

# viviendas de muy bajo coste

127-3



## MATERIALES A BASE DE DESECHOS AGRICOLAS E INDUSTRIALES

LEMUS V., LOPEZ H. y OLVERA H.

Instituto de Investigaciones en Materiales, México

En el Instituto de Investigaciones en Materiales de la Universidad Nacional Autónoma de México, se está desarrollando un área de investigación sobre tecnología de materiales y tecnología de sistemas constructivos, la cual está integrada por diversos proyectos encaminados a solucionar problemas relativos a la vivienda. El presente trabajo consiste en el desarrollo de materiales compuestos a base de desechos agrícolas e industriales, con características tales como baja densidad, resistencia adecuada, excelentes propiedades térmicas y acústicas y, fundamentalmente, bajo costo y gran disponibilidad. Los resultados obtenidos son bastante alentadores debido a la durabilidad y resistencia mecánica obtenidos a base del tratamiento proporcionado a la materia orgánica. Se comentan las aplicaciones actuales y futuras de estos nuevos materiales.

## INTRODUCCION

Es indudable el esfuerzo que se ha realizado en los últimos años por paliar el déficit de vivienda, pero a pesar de ello, el problema habitacional continúa siendo una preocupación constante en todo el mundo, sobre todo en los países subdesarrollados donde el problema toma dimensiones alarmantes y se acentúa con el paso del tiempo.

En el Instituto de Investigaciones en Materiales de la Universidad Nacional Autónoma de México, en México, está desarrollándose, desde hace varios años, una área de investigación sobre tecnología de materiales y tecnología de sistemas constructivos, la cual está integrada por diversos proyectos encaminados a solucionar problemas relativos a la vivienda. En dichos proyectos se realizan estudios sobre la síntesis, el desarrollo y la aplicación de nuevos materiales que tengan como principal característica un costo bajo.

De este modo se pretende proporcionar la más amplia información con la finalidad de que dichos materiales sean aprovechados racionalmente y con un grado de fiabilidad aceptable.

Dentro de dicho programa se desarrolló el presente estudio «HORMIGONES ESPECIALES», auspiciado por la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.

El objeto consiste en el desarrollo de materiales compuestos con características tan deseables, como son: baja densidad, resistencia adecuada y, fundamentalmente, bajo costo y gran disponibilidad.

Para el desarrollo de materiales que cumplan los requisitos anteriores es necesario emplear los recursos que se tienen a la mano, aprovechando los materiales regionales y aquellos que tengan costo mínimo, como es el caso de los desperdicios de las regiones agrícolas e industriales, con lo cual se solucionaría el problema de su eliminación.

## COMPOSICION DEL HORMIGON A BASE DE DESPERDICIOS ORGANICOS

El hormigón a base de desperdicios orgánicos no difiere en mucho del hormigón normal por lo que también se puede definir como una masa de consistencia plástica, cuyas características fundamentales son su moldeabilidad en estado fresco, por lo que puede adoptar cualquier forma y sus propiedades mecánicas y de durabilidad que permiten su empleo en la construcción.

Este hormigón está compuesto principalmente por: cemento, agua y áridos vegetales (generalmente subproductos agrícolas), en el que cada uno de estos ingredientes entra a formar parte de la mezcla en una determinada proporción, según sean las características o propiedades deseadas en el hormigón fresco o endurecido.

Se empleó el cemento tipo portland como matriz, quedando abierta la posibilidad de usar cualquier otro tipo de conglomerante (polímeros o cementos especiales).

Los desperdicios orgánicos constituyen básicamente el árido en el hormigón. Además de ser difícil cuantificar sus propiedades éstas son, por lo general, bastante pobres; sin embargo estos áridos aportarán ligereza al material terminado, así como propiedades térmicas y acústicas benéficas que, en la actualidad, no poseen la mayoría de los materiales de construcción tradicionales.

### Tratamientos

Para incrementar la durabilidad de los áridos se efectuaron diversos tratamientos, consistentes en una aplicación adecuada de sustancias o productos químicos que proporcionaron mejoras en las propiedades estructurales y fundamentalmente en la durabilidad del material terminado.

Estas sustancias además de impedir la vida y el desarrollo de microorganismos, tanto en el interior como en el exterior del material terminado, sirven como agentes de liga o conexión entre la materia orgánica y el material matriz, creando una interfase fuerte que incrementa sus propiedades mecánicas.

### PROPIEDADES ESTRUCTURALES Y DE DURABILIDAD DEL HORMIGÓN A BASE DE SUBPRODUCTOS AGRICOLAS

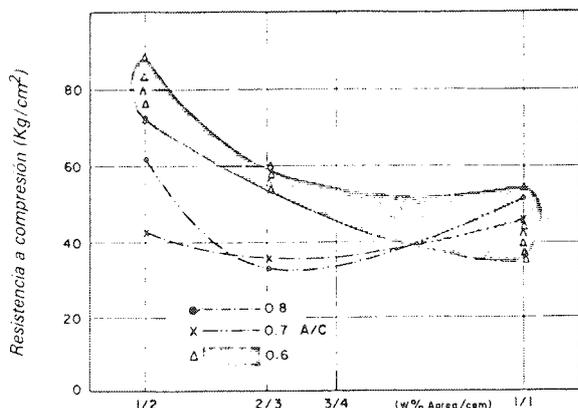
Para conocer las propiedades estructurales y de durabilidad del hormigón a base de los desperdicios orgánicos, se ha elaborado un Diseño Experimental, en el que se combinan sinérgicamente las variables que pueden afectar, de alguna manera, a dichas propiedades en el producto terminado.

Entre las principales variables que nos permiten estudiar, los efectos importantes, tanto en el hormigón fresco como en el hormigón endurecido, tenemos:

- Volumen orgánico utilizado
- Relación agua/cemento
- Condición de la fibra
- Tratamiento de los subproductos agrícolas
- Utilización de cargas de árido fino.

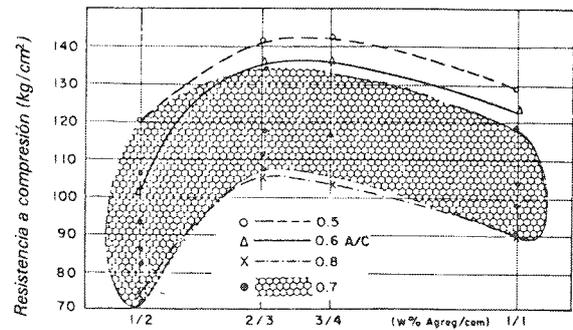
### Evaluación de resultados

La evaluación efectuada sobre los resultados obtenidos, según el Diseño Experimental propuesto, se presenta en las gráficas 1 a 6. En éstas se puede observar el efecto

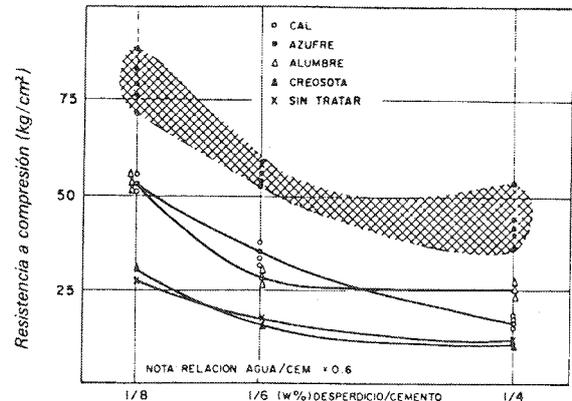


Gráfica 1. Resistencia promedio a compresión del hormigón a base de bagazo de caña tratada con azufre.

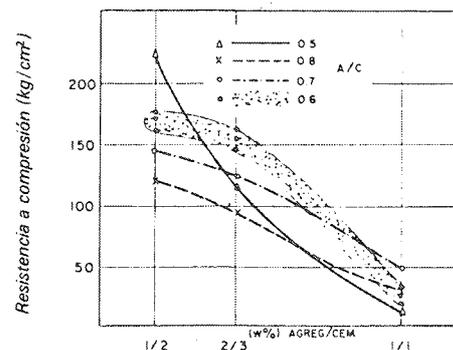
en la resistencia a compresión de la relación agua/cemento, de la cantidad de desperdicio incluido y del tamaño de la fibra. También se observa el efecto del tratamiento efectuado a la materia orgánica.



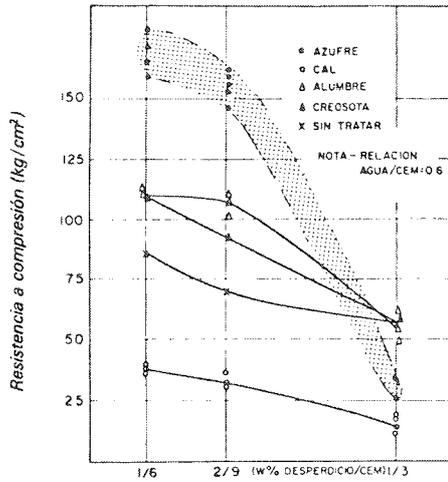
Gráfica 2. Resistencia promedio del hormigón a base de bagacillo tratado con azufre.



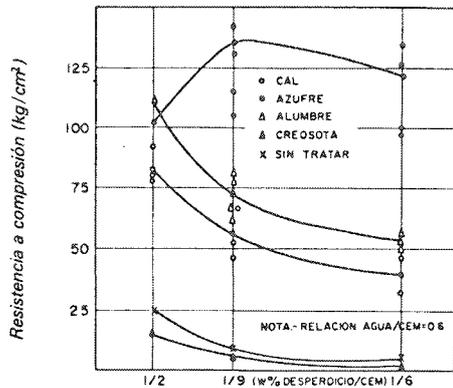
Gráfica 3. Efecto en la resistencia a compresión del tratamiento químico en bagazo de caña.



Gráfica 4. Resistencia a compresión del hormigón a base de cáscara de arroz, tratada con azufre.

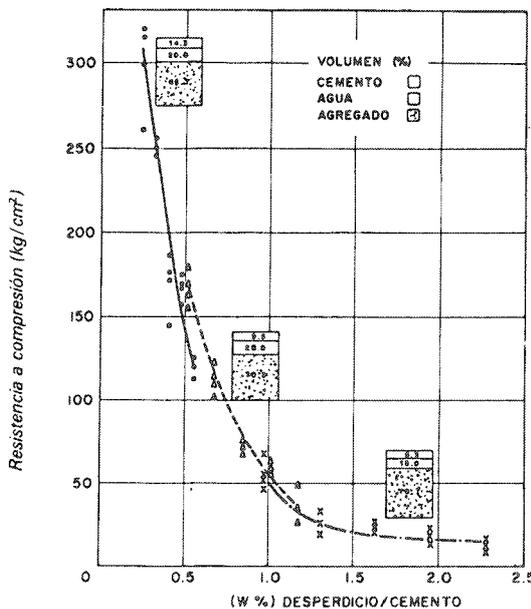


Gráfica 5. Efecto en la resistencia a compresión del tratamiento químico en cáscara de arroz.



Gráfica 6. Efecto en la resistencia a compresión del tratamiento químico en bagacillo de caña.

Los resultados correspondientes al estudio del efecto que produce la inclusión de una carga de arena, se presentan en la gráfica 7 y en las tablas 1 y 2.



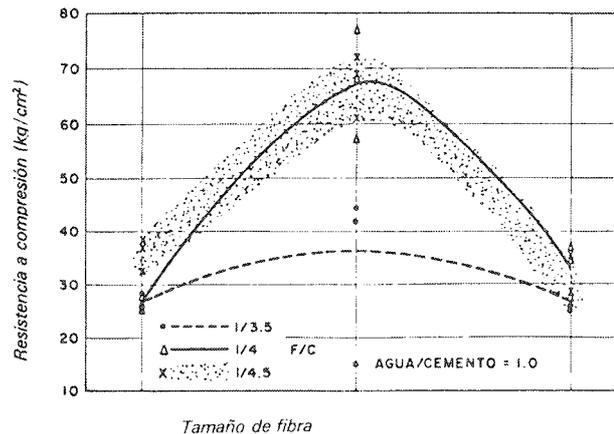
Gráfica 7. Efecto de la relación desperdicio-cemento en la resistencia a compresión del hormigón a base de bagazo de caña.

DESPERDICIO	AGUA CEMENTO	AGREGADO CEMENTO	DESPERD. ARENA		DESPERD. ARENA		DESPERD. ARENA		DESPERD. ARENA			
			CEM CEM	CEM CEM	CEM CEM	CEM CEM	CEM CEM	CEM CEM				
			RESISTENCIA	RESISTENCIA	RESISTENCIA	RESISTENCIA	RESISTENCIA	RESISTENCIA	RESISTENCIA			
BAGAZO	0.444	0.777	0.233	0.344	0.311	0.408	0.388	0.388	0.468	0.311	0.344	0.233
			290.88	336.32	172.44	168.12	180.99					
	0.667	1.667	0.500	1.167	0.667	1.000	0.633	0.633	1.000	0.667	1.167	0.500
			170.66	118.99	72.66	61.67	56.32					
	0.780	3.280	0.975	2.275	1.000	1.999	1.025	1.025	1.999	1.300	2.275	0.975
			54.18	87.24	55.41	19.45	18.98					
CÁSCARA	0.667	1.667	0.500	1.167	0.667	1.000	0.633	0.633	1.000	0.667	1.167	0.500
			181.99	111.99	108.67	49.66	32.39					

Tabla 1. Resistencia a Compresión (kg/cm<sup>2</sup>) hormigón de bagazo de caña y cáscara de arroz, tratados con azufre - Carga de arena.

