Un punto de soldadura en la construcción de la ciudad" (pp. 18-21) de particular interés para el público al que va dirigida la Revista Tecnología y Construcción, pues reseña con gran acierto las actividades realizadas por Teolinda Bolívar, profesora de la Escuela de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela, tanto en su quehacer de rehabilitación de la vivienda y recuperación de la calidad de vida en los barrios, como en su rol de coordinadora de la Red Solidaria de Comunidades Autónomas, creada en 1996. Como bien señala la introducción del artículo: "Teolinda Bolívar ha centrado su trabajo, su investigación y sus sueños en estudiar una ciudad poblada de acertijos y grandes problemas. Lo ha hecho, además, sin olvidar en ningún momento a sus pobladores..."



ReVista al Hábitat. ISSN 1900959-3, n° 1, febrero 2006. Revista de la Maestría en Hábitat de la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Arquitectura (sedes Bogotá, Manizales y Medellín).
Pagina Web: <http://agora.unalmed.edu.co/>

Un proyecto académico nacional que vincula tres de sus sedes: Bogotá, Medellín y Manizales, para dar a conocer el pensamiento que desde las escuelas y facultades se elabora en torno al tema del hábitat, una idea surgida de la Maestría en Hábitat y que –como se señala en la Presentación– se concreta en este primer número con el propósito de abrir un espacio de socialización a distintas temáticas tanto como a experiencias investigativas y académicas del grupo de docentes, sin dejar de tomar en cuenta la realidad de las condiciones de habitabilidad en otros países.

Un archivo para la historia. Acta Científica Venezolana. 1950 - 2000. Juan José Martín Frechilla / Yolanda Texera Arnal / Alfredo Cilento Sarli. Colección Estudios. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Caracas, 2005.

Acta Científica Venezolana nació en 1950 como portavoz de la Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia (AsoVAC), fundada ese mismo año. Esta circunstancia le da una gran significación histórica en el medio académico venezolano. Como revista multidisciplinaria, se ha mantenido hasta nuestros días publicando una parte importante de los resultados de las investigaciones producidas en el país, así como algunos de los debates más resaltantes que han jalonado nuestra historia social de la ciencia y la tecnología.

Los autores de los libros nos propusimos la recuperación y el aprovechamiento de la información contenida en Acta Científica Venezolana, para ello se rescataron y organizaron los sumarios de los cincuenta años de la revista, al igual que se recuperaron los editoriales y los textos más relevantes para su historia, la de AsoVAC y sus programas, así como para el análisis de las políticas públicas relativas a la ciencia y la tecnología en nuestra sociedad.

El texto ofrece, a partir de los contenidos publicados en la revista, un análisis sistemático y contextual de los elementos más significativos vinculados a la trayectoria de la Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia desde su fundación.

El libro incluye la base de datos de los artículos publicados en el período 1950 - 2000 en 2 CD (versión Mac y PC).



Venezuela. Un acuerdo para alcanzar el desarrollo. Equipo Acuerdo Social: Armando Barrios R. / Jesús María Casal H. / Alfredo Cilento S. / María Elena Corrales / Luis Pedro España N. / Rosa Amelia González de P. / Marino J. González R. / Mariano Herrera / Víctor Maldonado C. / Luis A. Pacheco / Miguel Ángel Santos N. / Ricardo Villasmil B. Publicaciones UCAB, Caracas, 2006.

Venezuela vive días de incertidumbre y de sentimientos encontrados. Al deterioro de la calidad de vida de la población se suma el debilitamiento de la capacidad para establecer acuerdos que incluyan a todos los ciudadanos. Desde principios de los ochenta, el país no ha generado y mantenido consensos fundamentales para enfrentar los retos del desarrollo y el bienestar. A partir del año 2000 un grupo de profesores e investigadores de universidades y centros académicos nacionales nos hemos propuesto colaborar en la construcción de los acuerdos que requiere el país. Nos definimos como el Equipo Acuerdo Social. Esta publicación presenta los resultados de un proceso largo y sostenido de discusión interna, así como de diálogo con muchos sectores del país. El eje de este esfuerzo ha sido la elaboración de propuestas de políticas públicas que contribuyan al desarrollo y bienestar perdurable de todos los habitantes de Venezuela.

Ofrecemos este esfuerzo conscientes de que es un camino largo e inexplorado. Queremos proponer estas ideas para que el debate amplio y fecundo contribuya a criticarlas, profundizarlas y mejorarlas y que éstas ayuden a la sociedad para definir mejores rumbos y nuevos consensos.



PUBLICIDAD ANEXA EN NEGATIVO

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

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 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

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



DECANATO DE INVESTIGACIÓN / UNET

Rector
José Vicente Sánchez
Vice-Rector Académico
Carlos Chacon
Vice-Rector Administrativo
Martín Paz
Secretaria
Oscar Medina