DESPERDICIO	AGUA CEMENTO	AGREGADO CEMENTO	DESPERD. ARENA		DESPERD. ARENA		DESPERD. ARENA		DESPERD. ARENA			
			CEM CEM									
			PESS VOLUMETRICOS									
BAGAZO	0.444	0.777	0.233	0.344	0.311	0.408	0.388	0.388	0.468	0.311	0.344	0.233
			1981	1802	1700	1768	1704					
	0.667	1.667	0.500	1.167	0.667	1.000	0.633	0.633	1.000	0.667	1.167	0.500
			1782	1674	1494	1477	1348					
	0.780	3.280	0.975	2.275	1.000	1.999	1.025	1.025	1.999	1.300	2.275	0.975
			1855	1447	1223	1273	1079					
CÁSCARA	0.667	1.667	0.500	1.167	0.667	1.000	0.633	0.633	1.000	0.667	1.167	0.500
			1748	1856	1633	1337	1190					

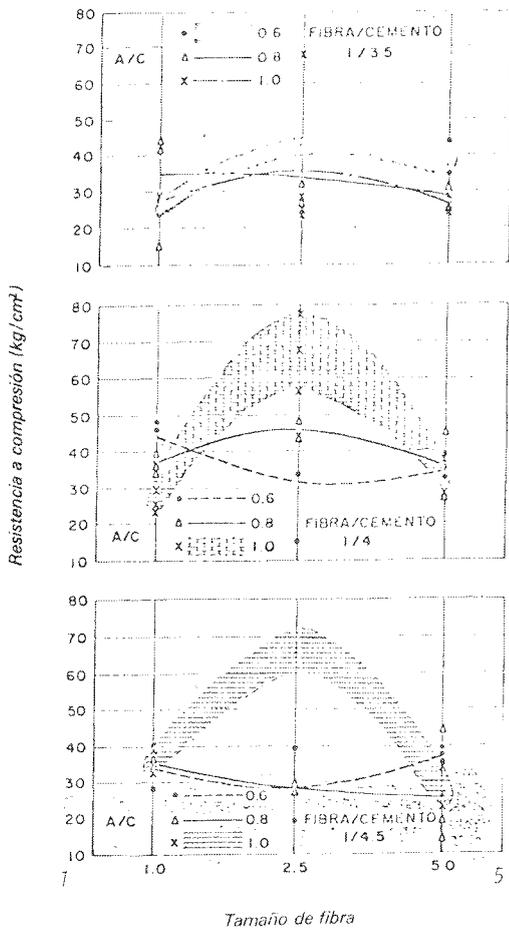
Tabla 2. Peso volumétrico (kg/m<sup>3</sup>) hormigón de bagazo de caña y cáscara de arroz, tratados con azufre - Carga de arena.



Gráfica 8. Efecto del tamaño de fibra.

En el caso del hormigón con subproductos del coco, se observa en las gráficas 8 y 9 la influencia que tienen las relaciones agua/cemento y el tamaño de la fibra en la resistencia a compresión del hormigón.

Basándose en los resultados de resistencia a compresión obtenidos y apoyándose en un análisis de costo aproximado, se seleccionaron algunos de los casos del Diseño Experimental para estudiar de manera más completa otras propiedades mecánicas de interés, así como propiedades de durabilidad.



Gráfica 9. Efecto del tamaño de fibra.

**Módulo Elástico y Módulo de Rotura**

Una de las características más importantes en el estudio de los materiales es su comportamiento esfuerzo-deformación. El conocimiento de dicha relación nos permite seleccionar criterios de diseño y fundamentalmente fijar factores de seguridad.

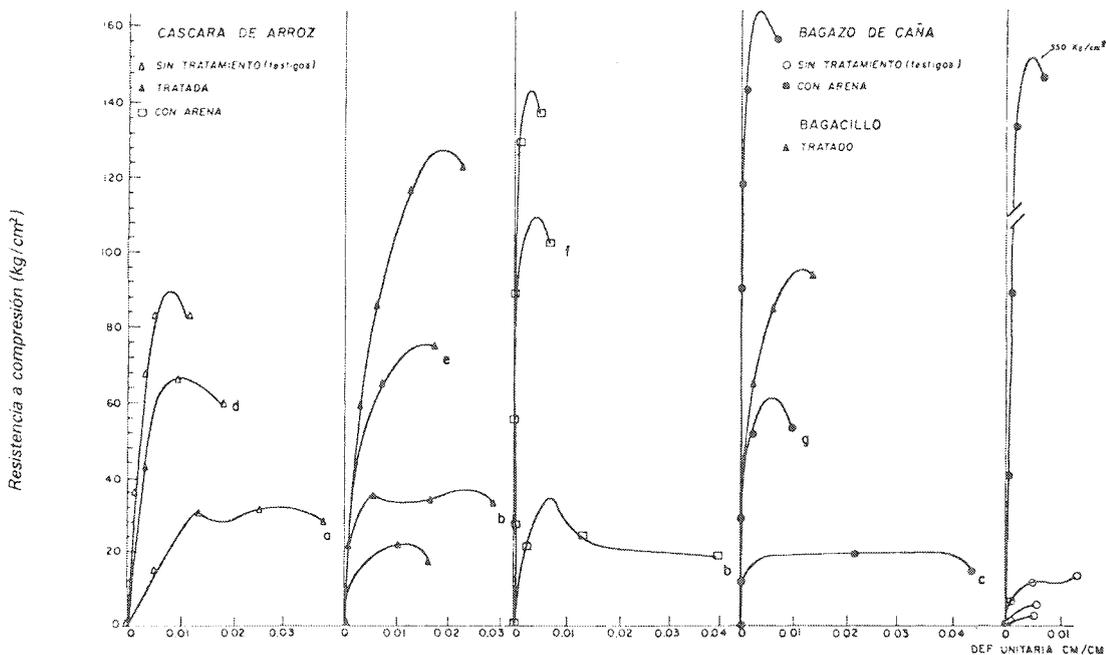
La gráfica 10 presenta el comportamiento esfuerzo-deformación para diversos proporcionamientos de hormigón a base de bagazo de caña y cáscara de arroz. Se puede observar que la ductilidad del material depende del contenido del desperdicio.

El Módulo Elástico es mayor cuando se tienen mayores consumos de cemento. Este varía desde 10,000 kg/cm<sup>2</sup> hasta 100,000 kg/cm<sup>2</sup> dependiendo de las condiciones antes mencionadas.

Para el caso de los hormigones a base de fibra de coco, el Módulo Elástico a compresión varía de 10,000 kg/cm<sup>2</sup> a 60,000 kg/cm<sup>2</sup>, dependiendo fundamentalmente del contenido de cemento.

En todos los casos la falla es de tipo dúctil.

El Módulo de Rotura es una medida indirecta de la resistencia a tracción.



Gráfica 10. Curvas esfuerzo - Deformación del hormigón a base de desperdicios agrícolas.

### Evaluación de la Durabilidad

La durabilidad del hormigón a base de subproductos agrícolas, se determinó mediante pruebas convencionales, utilizando, para hormigón normal, el ataque por descomposición química y corrosión.

Los resultados obtenidos (1), en términos generales, son favorables a los nuevos materiales desarrollados. Estos son más resistentes al ataque químico y a la corrosión que los materiales convencionales utilizados como testigos. Se puede afirmar que se debe a la resistencia que opone la materia orgánica de los agentes agresivos utilizados.

### Otras propiedades

De las pruebas de resistencia al fuego puede concluirse que el hormigón a base de desperdicios orgánicos tratados es autoextinguible, es decir, la propagación del fuego es prácticamente nula, y en el caso del desperdicio tratado con azufre, el desprendimiento de gas tóxico se anula empleando en la superficie del hormigón un revoco de yeso.

### Conclusiones

A partir de la evaluación de los resultados anteriores en que se estiman cuantitativa y cualitativamente las propiedades del hormigón a base de desechos agrícolas, puede concluirse lo siguiente:

Los desperdicios orgánicos sometidos a un tratamiento adecuado, pueden emplearse como material de construcción ya que su comportamiento mecánico es satisfactorio.

En algunos casos resulta ventajoso el comportamiento del hormigón a base de desperdicios orgánicos con respecto al ataque severo de agentes químicos agresivos.

Se puede pensar en la utilización de estos materiales, tanto en las zonas rurales como en las zonas urbanas, incluso en construcciones multifamiliares ya que podrán sustituir a algunos elementos prefabricados costosos de manera más eficiente y tienen propiedades que no ofrecen los materiales tradicionales, como son el aislamiento térmico y acústico y su ligereza.

En resumen, los hormigones a base de subproductos agrícolas tienen resistencia a compresión entre 20 y 200 kg/cm<sup>2</sup> dependiendo del caso de que se trate.

La inclusión de una carga de arena incrementa notablemente la resistencia en algunos casos, aún para consumos reducidos de cemento.

(1) *Informes Técnicos:*

V. Lemus y H. López  
«Hormigones Especiales a Base de Bagazo de Caña y Cáscara de Arroz».

Instituto de Investigaciones en Materiales,  
Universidad Nacional Autónoma de México, junio 1980.

V. Lemus y H. Olvera  
«Hormigones Especiales a Base de Fibra de Coco».

Instituto de Investigaciones en Materiales,  
Universidad Nacional Autónoma de México, junio, 1980.

# EL ESTUDIO INTEGRAL DE LA MADERA PARA LA CONSTRUCCION DEL PADT-REFORT DE LA JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA

TEJADA, M. y PIQUE, J.  
PADT-REFORT, JUNAC, Perú

Los cinco países del Grupo Andino (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) están ejecutando un proyecto de desarrollo tecnológico para introducir la madera tropical (latifoliada) como material de construcción. Se han realizado investigaciones, entrenado personal, equipado laboratorios y editado publicaciones en las áreas de tecnología e ingeniería de la madera. Las expectativas de reiniciar la construcción con madera son muy buenas.

## RECURSO Y PROBLEMA

Casi el 47 % de la superficie de los países miembros del Pacto Andino (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) está cubierta de bosques. El área cubierta alcanza 2.2 millones de kilómetros cuadrados de bosques naturales, la mayor parte de los cuales son selvas tropicales y subtropicales.

El volumen de madera comercial que contienen estos bosques es de más de 40.000 millones de metros cúbicos. Utilizando solamente el 10 % de este volumen se podrían, teóricamente, construir 13 millones de viviendas por año, previendo un tiempo de rotación del bosque de 30 años para asegurar su renovación y permanencia.

Por otra parte, en los países andinos existe un déficit de viviendas estimado en casi 4.300.000 unidades. Según estudios realizados recientemente por la Junta del Acuerdo de Cartagena, éste seguirá incrementándose a un ritmo del 4 % anual, alcanzando seis millones para 1990.

El panorama general podría resumirse de la siguiente manera: por un lado, la existencia de un recurso cuantioso y, por otro lado, la existencia de un déficit de viviendas que evidentemente no podrá ser cubierto con los materiales de construcción convencionales, debido a su continuo encarecimiento y a que las técnicas de construcción en general no contribuyen al abaratamiento de los costos.

El uso de la madera, que fue intensivo en nuestros países hasta inicios del presente siglo, se redujo a niveles mínimos con el advenimiento de la era del hormigón. A partir de entonces, la utilización de la madera en la construcción fue disminuyendo progresivamente a la vez que, como consecuencia, se estancaba el progreso tecnológico referente al conocimiento de sus propiedades y condiciones de uso.

El Estudio Integral de la Madera para la Construcción se planteó con objeto de enlazar una oferta considerable de materia prima con la crítica demanda de viviendas, con el fin de interconectar estos dos elementos y conseguir que el principal recurso natural renovable que posee la Subregión sirva para aportar solución a uno de los principales problemas socio-económicos que afectan al área andina.

## DIFICULTADES TECNOLOGICAS IMPERANTES

Dentro de las dificultades técnicas que impiden el uso de la madera tropical como material de construcción se pueden mencionar las siguientes:

- **Heterogeneidad del bosque tropical.**—Se estima que hay más de 2.500 especies maderables en los bosques andinos, de las cuales unas 600 son adecuadas para construir. Esta característica plantea dificultades enormes para el estudio de sus propiedades.
- **Diferencias anatómicas entre las maderas coníferas y latifoliadas (tropicales).**—Estas diferencias hacen que el comportamiento de los elementos constructivos fabricados con ellas sea diferente. Los textos y manuales de diseño provenían de países que usan principalmente maderas coníferas en la construcción; sus recomendaciones no son aplicables a madera tropical.
- **Abastecimiento del material e infraestructura existente deficiente o subutilizada.**
- **Falta de información tecnológica.**—Debido a la falta de laboratorios y personal en el área de ingeniería y por la limitada fiabilidad estadística de los estudios tecnológicos existentes era difícil usar dichos valores para establecer propiedades de diseño representativas y seguras. Por otro lado, los ensayos tecnológicos, al limitarse a estudiar especímenes pequeños libres de defectos, no consideran la influencia de éstos en los elementos de madera de tamaño natural y no permiten por sí solos el establecimiento de valores de cálculo.

## EL PROYECTO

El Estudio Integral de la Madera para la Construcción es uno de los Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Área de los Recursos Forestales Tropicales (PADT-REFORT). El objetivo inmediato de este Estudio es la incorporación de la madera tropical como material de construcción alternativo.

Algunos principios fundamentales en los que se basa son los siguientes:

- El trabajo se ejecuta en etapas progresivas y para cubrir todo el ciclo de generación de tecnología.
- Reforzar la capacidad de investigación, a través del entrenamiento y equipamiento.
- Introducir la multidisciplina para la obtención de soluciones tecnológicas, con la inclusión de estudios socio-económicos.
- Obligar a que la construcción con madera se desarrolle alrededor de una base técnica y un marco legal normativo y financiero adecuados.

- Difundir las tecnologías desarrolladas a través del entrenamiento de profesores universitarios y publicaciones de difusión.

### ETAPAS DEL ESTUDIO INTEGRAL DE LA MADERA

Este proyecto fue planeado y se está ejecutando en tres etapas de cobertura progresiva:

- 1) Conocimiento del material
- 2) Técnicas constructivas
- 3) Infraestructura de producción

La **primera etapa** estuvo orientada a los estudios de tecnología y parte de ingeniería con la finalidad de desarrollar la base tecnológica necesaria para hacer la madera tropical conocida como material de construcción. Primeramente se tuvieron que estudiar los aspectos técnicos y se trabajó también en las áreas de estandarización, educación y promoción. El mayor peso del esfuerzo estuvo concentrado sin embargo en la investigación.

Este esfuerzo conjunto y coordinado de los países andinos se concluyó en 1978, en él participaron más de 200 técnicos en 11 laboratorios subregionales y el Laboratorio Andino de Ingeniería de la Madera (LADIMA), administrado por JUNAC en la sede central. Se estudiaron 105 especies que fueron seleccionadas por los propios países por: su abundancia, tamaño de árboles, posibilidad de su aplicación en construcción e interés en su explotación comercial.

La **segunda etapa** estuvo orientada al desarrollo de técnicas de construcción incluyendo el estudio de componentes adecuados, sistemas estructurales y procesos constructivos. Esta etapa incluye tres actividades importantes.

Desarrollo de investigaciones de ingeniería de la madera en los cinco países andinos. Estas investigaciones se realizan preferentemente sobre componentes a escala natural con la finalidad de optimizar el consumo de material. Dentro de este programa se completó la instalación del LADIMA, habilitándolo para el ensayo de componentes, estructuras, paneles de muros y un simulador sísmico para investigar el comportamiento dinámico de casas completas. Simultáneamente se han instalado laboratorios con las mismas facilidades para ensayos de elementos y componentes a escala natural (excepto el simulador sísmico) en los 5 países miembros. Dentro de esta actividad se está entrenando personal técnico subregional, incluyendo personal de las entidades de vivienda, servicios forestales y profesores universitarios de las facultades de Ingeniería y Arquitectura. Hasta la fecha han participado más de 150 técnicos en los seminarios organizados. Con estas actividades se está estableciendo en los países andinos la ingeniería de la madera como una especialidad permanente. Un segundo programa de actividades abarcó el análisis de la infraestructura industrial existente para el abastecimiento de madera. Estos estudios incluyeron aserraderos, plantas para la producción de tableros a base de madera y las posibilidades de usar otros subproductos. Estos estudios toman en cuenta aspectos económicos, industriales y también tecnológicos (se están efectuando ensayos para determinar las propiedades mecánicas de muestras representativas de los productos de cada país), además de su posible uso en la construcción de casas.

Un tercer conjunto de actividades consistió en el desarrollo de Estudios de Factibilidad para la construcción de cinco conjuntos habitacionales de aproximadamente 100 viviendas por país. Con ellos se espera iniciar la demanda a la vez que servirán para comprobar de manera práctica el funcionamiento de los sistemas constructivos desarrollados. Se han construido más de una docena de prototipos.

Estos estudios servirán de modelo a seguir a los propios países en futuros conjuntos. Cubrieron aspectos sociales, en especial relacionados con la distribución espacial del déficit de viviendas, aspectos de aceptabilidad de la casa de madera por parte de los usuarios con relación a sus patrones socio-económicos, hábitos, clima y estudio de materiales complementarios disponibles. Además, se realizaron estudios sobre niveles de ingresos, aspectos demográficos y estructura del gasto de los posibles usuarios. Finalmente se realizaron investigaciones sobre aspectos legales, normativos, políticos y de financiación que enmarcan el sector de la vivienda económica en la subregión. En este subproyecto las instituciones de vivienda de los países tuvieron una participación importante, aportando técnicos en todas las áreas cubiertas. Como resultado de estos estudios se determinaron los estratos de la población que tendrían acceso a la vivienda de madera (en las actuales circunstancias de deficiente suministro del material), se determinaron las ciudades donde se edificarían los conjuntos, el mercado potencial y real del proyecto y se definieron los costos y financiación del mismo. (9).

La **siguiente etapa** para consolidar la introducción de la madera como material de construcción es el desarrollo de la infraestructura de producción industrial en la subregión. Esto incluye, no solamente aquella de apoyo a la producción de madera o materiales derivados de la madera, sino también los estudios de factibilidad para la instalación de las plantas inexistentes en las zonas con demanda potencial. Estas serán las plantas de secado, preservación, aserraderos y reaserraderos, plantas para la producción de componentes de casas, como cerchas y muros o paneles y, finalmente, la instalación de fábricas de casas completas.

Se han llevado a cabo los estudios de factibilidad para la instalación de fábricas de tableros de madera-cemento en los cinco países andinos. Este material ofrece notables ventajas sobre otros tableros a base de madera y representa una solución muy prometedora para revestimientos.

### TRABAJOS EXPERIMENTALES

El objetivo de la investigación ha sido optimizar el uso del material ya sea en su forma de elementos (vigas, columnas, pie-derechos) o como componentes (cerchas o tijerales, paneles para muros). Ha sido necesario investigar progresivamente el material en su forma primaria (estudios de tecnología de la madera) y luego en forma de elementos (estudios de ingeniería y componentes).

#### Investigación Tecnológica

En la primera etapa se llevaron a cabo más de 100.000 ensayos tecnológicos sobre más de 500 metros cúbicos de madera, recogida directamente de los bosques con un riguroso muestreo aleatorio. Se realizaron:

- 1.500 estudios de muestras de anatomía a nivel macro y microscópico, garantizando, de esta forma, la correcta identificación de las especies estudiadas.
- 6.800 ensayos de propiedades físicas como densidad básica y contracciones.
- 38.000 ensayos de propiedades mecánicas tales como flexión, corte o cizallamiento, compresión paralela y perpendicular al grano, tenacidad, dureza y extracción de clavos. La magnitud de este esfuerzo puede apreciarse mejor si se toma en cuenta que cada ensayo dura entre 6 y 20 minutos, sin considerar las actividades de colección y preparación de muestras ni los posteriores análisis de resultados, informes y publicaciones.
- 8.000 ensayos de uniones clavadas y empernadas.
- 6.800 pruebas de secado al aire y al horno con diversos programas de secado.
- 10.400 ensayos de preservación con sustancias hidrosolubles y oleosolubles.
- 42.000 ensayos de trabajabilidad que incluyen cepillado, taladrado y moldurado.

Adicionalmente se efectuaron alrededor de 3.000 ensayos de flexión con vigas a escala natural. Esta actividad constituyó un alejamiento del tradicional estudio tecnológico de la madera que se limitaba a los ensayos de probetas pequeñas libres de defectos.

El equipo para ensayos a escala natural fue diseñado como parte de las actividades del proyecto.

Equipos similares han sido instalados en los laboratorios participantes de los países andinos.

De los estudios de propiedades mecánicas pudo apreciarse una diferencia significativa con respecto al comportamiento de maderas coníferas.

En la Fig. 1 se observan, para dos especies de similar densidad ( $D.B. = 0.45$ ) que la especie latifoliada presenta una mayor resistencia pero un menor módulo de elasticidad que la conífera. Esta característica se man-

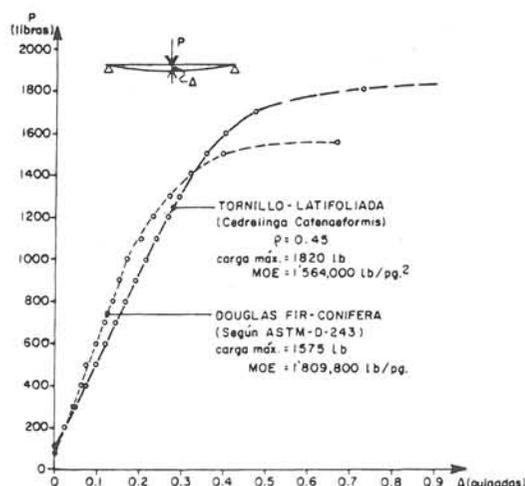


Fig. 1.—Comparación de curvas carga-deformación para una madera latifoliada y una conífera de similar densidad. Ensayo de flexión con probetas de  $5 \times 5 \times 70$  cm.

tiene consistentemente para la mayoría de especies, lo que indica que el diseño está controlado por deformaciones y no por resistencia, en la mayoría de los casos.

### Ensayos de Ingeniería

En la segunda etapa del Estudio, iniciada en 1979, se programaron adicionalmente a los ensayos de tecnología para 50 especies más, a ser efectuados en los laboratorios de cada país, ensayos de elementos y componentes a escala natural.

**Ensayos de Vigas para Clasificación.**—A fin de incrementar el número de especies con esfuerzos de cálculo verificados se están ejecutando ensayos de vigas en flexión para determinar su Factor de Calidad (F.C.), es decir, su relación entre el esfuerzo o módulo de rotura (MOR) de vigas y MOR de sus respectivas probetas. 50 especies adicionales serán incorporadas a los grupos de resistencia.

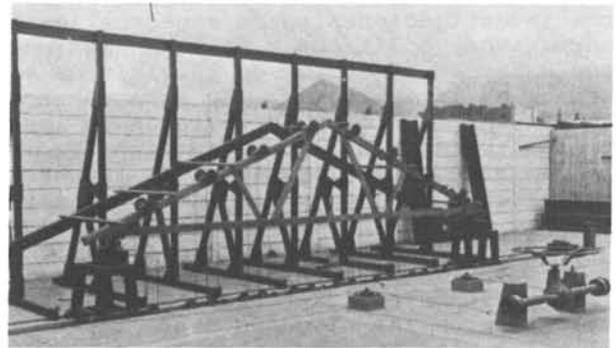


Fig. 2.—Sistema de Poleas para el ensayo de tijerales o cerchas (LADIMA, Lima - Perú).

**Ensayos de vigas para el Estudio de la Influencia de Defectos.**—Se ensayaron aproximadamente 500 vigas de 5 especies distintas con la finalidad de evaluar la influencia de los defectos en la rigidez y resistencia de las mismas y sugerir modificaciones a la regla de clasificación para madera estructural desarrollada en el proyecto. Conclusiones preliminares permiten afirmar que los defectos influyen mayormente en la resistencia —caracterizada por el módulo de elasticidad por el MOR— pero no tan claramente en la rigidez, caracterizada por el módulo de elasticidad (MOE). Considerando que los cálculos de elementos en flexión están controlados por deflexiones, esto implicaría que la clasificación podría ser liberalizada tratándose de vigas. (2)

**Ensayo de Vigas sometidas a cargas de Larga Duración.**—Se han ensayado 140 vigas cargadas permanentemente con la finalidad de determinar el incremento de la deformación con el tiempo. De modo general puede señalarse que las deformaciones iniciales sufren un incremento que varía entre 2 y 3, independientemente del nivel de esfuerzos o del contenido de humedad en el momento de la carga. (4)

**Ensayos de Cerchas o Tijerales.**—Se están ensayando 400 tijerales de luces de 6 a 8 m y diferentes configuraciones como tipos de elementos. El objetivo de este programa es proponer al usuario diseños completos verificados y ensayados, construidos con especies locales. En la Fig. 2 se observa el mecanismo de ensayos que ha sido instalado en los laboratorios de los países.



Tabla 1.—Esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad para maderas del Grupo Andino (kg/cm<sup>2</sup>).

Propiedad	GRUPO	A	B	C
<b>Esfuerzos de cálculo</b>				
— flexión, fm .....		210	150	100
— tracción, ft .....		145	105	75
— compresión .....	fc//	145	110	80
— compresión .....	fc⊥	40	28	15
— cortante fv .....		15	12	8
<b>Módulos de elasticidad</b>				
— MOE promedio ....		130,000	100,000	90,000
— MOE mínimo .....		95,000	75,000	55,000

— **Código de Construcción.**—Se ha preparado un código para el diseño de viviendas y pequeñas construcciones con madera que servirá de base a las normas nacionales en este momento inexistentes. Incluye una propuesta de aplicación de la coordinación modular. Este marco legal es imprescindible para garantizar la práctica estable y continua de la ingeniería de la madera.

— **Publicaciones.**—Se han editado publicaciones de distinto carácter, unas promocionales y otras con mayor contenido técnico:

«Cartilla de Promoción». Publicación elemental con fines de divulgación. (5)

«Cartilla de Construcción con Madera». Destinada a familiarizar ingenieros, arquitectos y estudiantes universitarios con los principios de la construcción con madera. (6)

«Descripción General y Anatómica de 105 Especies Tropicales». Documento que permite la identificación de estas especies tropicales, de utilidad para el productor y el usuario. (8)

«Tablas de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera de 104 especies del Grupo Andino». Editada en cinco volúmenes separados de los primeros ensayos de tecnología. (1)

«Manual Andino de Diseño para Maderas del Grupo Andino». Publicación que resume los resultados de las investigaciones de tecnología e ingeniería así como las propuestas de protección de la edificación, sistemas y detalles constructivos. Está destinada a cubrir el vacío de información de diseño existente.

Dirigido a ingenieros, arquitectos y estudiantes de ingeniería, constituye un instrumento de aplicación inmediata y de uso específico en el campo de la construcción con madera. (7)

## CONCLUSIONES

El avance logrado hasta el momento para la incorporación de la madera como material de construcción permite esperar que este proceso siga avanzando. Más aún, la construcción de 500 casas en los países andinos representa la aplicación de las investigaciones y desarrollos efectuados, siendo ahora la continuación de estos trabajos de alcance masivo y orientado al mejoramiento de la vivienda completa. Estudios de factibilidad sobre plantas de aserrado, preservación, secado y fabricación de componentes constituyen el paso siguiente obligado para la implantación definitiva de la construcción con madera y racionalización de los costos.

## REFERENCIAS

- PADT-REFORT, JUNAC, 1981, Tablas de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera de 20 especies de Bolivia, 24 de Colombia, 20 del Ecuador, 20 del Perú y 20 de Venezuela, JUNAC, Perú.
- \_\_\_\_\_, 1982, «Influencia de Defectos en la Rigidez y Resistencia de Vigas de 5 Especies de la Subregión Andina», JUNAC, Perú.
- \_\_\_\_\_, 1982, «Ensayos Dinámicos de Paneles con Entramados de Madera y Diversos Revestimientos», JUNAC, Perú.
- \_\_\_\_\_, 1982, «Ensayos de Vigas sometidas a Cargas de Larga Duración», JUNAC, Perú.
- \_\_\_\_\_, 1980, «Cartilla de Promoción», JUNAC, Perú.
- \_\_\_\_\_, 1980, «Cartilla de Construcción con Madera», JUNAC, Perú.
- \_\_\_\_\_. 1982, «Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino», 3.ª edición preliminar, JUNAC, Perú.
- \_\_\_\_\_, 1981, «Descripción General y Anatómica de 105 Maderas del Grupo Andino», JUNAC, Perú.
- \_\_\_\_\_. 1982, «Construcción de Cinco Conjuntos Habitacionales de Viviendas de Interés Social a base de Madera». Documento Síntesis Subregional, JUNAC, Perú.
- PIQUE, J., TEJADA, M., 1981 «Working Stresses for Tropical Hardwoods of the Andean Group Countries», JUNAC, Perú.

# INDUSTRIALIZACION PARA LA AUTOCONSTRUCCION

COVARRUBIAS GAITAN, F.

Director General de Equipamiento Urbano y Vivienda, México

Este informe presenta el comportamiento actual de la vivienda en México, y los avances obtenidos hasta la fecha, de una nueva tecnología aplicada para la vivienda de bajo costo.

Marco de la producción de la vivienda en México 1970-1980 y proyección de necesidades para el año 2000.

Tradicionalmente, el concepto de vivienda se ha limitado a considerarla como un producto terminado. La mayor parte de los programas de vivienda y las normas técnicas han estado dirigidas a este propósito.

Este concepto ha restringido las alternativas dirigidas a los grupos de bajos ingresos, que realiza su vivienda mediante un proceso Progresivo de Autoconstrucción.

En general, la vivienda del mercado formal que se produce en el país no se encuentra al alcance de la población con ingresos inferiores al salario mínimo. Por ello, es necesario que los programas de vivienda sean conceptuados como VIVIENDA: PROGRESIVA, TERMINADA Y MEJORAMIENTO, adecuándolos a la capacidad de pago de la población y prevean porcentajes aceptables a sus ingresos, estableciendo la correlación ingresos-VIVIENDA; generar nuevas alternativas tecnológicas para los grupos de menores ingresos, con el fin de crear empleo estable y permanente, reducir los costos de la obra y el tiempo de edificación, racionalizar los sistemas constructivos, atender al aprovechamiento de la industria local, para evitar el desplazamiento hacia nuevos asentamientos irregulares.

Durante la pasada década la producción de vivienda adquirió gran importancia por la decidida intervención del Gobierno Federal al instrumentar y reestructurar, en ese período, un conjunto de organismos y políticas financieras, administrativas y legales, que modificaron en forma sustancial el comportamiento histórico del país.

En 1970, según datos del IX Censo de Población y Vivienda, existían 48,2 millones de habitantes con 8,3 millones de viviendas, mientras que en 1980, según datos preliminares del X Censo de población y vivienda, existen 67,4 millones de habitantes con 12,2 millones de viviendas.

Observándose un incremento en la población del (39,8 %) con 19,2 millones de habitantes mientras la producción de vivienda obtuvo un mayor incremento del (47,4 %) con 3,9 millones de viviendas, lo que representa el esfuerzo sin precedente, realizado en este lapso en especial si se comparan las cifras con los aumentos obtenidos en décadas anteriores de 1941 a 1960 (21,9%) y de 1961 a 1970 (29,3%) en dicho rubro.

Ahora en lo que se refiere a las tasas promedio de crecimiento anual, mientras la población crecía al 3,4 %, la producción habitacional lo hizo a un ritmo superior; 4,0 % entre 1970 y 1980, obteniéndose una densidad domiciliaria promedio con esta producción de 4,9 Hab/viv., logrando con esto, pasar de 5,8 Hab/viv. a

principios de la década a 5,5 Hab/viv. a finales de la década, siendo 1970 el año cumbre, dado que anteriormente era ascendente y ahora descendente.

El hacinamiento en 1980 asciende a 1,11 Fams/viv. dado que existen 13,6 millones de familias, por lo que se estima a esta fecha con déficit total acumulado de casi 4 millones de viviendas, correspondiendo 1,4 millones de éstas como necesidad de viviendas nuevas y el resto a necesidades de ampliación y mejoramiento del inventario de vivienda total existente, siendo aceptables 7,8 millones de viviendas (63,5 %) y no aceptables 4,4 millones de viviendas (36,5 %).

Tomando en cuenta los criterios y política de consejo nacional de población en la alternativa programática de llegar al 1 % de crecimiento al año 2000, la población ascenderá a 100,2 millones de habitantes y, manteniéndose constante la tasa de crecimiento actual del 2,9 % anual, la población ascenderá a 123,8 millones de habitantes, notándose un incremento en la población del 32,8 y 56,4 millones de habitantes respectivamente.

Teniendo como primer objetivo producir el número de acciones de vivienda requerido para cubrir tanto las necesidades que presenta el incremento demográfico para el período 1981-2000, las cuales ascienden a 5,8 millones de viviendas; como las ocasionadas por el deterioro que presenta el inventario habitacional existente, las cuales representan 6,9 millones de acciones de vivienda; se estima que las necesidades totales a largo plazo serán de 12,7 millones de viviendas.

Dependiendo del crecimiento real de la población al año 2000 en cualquiera de sus dos alternativas (2,0 y 3,1% como tasa promedio anual) y tomando en cuenta las metas habitacionales antes descritas (3,6% como tasa promedio anual) y el inventario habitacional existente, la densidad domiciliaria al mismo año con 24,9 millones de viviendas variará entre 4 y 5 Hab./viv., mostrándose un decrecimiento aceptable entre medio, uno y medio punto con respecto al que tenemos ahora.

Las metas de vivienda contemplan la participación de los sectores público, privado y social para satisfacción de las necesidades de la sociedad en su conjunto. La evolución previsible de las acciones e inversiones de dichos sectores se ha analizado en base a su comportamiento histórico, así como a los mecanismos de regulación, inducción y fomento que permitirán apoyar la consecución de las metas.

La participación del sector público ascenderá a 5,4 millones de viviendas, representando el 42,5 % del total de las necesidades y los sectores privado y social participarán con 2,9 y 4,4 millones de viviendas, representando el 22,8 y 34,7 %, respectivamente.

Las necesidades totales de vivienda, al distribuirse en relación a los niveles de ingresos de la población, serán de 8,6 millones de viviendas, de valor igual al salario mínimo, lo que representa el 67,8 %; entre 1 y 2 veces el salario, 2,0 millones de viviendas, lo que representa el 15,7 %; entre 2 y 4 veces el salario, 1,4 millones de viviendas, lo que representa el 11 %, y de 4 veces en adelante 0,7 millones de viviendas, lo que representa el 5,5 %.

El programa concibe la producción de vivienda como una fuente mayor de generación de empleo e ingresos,

estableciendo que la inversión en el capítulo de vivienda debe representar entre el 4,5 y 5 % del producto interno bruto al año 2000, como una aproximación al 5 % recomendado por las Naciones Unidas para los países en vías de desarrollo; una estimación preliminar señala que la inversión total en vivienda representó en 1981 el 3,3 % del P.I.B.

La dosificación de la oferta del sector público para el período 1981-2000, en lo que se refiere a acciones e inversión por tipo de programa, se distribuirá: para la vivienda progresiva, con 1,9 millones de viviendas (35,2%), con una inversión de 238.863,4 millones de pesos (21,8%); para la vivienda terminada, con 0,8 millones de viviendas (14,8%), con una inversión de 407.125,7 millones de pesos (37,2%), y, por último, para el mejoramiento de vivienda, con 2,7 millones de acciones de viviendas (50,0%) y con 448.559,5 millones de pesos de 1980 (41,0%) del total.

Uno de los impactos fundamentales de la acción habitacional es la demanda que se genera en la industria de la construcción, ya que, si bien la vivienda no es la más importante demandante de materiales, sí tiene significado su participación en el consumo esperado y es un factor más en la presión sobre los productores.

Estimar la demanda de materiales requeridos en la producción de vivienda en base al estudio de necesidades permite cuantificar el total y la importancia que tienen estos requerimientos frente a la capacidad productiva de la planta industrial, con el fin de prever las posibles incapacidades productivas de la misma en el año 2000, así como identificar estrangulamientos industriales y conocer de antemano la necesidad de ampliar la producción de materiales para la vivienda.

Demanda total de materiales básicos para los elementos de:

- acero de armaduras 8,7 millones de toneladas,
- cemento 83,2 millones de toneladas,
- arena 239,2 millones de m<sup>3</sup>,
- grava 84,8 millones de m<sup>3</sup>,
- tabique 107,8 millones de millares,
- madera 20,5 millones de m<sup>3</sup>, y
- piedra 196,9 millones de m<sup>3</sup>.

En lo que se refiere a los materiales complementarios: 1,3 millones de toneladas para acero secundario; 4,4 millones de toneladas de cal; 51,4 millones t para yeso; 53,1 millones de m<sup>2</sup> de celosía; 134,2 millones de m de tubo de drenaje; 363,3 millones de m lineales tubos de agua; 908,3 millones de m lineales de instalación eléctrica; 708,4 millones de m<sup>2</sup> de impermeabilizante para techos; 102,2 millones de m<sup>2</sup> de vidrio; 2.663,3 millones de m lineales de alambre eléctrico, y 170,3 millones de salidas eléctricas.

Por último, respecto a la demanda de componentes tenemos: para puertas 36,9 millones de piezas; ventanas 102,2 millones de m<sup>2</sup>; armarios 45,7 millones de m lineales, muebles sanitarios 9,2 millones de juegos; lasas y cerchas 500,1 millones de m lineales; muros 1.032,5 millones de m<sup>2</sup> y en cimentación 522,5 millones de m lineales, de acuerdo con los factores unitarios por vivienda utilizados con las tecnologías actualmente vigentes.

Estas demandas de materiales conocidas y distribuidas con respecto al tiempo y al espacio permiten proponer diversas políticas de fomento industrial que conlleven a incrementar la producción de los materiales básicos, complementarios y/o componentes para la construcción de viviendas, por zonas regionales de mayor crecimiento urbano. Asimismo, se podrán proponer las normas y los mecanismos de coordinación que permitan realizar programas integrales de vivienda en que participen diversas dependencias y entidades públicas.

El Programa Nacional de Vivienda establece una serie de criterios normativos derivados de la planificación para la industrialización de componentes para la vivienda.

Estos criterios, que parten de la congruencia con el programa nacional de empleo y el Plan Nacional de Desarrollo Industrial, establecen formas de industrialización de elementos de vivienda para adecuarlos progresivamente a las alternativas tecnológicas.

Hasta el momento se han realizado diversos planteamientos particularmente enmarcados en los programas operativos del Programa Nacional de Vivienda, correspondiente a Normalización de Componentes, a la Sistematización de Prototipos y el Apoyo a la Autoconstrucción.

El Programa Operativo de Normalización de Componentes para la Vivienda está dirigido a mejorar los niveles de eficiencia en el uso de los recursos disponibles; se vincula con la política de reducción de costos de la vivienda y fundamentalmente en la fase de producción, mediante adecuaciones técnicas. A su vez, es una forma de potenciar la generación de empleo a través de la producción de vivienda; busca la manera congruente de obtener alta productividad, bajo costo, reducir tiempos y el desarrollo de tecnologías adecuadas.

Pretende estimular las acciones conjuntas del sector público en los sectores privados y sociales, por una parte, al incidir en las plantas instaladas y por otra, al producir componentes que pueden incorporarse a las diversas dinámicas que se utilizan en la construcción de vivienda: progresiva, terminada o de mejoramiento, ya que la producción de componentes con un volumen apropiado puede permitir, mediante economías de escala, la producción masiva y, por consiguiente, la reducción de costos y de tiempos de edificación.

Para elevar sustancialmente los niveles de productividad es necesaria la racionalización y sistematización de componentes físicos, mediante la normalización, la producción masiva y el empleo de la coordinación modular, la cual permitirá el uso de tecnologías apropiadas, abarcando una amplia gama de niveles técnicos y modalidades de producción en cada caso.

La normalización permite, a un tiempo, la diversidad y la flexibilidad; alienta la combinación de diversas acciones mediante criterios que cubren coordinación modular, compatibilidad de juntas y rendimientos y permite acelerar procesos constructivos, reducir costos, abrir mercados, elevar la productividad, crear empleo permanente y estable e impulsar a las industrias de la siderúrgica y de la petroquímica.

Mediante la producción industrial de componentes dimensionados se podrán ofrecer elementos que permitan

la construcción a pie de casa, el mejoramiento de la vivienda, la ampliación o terminación de la misma, utilizando fundamentalmente componentes nacionales.

La normalización de componentes es una acción de apoyo a la producción de bienes y servicios de la vivienda y se sitúa dentro de la estrategia del Programa Nacional de Vivienda, vinculándose con el desarrollo económico mediante la producción y el bienestar colectivo.

Este programa apoya las diversas líneas de acción del Programa Nacional de Vivienda. En relación con la vivienda progresiva, simplifica los esfuerzos de la autoconstrucción, genera empleo permanente en la industria de la construcción; en vivienda terminada, incrementa el proceso de sistematización e industrialización y reduce los tiempos de ejecución. En relación con el mejoramiento de la vivienda, permite utilizar componentes para sustituir elementos deteriorados y para ampliar o mejorar los servicios.

#### SISTEMA MODULAR PROGRESIVO ALTERNATIVAS Y SOLUCIONES

La previsión de soluciones adecuadas de las diversas dinámicas de vivienda para los grupos de bajos ingresos a un costo accesible ha sido difícil, por no decir imposible, no sólo en México sino en todo el mundo.

Los rasgos esenciales de tal enfoque a la vivienda parten, por un lado, de la experiencia de «la casa que crece», que llevó a cabo el Arq. Pedro Ramírez Vázquez en 1963 y, por otra parte, el resultado de una larga investigación y análisis de experiencias tanto de instituciones por largos años dedicados a la vivienda como: **BANOBRAS, INFONAVIT, FOVISSTE, FOVI, BANCA PRIVADA**, constructores, técnicos y profesionales de diversas especialidades. Los alcances logrados son una tipificación y normalización que, a nivel técnico, ha permitido comprobar una gama de soluciones de espacio que requiere la vivienda y que corresponde al dimensionamiento de la producción industrial actualmente instalada en el país. Este común denominador es: el módulo básico de 90 cm a paños interiores compuesto por submúltiplos para acabados, que permiten la industrialización masiva de componentes.

La industrialización de los elementos para la vivienda a partir del módulo de 90 cm es una medida adecuada para cubrir todas las necesidades de una casa-habitación: el ancho de la puerta, el espacio de una ducha, de un excusado, un lavabo, una escalera, etc. puede decirse que el uso del módulo ya es inicio de economía de un 20 % en cuanto a espacio y, por lo tanto, en costo.

Los prototipos normalizados se han modulado a paños libres, para que el uso de materiales locales en los muros no rompan con el concepto de dimensionamiento; por otra parte, se han desarrollado atendiendo a los diversos grupos de ingresos, permitiendo un margen de crecimiento y mejoramiento realizado por el usuario.

Cabe señalar que la normalización de estos prototipos permite la inclusión de materiales locales y, obviamente, los procedimientos de construcción adecuados a ellos; la racionalización del diseño económico que permite flexibilidad en soluciones diversas. Utilizando componentes industrializados se puede obtener un crecimiento dinámico de la vivienda en cuanto a las nece-

sidades del propio usuario. El reto tecnológico es producir estos materiales a costos accesibles y que permitan una construcción rápida para aprovechar el tiempo disponible.

Son necesarios nuevos módulos, nuevos materiales y nuevos sistemas para crear con ellos la arquitectura de nuestra época, sin olvidar que éstos van a estandarizar a todos, ya que el tabique no estandarizó las arquitecturas pasadas.

Así, en la vivienda con empleo, ingresos y amplia producción de componentes, el usuario podrá definir e incluso construir su propia casa, teniendo en cuenta que cada casa de dos habitaciones podrá crecer de una a más de acuerdo con las necesidades, la conveniencia y los recursos del usuario. La normalización y sistematización de materiales y componentes está orientada a la producción de todas las líneas de acción habitacional, progresiva, terminada o mejoramiento de la vivienda-unifamiliar y multifamiliar.

Este proceso de normalización y sistematización parte del análisis de las condiciones actuales de la industria de la construcción, particularmente en función de las condiciones regionales, los materiales, precios, capacidad de producción. Se analizan también los criterios aplicables para su desarrollo apropiado en proyectos que sean congruentes con los aspectos de producción y comercialización, así como los estímulos y controles para un sano desarrollo de este proceso.

Fomentando la comercialización de los elementos industrializados se impulsa a la pequeña y mediana industria local, se producen componentes adecuados a la región, se aprovecha al máximo la capacidad instalada. Este incremento deberá transformarse en instrumento de bienestar al reducir los costos y aumentar y facilitar la capacidad constructiva del país.

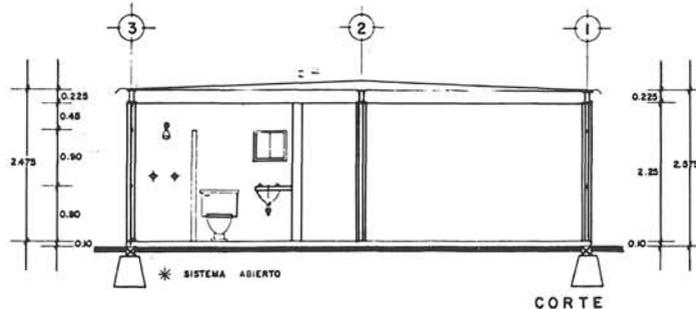
La construcción normalizada permite un mejor cálculo de productos, reduce tiempos y costes de la edificación, cubre muros, estructura, entresijos, cubiertas, instalaciones hidráulica y eléctrica, mobiliario, línea blanca, ventanas y puertas.

Así, la tecnología en materia de vivienda utilizada actualmente en el país, responde a los siguientes atributos:

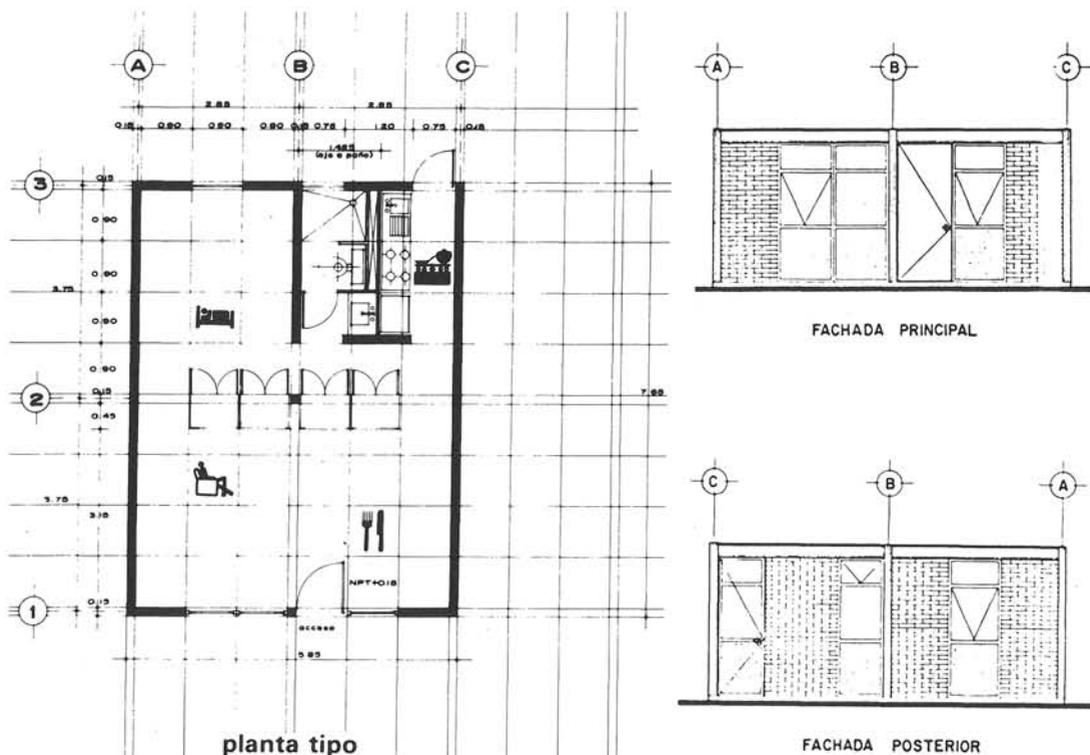
1. Generación de empleo estable y permanente.
2. Reducción de costos en los materiales y en los procesos constructivos y su mantenimiento.
3. Utilización de la capacidad instalada de la industria de la construcción.
4. Libre combinación entre los materiales y procedimientos regionales, utilización de productos locales y disminución en el transporte y en la fabricación de componentes.
5. Utilización de materiales estratégicos para el desarrollo e impulso de las industrias prioritarias: siderúrgica y petroquímica.
6. Respuesta a las diversas dinámicas de construcción de vivienda: progresiva, mejoramiento y terminación, respondiendo al cambio planificado de la misma.

7. Flexibilidad en el diseño, mediante el uso de componentes de fácil manejo y ensamble, de sencilla difusión y asimilación, para asegurar la apropiación social de las nuevas tecnologías.
8. Diversidad de materiales que permitan responder a condiciones geográficas, climáticas y ambientales y que sean compatibles con las exigencias sociales y culturales.
9. Racionalización en el uso de materiales, de acuerdo con su naturaleza y su función mediante sistemas abiertos que permitan su mejor aprovechamiento.
10. Selección de proyectos que potencian los efectos económicos y sociales mediante el incremento de la productividad en el uso de los recursos (atendiendo a un número mayor de familias).
11. Reducción de costos por vivienda, limitando al máximo los acabados y generando la mayor parte de obra negra y albañilería.
12. Industrialización: fabricación masiva de elementos iguales realizada con la ayuda de máquinas y procesos previamente planeados que permiten producir y almacenar grandes cantidades de elementos o componentes en tiempos más cortos y con calidades superiores a los procesos manuales y a costos menores.
13. Reducción de costo; este es el ahorro en «tiempo y dinero» obtenido en la producción, mantenimiento y aun mejorando la calidad del producto.
14. Evitar el desperdicio de los materiales.
15. Favorecer la autoconstrucción de vivienda, ya que el usuario puede realizar, con mínima capacidad y supervisión, su vivienda eficientemente.

### prototipo normalizado



superficie 44.7 m<sup>2</sup> • unifamiliar • un nivel



# EL CENTRO EXPERIMENTAL DE LA VIVIENDA ECONOMICA

MASSUH, H. y FERRERO, A.

Centro Experimental de la Vivienda Económica, Argentina

El Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) es un Instituto de Investigación, Experimentación y Transferencia creado en 1967 y que depende de la Asociación de Vivienda Económica (AVE), Entidad civil sin fines de lucro, quien mantiene un convenio con el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) para su regulación y apoyo científico. Su objetivo principal es investigar, Desarrollar y Transferir tecnologías apropiadas y diseño de viviendas de bajo costo, integrados a modelos operativos de trabajo social, procedimientos legales, económicos y financieros para su implantación en Programas Habitacionales. Se explican dos sistemas constructivos de vivienda de baja densidad. El primero —SISTEMA BENO— está basado en el empleo de ladrillos comunes incorporados en placas premoldeadas de fácil elaboración.

El segundo —SISTEMA MAS— está diseñado en base a una combinación de suelo-cemento con bloques de hormigón. Ambos sistemas están utilizándose en Argentina, con buenos resultados, en programas de vivienda por auto-ayuda.

El presente trabajo es un resumen de alguna de las experiencias realizadas por un organismo de la República Argentina.

Se procura primeramente sintetizar su acción y pensamiento para encuadrar mejor la descripción de dos investigaciones desarrolladas para la construcción de viviendas con tecnologías sencillas. La estructura del trabajo está desarrollada según los siguientes temas:

- 1.—LA INSTITUCION
- 2.—LOS RECURSOS
- 3.—LA METODOLOGIA DE INVESTIGACION
- 4.—EL SISTEMA CONSTRUCTIVO BENO:

- consideraciones previas
- descripción

- 5.—EL SISTEMA CONSTRUCTIVO MAS:

- consideraciones previas
- descripción

- 1.—AVE, Asociación Vivienda Económica, es una entidad privada sin fines de lucro con una sólida inspiración humanista que alienta la investigación y el servicio en vivienda para los sectores de menores recursos. Su sede está en Córdoba, República Argentina.

AVE tiene dos unidades de trabajo en su directa dependencia:

CEVE, Centro Experimental de la Vivienda Económica, que desde hace 15 años viene desarrollando investiga-

ciones y experiencias en el campo de la vivienda de Promoción y que mantiene sus actividades mediante el apoyo principalmente del CONICET (Por convenio con AVE) y de SECYT, organismos estatales vinculados al quehacer científico en la Argentina.

SEHAS, Servicio Habitacional y de Acción Social, organismo dedicado a la ejecución directa y al asesoramiento de Programas de Lotes y Servicios, Vivienda Mínima y Promoción Humana, con el apoyo de diversas entidades financieras, estatales y privadas, nacionales e internacionales.

La actividad se centraliza en su propio campo experimental. En dicho organismo trabajan 50 personas, entre investigadores, personal técnico, de apoyo y contratado. Desde allí se están realizando tareas que van desde la investigación, desarrollo y transferencia de tecnología, hasta ejecución de planes de vivienda, pasando por el asesoramiento, dictado de cursos de capacitación, difusión de publicaciones, filmes, etc.—La primera etapa de su actividad estuvo orientada hacia la investigación en tecnología apropiada o intermedia para la vivienda.—La etapa del servicio, cristalizada en la formación del SEHAS, es más reciente.—La propuesta de AVE es crear tecnología básicamente sencilla, ágil y de menor costo que las tradicionales; de mínima inversión en equipos pesados; capaz de absorber el mayor número de materiales y mano de obra locales; respetuosa de los valores culturales de la comunidad y apta para ser difundida y asumida por ésta.—La concepción general de AVE es que, sin embargo, las tecnologías adecuadas de construcción pueden no ser un factor determinante para el desarrollo de los pueblos del tercer mundo si no están acompañados de:

- 1) Un proceso **educativo** que conduzca a su apropiación.
- 2) Un proceso participativo que desarrolle la capacidad reflexiva y organizativa de quienes la utilicen.

Sin esto, la autogestión que asegure un real desarrollo quedará invalidada por la dependencia que estas nuevas técnicas generen.—Se está trabajando entonces en el conjunto de técnicas que giran alrededor del problema vivienda (sociales, organizativas, económicas, legales y constructivas) en un único «paquete integral», actuando como agente subsidiario con objetivos claros institucionales.

El accionar de AVE, alcanza ya a más de 1500 familias, mediante Programas Piloto demostrativos, asesoramiento y asistencia técnica a terceros.

- 2.—**LOS RECURSOS.**—Para introducir el tema, hemos creído conveniente hacer algunas consideraciones al respecto de nuestra interpretación de lo que son los recursos, cuando de tecnología de construcción de viviendas se habla.—Estos recursos podrían ser:

- a. La mano de obra
- b. Los materiales
- c. Las Herramientas
- d. El capital

Porque pensamos que la tecnología no es un fin sino un medio, es fundamental haber definido primeramente qué tipos de recursos serán los que se proponga transformar.—Es decir, cuáles son las características, pro-

blemas y posibilidades en cada región.—El siguiente no es un análisis exhaustivo, pero sí una síntesis del modo en que se han considerado para la realidad argentina.

a. **La mano de obra.**—La mano de obra es un recurso generoso en Argentina.—Pero su distribución en el amplio territorio de la República no es homogénea, ni cuantitativa ni cualitativamente.—Aspectos de planificación y política regional para su desarrollo permitirían revertir la situación en pos de una nivelación al respecto.—Pero estos aspectos escapan a nuestras consideraciones.—Se reconoce, sí, que la mano de obra existe, potencialmente pese a las quejas de industriales de la construcción.—Lo que le falta a esa mano de obra es el conjunto de estímulos que faciliten su calificación y continuidad, junto al bienestar económico social imprescindible para la predisposición al trabajo.—La construcción, en los últimos años, ha sufrido una paulatina degradación en su calidad de mano de obra.—Las condiciones reinantes no han favorecido la captación, preservación y formación del oficio de albañil.—Abundan entonces los aprendices pero escasea el personal formado.—La industria de la construcción no ofrece las mínimas condiciones de estabilidad y desarrollo individual.—Otras industrias, como pequeñas fábricas, talleres, etc., terminan absorbiendo al aprendiz que busca el oficio, ya que, generalmente, pueden ofrecerle mayor estabilidad.—Por eso, el personal siempre es joven, en tránsito.—En este aspecto, las modernas técnicas, que reducen la mano de obra mediante el trabajo de las máquinas, empeoran la situación.—Por esto pensamos que las técnicas necesarias de construcción deberán apuntar al mejoramiento de las condiciones del trabajo, a su optimización, pero no a su reemplazo.—Esto no significa descartar de plano toda incorporación de maquinaria, pero sí de verla en el contexto de las necesidades regionales para su selección y/o combinación.

b. **Los materiales.**—El uso de los materiales locales es una de las premisas que está presente en cualquier definición de tecnología para países subdesarrollados. Porque los bienes resultantes de la transformación de esos materiales, nunca serán independientes de la acción que provoquen su extracción y utilización.—La generalización de las necesidades a nivel mundial orienta el consumo de ciertos materiales que, lejos de beneficiar, perjudican muchas veces el desarrollo en el aprovechamiento de los recursos materiales en cada región.—Lo que se buscará en todo caso, es la utilización de los materiales regionales de otra manera; o las combinaciones con otros productos, aunque fueran de otras fuentes, empero que acrecienten su productividad.—En síntesis, localizada la cantidad disponible o fabricable, sus precios y sus alternativas de continuidad, debe estudiarse el mejoramiento de sus características en forma gradual y la utilización diversa posible.—No reemplazar las fuentes naturales sino aportarles el trabajo intelectual para su mejor aprovechamiento.

c. **Las herramientas.**—Puede decirse que las herramientas son un recurso conformado por la combinación de materiales, mano de obra e ingenio.—Es decir, que los equipos y herramientas deben ser, en gran medida, consecuencia de la aplicación del sentido común, más que de la abundancia de recursos económicos.—De todas maneras, es importante recalcar que la disponibilidad directa de este recurso

en cada región, es fundamental para la selección de tecnología.—De hecho este aspecto está íntimamente ligado al tema del capital como recurso.

Equipo, significa inversión complementaria, gastos indirectos, y sus valores serán consecuencia de otros factores, tales como frecuencia de uso, continuidad, mantenimiento y reparación, etc.

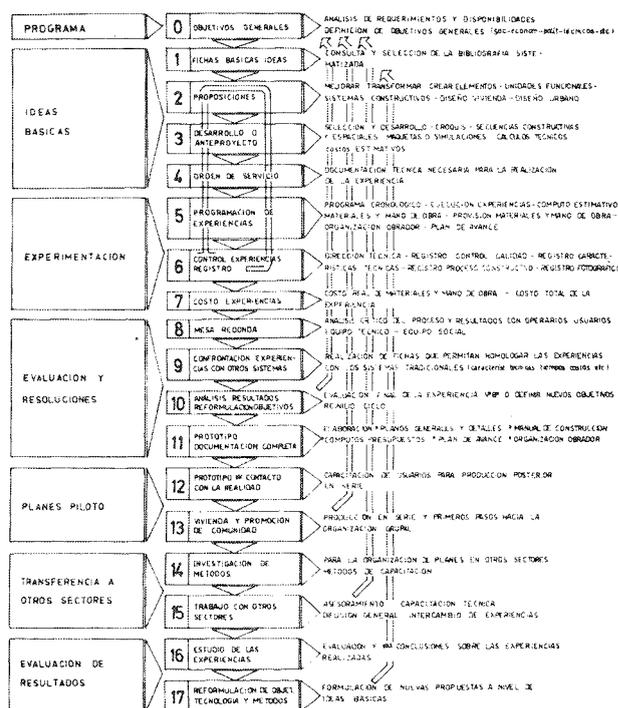
d. **El capital.**—Ninguna solución alternativa puede desconocer la relación entre el capital y los problemas que hacen al desarrollo y que deben solucionarse.—Las tecnologías intensivas en capital son producto de los países donde éste abunda, donde hay poco tiempo, y donde la mano de obra se ha reducido por la diversificación de la industria.—Pero en nuestra realidad, la tecnología debe jugar un importante papel de factor de desarrollo, además de la creación de bienes.—En América Latina, generalmente, el capital disponible es bajo, y la mayor inversión tiende a ser directa en obra.—Esto tiene mucho que ver en la selección de tecnologías, en cuanto es necesario determinar con claridad cuál es el circuito económico que se debe movilizar para el verdadero desarrollo.

Finalizando con el tema de los recursos es importante hacer notar el concepto de la **Educación como el Gran Recurso.**—Valor potencial que sustenta el verdadero desarrollo de los pueblos, muy por encima de los bienes inmediatos.

Porque todo, en definitiva, tiene sentido en la medida que haga posible el crecimiento esencial del ser humano, individual y socialmente.

**3. LA METODOLOGIA DE INVESTIGACION EN CEVE.—**

En el campo de la construcción de viviendas económicas, la intención del CEVE es procurar caminos de transformación allí donde sean necesarios.—Mejorar sin reemplazar y rescatar lo rescatable.—Su metodología de trabajo pretende sistematizar un



proceso para lograrlo.—En ella puede observarse una sucesión de pasos o etapas, en donde se comienza con la fijación de objetivos.—Naturalmente que estos objetivos responden a fines previamente aclarados y que están ya en un nivel institucional y profundamente relacionados con un pensamiento filosófico de tipo general.—Las ideas básicas, etapa inmediatamente posterior, consiste en destacar experiencias o hechos que tengan que ver con el tema a desarrollar.

Ideas, realizaciones propias o de terceros, que por su relación puedan ser un pie para la investigación, o sencillamente actúen como excitantes de la imaginación creadora.—Más convencional, el proceso prosigue con todas las etapas que van desde una propuesta concreta hasta el prototipo, pasando por los puntos intermedios de ajuste, crítica, etc.

Pasada la etapa del prototipo, los pequeños Programas Piloto permitirán una severa confrontación con la realidad en campo.—Allí los usuarios serán evaluadores del proceso constructivo, diseño, etc.—Así, la evaluación permanente permitirá ajustes al proceso, y la evaluación final será a su vez el reciclaje de la investigación.

A continuación, se desarrollará una explicación sobre dos de las investigaciones de CEVE, que culminaron en otros tantos sistemas constructivos, sus características originales y sus objetivos.

- **Sistema Constructivo BENO. Consideraciones previas.**—Hay algunos productos que, pese a su antigüedad, perdura con insistencia en el mercado de la construcción.—Tal es el caso del ladrillo común, de barro cocido.—Abunda sobre todo en donde las ciudades no han crecido demasiado todavía, y el campo está «más cerca».—Un consumo que ha subsistido a lo largo de tantos milenios, seguramente porque acumula virtudes difíciles de reemplazar.—El proceso y los materiales (tierra, paja y fuego) son fácilmente obtenibles, por lo general.—Por este motivo, el fabricante de ladrillos no necesita tampoco invertir demasiado para comenzar: sólo un equipo elemental.—Es interesante observar como tantas culturas en el mundo han llegado a un producto tan parecido.—Simplemente se ha dado forma geométrica a la tierra transformándola por el fuego en un elemento rígido.—También se ha utilizado el adobe crudo, en un ladrillo que omite el fuego a costa de menor durabilidad.—El tamaño del ladrillo siempre ha sido proporcional a la escala del hombre.—Quizás porque el trabajo raramente era realizado por muchos hombres a la vez. Y cuando así sucedía, lo que se ganaba era en **frecuencia** en el movimiento de los ladrillos. Pero finalmente los colocaba un solo hombre.

Ahora, reflexionando acerca de este tema, trataremos de ver las ventajas y las desventajas que ofrece.—Tal como se usa en este momento, en Argentina, el ladrillo carece totalmente de estandarización, tanto en calidad como en dimensión, justamente porque su producción aislada, artesanal, no le permite ser controlada con precisión.

Al asentarlos con mezcla común, el trabajo de colocar uno a uno resulta todavía lento. La cantidad de mezcla consumida es abundante (hay una junta horizontal cada 5,5 cm y una vertical cada 27,5 cm).



Colocación de placas de cubierta.



Montaje de paredes Sistema BENO.

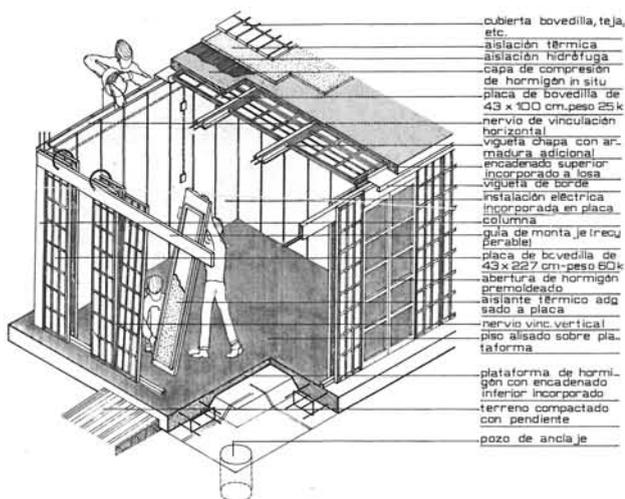
En zonas sísmicas resulta elemento pesado (el muro) y con relativa resistencia a los esfuerzos horizontales.—El trabajo de rigidización sísmica a través de columnas y vigas ha venido a desmerecer también la sencillez constructiva de esa pared tradicional.—Pero rescatamos el circuito de fabricación, del componente ladrillo, por aquello que decíamos de sus productos tan elementales.

**La Propuesta.**—Se trató entonces, al investigar un nuevo sistema constructivo, de aprovechar lo mejor del ladrillo.—Una primera idea surgió al ver armar **losetones** de ladrillos que estaban unidos por juntas de hormigón. Losetones que sencillamente agrupa-

ban 4 elementos transformándolos en uno de mayor tamaño.—Se pensó entonces racionalizar el proceso de construcción de viviendas.—Prefabricar partes, dando más y mejor tiempo a los procesos seriados y controlables, y menos al **montaje**. Este es el origen de la placa del denominado sistema **BENO**, un elemento mayor que el ladrillo que lo utiliza de otro modo y que dos hombres puedan transportarlo sin gran esfuerzo.—La idea es utilizar el producto, pero dándole regularidad en sus dimensiones, prefabricación, seriado y control de calidad, también ágil montaje en el lugar de la obra.

Pero esta prefabricación puede hacerse al pie de la obra, en un obrador organizado de sencillo montaje. No se piensa en una fábrica en el sentido más industrializado del término; sólo en una «planta» de prefabricación que tenga la mínima inversión en equipos; capaz de ser trasladada rápidamente; que pueda funcionar con o sin techo; o con techos sencillos, provisionales. No se piensa en la «industria» de partes, sino en el apoyo seriado y organizado en la fabricación de componentes de obra.—Algo así como una tecnología que organice mejor las tareas por sí misma, no para entrar en cadenas de combinaciones (variante que se enmarca en una planificación estable y coordinada del desarrollo) sino para autoayudarse, se piensa en tecnologías autosuficientes, en herramientas de la organización de obra.

Así en 1966 se hace el primer prototipo de vivienda con el sistema constructivo **BENO**.—Poco tiempo después en el barrio Chaco Chico, una villa de emergencia de la ciudad de Córdoba, se inicia un plan de viviendas por ayuda mutua con el sistema.—Actualmente, se han construido más de 100 unidades de viviendas, escuelas y salones de uso



Sistema constructivo **BENO**.

múltiple.—A través de todas las experiencias realizadas, el sistema fue perfeccionado en algunos aspectos técnicos.—Por ejemplo, el peso de la placa, originalmente de 90 kg, se redujo a 55 kg reemplazando el ladrillo por uno más angosto en su espesor que se fabrica con el nombre de **bovedilla** o **tejuela**.

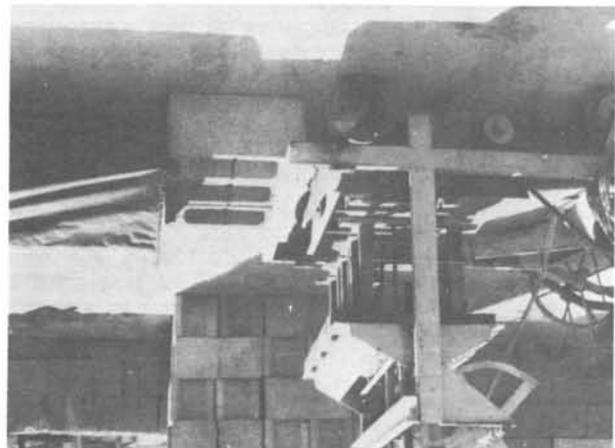
— **Descripción sintética del Sistema**.—Se fabrican placas de 0,43 x 2,27 m en el suelo o sobre mesadas, con la ayuda de sencillas guías metálicas.—Estas

placas se forman con tres hileras de bovedillas unidas por una junta de hormigón armado.—En su cara posterior llevan un nervio de hormigón que servirá de encofrado perdido para el colado de los nervios de unión verticales y horizontales, lo que se hace in situ.—En rápida operación manual, estas placas se montan en doble hilera (formando la pared) junto con las carpinterías de hormigón premoldeado, de las mismas dimensiones (0,43 x 2,27 m).—El techo está constituido por viguetas de hormigón armado, entre las cuales van placas de bovedillas de 0,43 x 1,00 m.—Se hormigona in situ una capa de compresión de 4 cm y se hacen luego los aislamientos correspondientes.—La instalación sanitaria consiste en un panel básico, especie de mueble, que se coloca una vez terminada la vivienda, conectándolo por un lado al tanque de agua y por otro a la red cloacal exterior.—La instalación eléctrica es una red prearmada en taller, de colocación exterior, una vez terminada la vivienda.

Análisis de los tiempos:

h-h por m<sup>2</sup> = 22 h incluye:

- 5: fabricación de componentes
- 17: montaje en obra



Sistema constructivo **MAS**.

— **Sistema Constructivo MAS. Consideraciones Previas**.—Con la aparición del cemento, la tierra revitalizó sus antiguas posibilidades como material de construcción, utilizada en crudo.—Las antiguas paredes de adobe requerían espesores muy anchos para compensar su deteriorabilidad.—La posibilidad de incorporarle cemento como estabilizador abrió una serie de caminos en la investigación de este material nuevo: el suelo-cemento.—Utilizado en forma de ladrillos (máquina cinvaram) o armado in situ con encofrados, diversas experiencias fueron acumulándose como variantes al ladrillo cocido.

Sin duda que la disponibilidad que ofrece la tierra como material de construcción es incomparable.—Sin embargo, el suelo-cemento tiene 2 problemas fundamentales que motivaron la investigación al respecto.—Por un lado, la selección (y consecuentes limitaciones) de la tierra, en cuanto a que su granulometría y componentes básicos, deben responder a ciertos cánones para su utilización en el suelo-cemento. Asimismo, su deteriorabilidad, en zonas húmedas, o de lluvias (si no se estabiliza).—Las primeras ideas surgidas al respecto, fueron las



herramientas (reglas, plomadas, etc.). Al llegar a la altura de dinteles, se incorporan los antepechos, la carpintería y los dinteles (componentes premoldeados de hormigón).—Luego de su colocación se continúa el muro hasta la altura del techo. Este está formado por vigas autoportantes de hierro reticulado y hormigón sobre las que se colocan placas también de hormigón de 0,40 x 0,80 x 0,40, unidas entre sí.—Luego se procede al tomado de juntas con cemento y arena. Sigue el aislamiento hidrófugo, sobre el que se colocan, sueltas, las

placas de cubierta.—Estas van simplemente apoyadas sobre el techo y tienen incorporado poliestireno expandido.

Análisis de los tiempos:  $h/h \times m^2 = 25 \left\{ \begin{array}{l} 8 \text{ componentes} \\ 17 \text{ montaje} \end{array} \right.$

Hasta la fecha, se han construido más de 500 viviendas con este sistema constructivo y, en todos los casos, en Programas de vivienda por Ayuda Mutua.



# EXPERIENCIA Y NUEVOS ENFOQUES EN EL DESARROLLO DE COMPONENTES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PARA VIVIENDA

CILENTO, A. y HERNANDEZ, H.

Universidad Central de Venezuela, Venezuela

La experiencia venezolana en el desarrollo de sistemas constructivos se inicia en la década de los sesenta. Actualmente se plantean nuevos enfoques para inducir una oferta diversificada de componentes constructivos destinados a la sub-rama edilicia de la construcción y a la producción de viviendas.

## INTRODUCCION

Venezuela, país ubicado en la sub-región del Caribe al norte de Sur América, tiene una población de alrededor de 16 millones de habitantes. Se producen anualmente cerca de 100.000 viviendas autorizadas y registradas, de las cuales aproximadamente el 50 % son financiadas por el sector privado a través del Sistema Nacional de Ahorro y Préstamo, los Bancos Hipotecarios y Sociedades Financieras. El Sector Público, a través del Instituto Nacional de la Vivienda, produce alrededor de 50.000 viviendas al año, de las cuales un 30 % aproximadamente corresponden a viviendas completas y el resto a soluciones habitacionales que abarcan dotación de tierras, créditos para mejorar las viviendas existentes, núcleos de crecimiento progresivo, etc.

La utilización de sistemas racionalizados, técnicas de prefabricación y componentes industrializados se ha extendido rápidamente en el país, a partir de la realización, en la década de los 60, del Programa Experimental de Vivienda, promovido por el antiguo Banco Obrero (hoy Instituto Nacional de la Vivienda).

A partir de 1970, la política de vivienda en Venezuela ha estado dirigida a estimular la participación del sector privado en la producción de viviendas de ingresos bajos y medios. En este sentido, se han establecido una serie de mecanismos de estímulos y subsidios a la producción y financiamiento de viviendas calificadas como sujetas a protección oficial, cuyo precio de venta no supere los 350.000 Bs. (81.400 U.S. Dólares). Este precio tope, ha ido creciendo hasta ese nivel, a medida que la inflación en los costos de producción, el alza en los precios de la tierra urbanizada, los costos crecientes de la mano de obra y del capital financiero, han impulsado un crecimiento acelerado de los precios de venta.

La mano de obra tiene un peso de cerca del 40 % en la estructura de costos de la construcción y, con el contrato colectivo de 1981, el salario ponderado promedio en la construcción de viviendas ascendió a 16.30 U.S.

Dólares que, al incluir las prestaciones sociales del contrato (109,24%), se eleva a 34.25 U.S. Dólares.

## 1. EXPERIENCIA VENEZOLANA EN EL DESARROLLO DE MATERIALES, COMPONENTES Y TECNICAS DE CONSTRUCCION Y VIVIENDAS

El Banco Obrero, hoy Instituto Nacional de la Vivienda, fue creado en 1928 con el objeto de dotar de viviendas a las familias de más bajos ingresos del país. Es en la década de los años 60 cuando el Banco Obrero se plantea la necesidad de desarrollar criterios y políticas destinadas a la producción masiva de componentes y viviendas.—El trabajo se orientó al estudio de sistemas constructivos industrializados, métodos de diseño más acordes a los nuevos sistemas a utilizar y nuevos conceptos de diseño urbano. En 1963 se inició la aplicación experimental de los nuevos enfoques desarrollados con la realización del «Programa Experimental de Viviendas», el cual se finalizó en 1967. Los objetivos de este Programa fueron: 1) Fomentar la participación de las empresas constructoras en el desarrollo de métodos que aumentarán la productividad en la construcción de viviendas. 2) Desarrollar sistemas constructivos que, satisfaciendo los requerimientos de habitabilidad, velocidad de producción y economía, permitan aumentar la producción del Banco Obrero. 3) Desarrollar métodos para hacer participar las experiencias de las empresas constructoras, en el diseño y producción de las viviendas. 4) Integrar las fases de programación, proyecto y construcción, de modo de racionalizar el proceso de producción. En el Programa participaron inicialmente 37 empresas, de las cuales se seleccionaron posteriormente 9, las cuales, conjuntamente con el equipo técnico del Banco Obrero, desarrollaron diversos sistemas constructivos, los cuales fueron ensayados en un conjunto de 500 viviendas en la ciudad de Valencia. Las empresas participantes construyen a partir de 1967 un conjunto de 10.000 viviendas en la misma ciudad de Valencia, con los sistemas constructivos ya evaluados e incorporados a los Programas del Banco Obrero. Con este Programa se inicia en Venezuela el desarrollo y utilización de sistemas constructivos en gran escala, los cuales han constituido su mercado en años posteriores.

Tres criterios guiaron la búsqueda de los sistemas constructivos: 1) Estudiar las posibilidades de prefabricación de componentes de cierto tamaño y peso para proyectos de 500 y más viviendas; 2) Desarrollar componentes manipulables por dos hombres o pequeños equipos de montaje para proyectos de menos de 500 viviendas, y 3) Estudiar la posibilidad de mecanización en sistemas tradicionales para disminuir el uso de mano de obra especializada.

### Prefabricación de elementos pesados

Se estudiaron dos posibilidades distintas: 1) Prefabricación parcial, aplicada a sistemas modulares de esqueleto prefabricado, utilizando cerramientos tradicionales; la prefabricación se hizo a pie de obra. 2) Sistemas de paneles prefabricados para viviendas de una y dos plantas y para edificios multifamiliares; en principio la producción se hizo a pie de obra y luego las empresas instalaron plantas fijas.

### Prefabricación de elementos ligeros

Se fijaron dos objetivos fundamentales en el desarrollo de estos sistemas: 1) Poder cumplir con programas pe-

queños, menores de 500 viviendas, en sitios alejados; y 2) Afrontar programas de emergencia originados por catástrofes naturales y para programas de autoconstrucción. Dentro de este enfoque, se desarrollaron: un sistema de una y dos plantas utilizando estructura metálica y otro con elementos prefabricados de hormigón, que podría ser ensamblado por las propias familias.

### Mecanización en sistemas tradicionales

Con el objetivo de disminuir la demanda de mano de obra especializada, escasa en Venezuela, se desarrollaron tres sistemas que introducían un mayor grado de racionalización y mecanización, combinando técnicas de prefabricación y de hormigonado in situ.

En 1968, se efectúa un concurso público para seleccionar un sistema constructivo para edificios multifamiliares en Caracas y se construyeron con el sistema escogido 1.030 viviendas como producción experimental.

En 1972, el Banco Obrero promueve una nueva acción a través del «Programa Experimental de Viviendas Populares» para la búsqueda de soluciones constructivas para viviendas unifamiliares de crecimiento progresivo. Participan 19 empresas, las cuales construyeron prototipos que posteriormente fueron evaluados con la asesoría del CSTB de Francia.

En 1975, el Banco Obrero se transforma en Instituto Nacional de la Vivienda y continúa su política de incentivar la incorporación de sistemas constructivos industrializados, de origen nacional e internacional. Se da un fuerte impulso a la utilización de las técnicas de hormigonado in situ para edificios multifamiliares, especialmente encofrados tipo túnel y similares.

Actualmente se encuentran registrados en el INAVI 206 sistemas constructivos y de componentes industrializados, de los cuales han sido calificados por dicha Institución 36 sistemas. Se han instalado en el país 23 plantas de producción de componentes, con capacidades que varían entre 500 y 2000 viviendas anuales por planta.

## 2. NUEVOS ENFOQUES AL PROBLEMA DE LA PRODUCCION DE VIVIENDAS

Todas las experiencias realizadas hasta la fecha han perseguido como objetivo fundamental la introducción de innovaciones tecnológicas que permitieran aumentar la velocidad de producción y reducir los costos. Sin embargo, este objetivo sólo se ha cumplido muy parcialmente, debido a la existencia de múltiples factores relacionados con la estructura de la industria de la construcción y las particularidades del proceso de producción y circulación de la vivienda.

Actualmente planteamos un nuevo enfoque de análisis del problema, mediante la formulación de un programa de investigación y desarrollo que incida directamente en el proceso de producción de componentes y sistemas, considerando al mismo tiempo todos los factores que afectan a dicho proceso y concertando los esfuerzos de las distintas instituciones del país que participan en la investigación y desarrollo y en la producción del medio ambiente construido. Esta orientación parte de la necesidad de un conocimiento más completo de los distintos agentes y factores que intervienen en todo el proceso de producción, circulación y consumo del medio

ambiente construido. El objetivo fundamental está determinado por la necesidad de que los resultados de la investigación en el campo socio-económico y tecnológico puedan ser rápidamente asimilados y diseminados por el aparato productivo. Se trata por otra parte de abrir posibilidades al desarrollo y puesta en el mercado de nuevos materiales, componentes y técnicas acordes a la estructura de producción de la industria y a las demandas racionalizadas de los sectores formal e informal de la construcción.

El Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, IDEC, dependiente de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, de la Universidad Central de Venezuela, fue fundado en 1975 y en su estructura inicial recogió las experiencias y reunió algunos de los investigadores que participaron en el Programa Experimental de Vivienda. Desde su inicio, el IDEC, se planteó la necesidad de revisar la experiencia nacional en la producción de viviendas, en términos de situar el análisis en una perspectiva más amplia que incluyera el diagnóstico de la industria de la construcción y el análisis de los factores de producción de la vivienda dentro de la sub-rama de la construcción ciudadana.

Uno de los errores más generalizado ha sido el estudiar la vivienda como un producto específico y no como una edificación cuya producción y circulación no es sustancialmente distinta de los otros productos de la sub-rama de la construcción ciudadana. No será posible modificar los niveles cualitativos y cuantitativos de producción de viviendas si no se definen estrategias y política que introduzcan innovaciones en la estructura organizativa y de producción del Sector Construcción.

En este sentido, el IDEC con apoyo del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, CONICIT, propicia en la actualidad un proyecto de investigación en construcción y vivienda que trata de coordinar los distintos recursos nacionales que pudieran ser dirigidos hacia este campo, tanto del sector universitario, como de instituciones gubernamentales y privadas. Los pasos iniciales en esta dirección están constituidos por el desarrollo de un estudio tendente a obtener un diagnóstico estructural del Sector Construcción y la instalación de una Planta Piloto para apoyar el desarrollo de tecnologías para la construcción, actividades en realización por el IDEC.

## 3. LINEAS DEL PROYECTO DE INVESTIGACION EN CONSTRUCCION Y VIVIENDA (\*)

La mayoría de los estudios sobre la construcción coinciden en señalar, entre las características más resaltantes de esta actividad económica, la de su atraso en relación con otros sectores y ramas de la economía nacional. Un programa de investigación sobre construcción, en el marco del Plan Nacional de Ciencia y Tecnología, debe apuntar a señalar no sólo las causas de ese atraso, sino a orientar también, a través de la investigación, posibles vías de desarrollo en este campo. A fin de sistematizar la formulación del Programa, las áreas de análisis se agrupan en tres niveles: El primer nivel se relaciona con la economía nacional, el segundo nivel se refiere a las sub-ramas de la industria de la construcción y el tercer nivel a los distintos tipos de productos.

(\*) «Lineamientos para un programa de investigación en el campo de la construcción y la vivienda». IDEC. FAU. UCV. Julio, 1982.

En el primer nivel se analizan las relaciones intersectoriales de la industria de la construcción, con la industria productora de materiales y componentes constructivos; con las industrias nacionales e internacionales productoras de maquinaria y equipo; y con el mercado de trabajo en las distintas regiones del país. El otro aspecto importante de diagnosticar es la estructura de producción y circulación de los distintos tipos de productos de la construcción.

El segundo nivel de análisis se refiere a las tecnologías de producción, a la capacidad organizativa de la industria y a los requerimientos sociales, ubicados a nivel de las sub-ramas de la construcción.

El tercer nivel se refiere a las técnicas de producción, a los requerimientos de los usuarios, al estudio de los submercados y a la estructura de costos de la producción. El estudio de las técnicas, al interior de una tecnología dada, es tarea que permite avanzar en el campo de la innovación tecnológica. La innovación en el campo de las tecnologías de construcción, demanda la utilización intensiva de la experimentación y, por lo tanto, de las plantas y laboratorios necesarios para reproducir las condiciones de producción y realizar las observaciones y ensayos necesarios. El área de requerimientos de los usuarios va desde las necesidades de áreas y espacios para las distintas actividades, hasta las exigencias de confort, necesarias para una correcta relación hombre-edificación y edificaciones-medio ambiente.

Es fundamental determinar los submercados de los distintos tipos de producto, a fin de conocer la capacidad de absorción de un determinado producto. Por último, el análisis de la estructura de costos de producción de un determinado producto es fundamental para determinar el peso de los distintos factores que intervienen en su producción y para la toma de decisiones tecnológicas.

La estrategia propuesta plantea los siguientes objetivos generales:

#### 1. A nivel de la Industria de la Construcción:

- Estudio de las relaciones intersectoriales.
- Análisis y diagnóstico de la organización de la producción, circulación y consumo de los productos de la construcción.

#### 2. A nivel de las sub-ramas de la construcción.

- Profundización en el conocimiento de las tecnologías, su transferencia y comercialización.
- Diagnóstico de la capacidad productiva.
- Determinación de los requerimientos sociales relacionados con el medio ambiente construido.

#### 3. A nivel de los productos de la construcción:

- Innovación tecnológica a través de la investigación, desarrollo y experimentación de técnicas y procesos de producción y su incorporación al aparato productivo.
- Calificación y cuantificación de los requerimientos de los usuarios.
- Determinación de los submercados y estructura de costos de los productos.

#### 4. PRINCIPALES PROYECTOS (Algunos en curso de realización)

**Sub-Programa 1.** La Industria de la Construcción en su conjunto.

**Proyecto 1.** La Organización de la Industria de la Construcción en Venezuela. Componentes y Relaciones.

Actividades: Visión cualitativa de la Industria. Estructura de costos de los productos por sub-ramas y factores. Análisis de las Empresas Constructoras. Demanda Estatal y Privada. Relaciones Estado-Industria de la Construcción.

**Proyecto 2.** Directorio Nacional de Empresas Constructoras.

**Proyecto 3.** Los factores de producción de la Industria de la Construcción.

Actividades: La fuerza de trabajo. Materiales y componentes. Maquinaria y Equipo. La Organización de Proyectos. La tierra urbana. Visión general de la producción en la Industria de la Construcción en Venezuela.

**Sub-Programa 2.** Estructura de la producción y mercado de la vivienda.

**Proyecto 1.** El ciclo de producción de viviendas en los barrios.

Actividades: Estructura y formas de producción. Producción y circulación de materiales de construcción. Participación de la mano de obra. Estructura de costos. La tierra, servicios infraestructurales y equipamientos colectivos.

**Proyecto 2.** La producción de la vivienda por el Estado.

Actividades: Estructura y formas de producción. Modalidades de construcción. Estructura de costos. La tierra. Conjuntos de viviendas y problemas de diseño. Opciones de densidad y altura. Características de la demanda.

**Proyecto 3.** La producción de viviendas por el Sector Privado.

Actividades: Estructura y formas de producción. Modalidades de construcción. Estructura de costos. La tierra. Conjuntos de viviendas y problemas de diseño. Opciones de densidad y altura. Características de la demanda.

**Proyecto 4.** Diagnóstico de la producción en el mercado de la vivienda.

Actividades: Visión cualitativa del ciclo de producción, circulación y consumo de la vivienda. Diagnóstico y opciones de la situación actual de la vivienda en Venezuela.

**Sub-Programa 3.** Tecnologías y técnicas para la construcción y la vivienda.

**Proyecto 1.** Formas de la construcción de edificaciones y condiciones de estabilidad.

**Proyecto 2.** Construcción y estabilización del suelo en terrenos de mucha pendiente.

**Proyecto 3.** Mampostería estructural de arcilla y de hormigón. Métodos constructivos más usuales. Nuevos métodos. Nuevos componentes.

**Proyecto 4.** El acero en las edificaciones. Usos más frecuentes. Nuevos usos. Nuevos componentes. Manuales de utilización.

**Proyecto 5.** El aluminio en las edificaciones. Usos más frecuentes. Nuevos usos. Nuevos componentes. Manuales de utilización.

**Proyecto 6.** El asbesto-cemento en las edificaciones. Usos más frecuentes. Nuevos usos. Nuevos componentes. Manuales de utilización.

**Proyecto 7.** Aplicaciones del plástico reforzado en edificaciones. Componentes de cerramientos estructurales. Componentes para unidades sanitarias. Nuevos componentes y posibilidades de uso.

**Proyecto 8.** Edificaciones en madera. Usos más frecuentes. Nuevos usos. Nuevos componentes. Manuales de utilización.

**Proyecto 9.** Evaluación de las posibilidades de nuevos materiales o nuevos usos de los materiales.

Actividades: La tierra-cemento. Hormigón reforzado con fibra de vidrio. Yeso. Azufre. Aglomerados. Asfalto. Bambú. Plásticos termo-moldeados.

**Proyecto 10.** Desarrollo de componentes constructivos de tamaño limitado y poco peso.

**Proyecto 11.** Posibilidades tecnológicas del hormigonado in situ. Sistemas mixtos. Tendencias.

**Proyecto 12.** Edificaciones en terrenos de mucha pendiente.

**Sub-programa 4.** Comportamiento de las edificaciones y componentes constructivos en relación a los usuarios y al medio ambiente.

**Proyecto 1.** Instalación de un laboratorio de estudio sobre el comportamiento de las edificaciones y sus componentes.

**Proyecto 2.** Posibilidades de aislamiento térmico en techos de láminas.

**Proyecto 3.** Ventilación e iluminación en edificios profundos.

**Proyecto 4.** Ventilación inducida por energía solar.

**Proyecto 5.** Aislamiento acústico en edificaciones.

**Sub-programa 5.** Docencia e Información.

**Proyecto 1.** Programa de intercambios a nivel nacional e internacional.

**Proyecto 2.** Giras de intercambio a nivel nacional e internacional.

**Proyecto 3.** Plan de publicaciones.

**Proyecto 4.** Plan de exposiciones.

**Proyecto 5.** Plan de docencia de cuarto nivel. Cursos de Ampliación de Conocimientos. Maestrías de Investigación supervisada.

Este Programa de Investigación se realizará entre 1982 y 1986, con la participación del CONICIT, Universidad Central de Venezuela (IDEC, Instituto de Urbanismo, Sector de Estudios Urbanos, Instituto de Materiales y Modelos Estructurales), Universidad de los Andes (Laboratorio Nacional de Productos Forestales), Ministerio de Desarrollo Urbano, Instituto Nacional de la Vivienda, FUNDA-CONSTRUCCION, Banco Central de Venezuela, Oficina Central de Estadística e Informática y otras Instituciones Públicas y Privadas.

Al mismo tiempo, se espera organizar a partir de este mismo año, las actividades de intercambio y actas, tanto a nivel nacional como internacional.

Para contactos e información sobre el Programa de Investigación en Construcción y Vivienda, pueden dirigirse a:

IDEC  
Apartado 47.169  
Caracas, 1041-A  
Venezuela

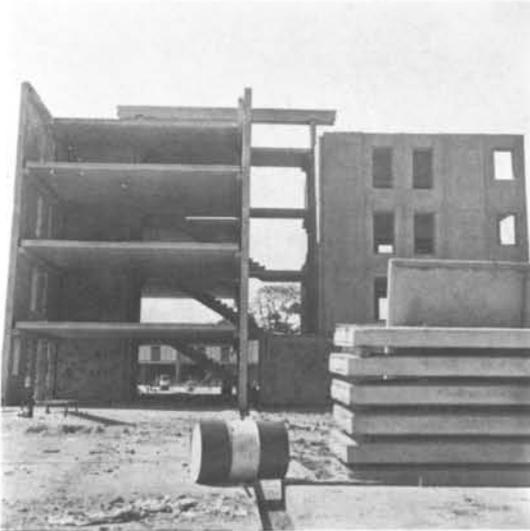
#### Programa experimental de viviendas 1963-1967



Viviendas de dos plantas. Estructura prefabricada y cerramientos tradicionales.



Viviendas de dos plantas de esqueleto prefabricado. Prefabricación de la estructura a pie de obra.



*Viviendas multifamiliares. Paneles y losas prefabricadas a pie de obra.*



*Viviendas multifamiliares prefabricadas a pie de obra.*



*Viviendas prefabricadas con componentes ligeros metálicos y de hormigón celular.*



*Viviendas de una y dos plantas. Elementos ligeros y hormigón producidos a pie de obra.*



*Mecanización de sistemas tradicionales evolucionados. Sistema Lift-Slab y cerramientos tradicionales prefabricados a pie de obra.*



*Sistema Lift-Slab. Escaleras prefabricadas a pie de obra y cerramientos tradicionales.*

## A PROPOSITO DEL CONGRESO «LA VIVIENDA ECONOMICA EN LOS PAISES EN DESARROLLO»

CARLOS PIZARRO, Arquitecto

Director del Taller AAAT.

Escuela de Arquitectura de Marsella. Francia.

La proposición hecha por INFORMES DE LA CONSTRUCCION de escribir un artículo relacionado con mis impresiones sobre el congreso «Vivienda Económica en los Países en Desarrollo», que tuvo lugar en París en el mes de enero del presente año (1983), me suscita una enorme cantidad de reflexiones, cuya exposición, con un mínimo de coherencia, precisaría un tiempo y una tranquilidad de la que no dispongo en este momento. Pero, no puedo dejar pasar por alto esta ocasión ya que me atrae la posibilidad de precisar conceptos e ideas que todos empleamos, lamentablemente con sentidos diferentes y cuyo análisis considero interesante:

— Los primeros elementos que marcan la necesidad de analizar el Congreso en el sentido más representativo, sin entrar en su fondo, son sus diferentes denominaciones y los distintos objetivos, alcance y sentido de cada una de ellas:

\* Si consideramos su denominación en español ésta se refiere a «La vivienda económica...», con un sentido restrictivo particular y puntual. Es decir, la noción de vivienda reducida a los cuatro muros, dejando entrever, además, que economía es lo más barato.

\* En inglés, el concepto es más amplio ya que se emplea «economical housing...», que implica algo más que «house», es decir, la vivienda y su entorno directo, dando así la posibilidad de ver que hay un concepto de «habitación».

\* Cuando analizamos su título en francés vemos que el paso es aún más grande, ya que se hace referencia a «l'Habitat économique...». «Habitat» es más que la simple vivienda, porque implica no sólo la condición de habitación, sino también la relación de vida entre el hombre y su territorio inmediato.

A primera vista, podría parecer que con estas observaciones se intenta complicar las cosas, pero como a lo largo de todo el Congreso esta confusión, deliberada o no, y las distintas posibilidades de inter-

pretación estuvieron presentes y latentes, creo que vale la pena señalarlas ya que permiten constatar una diferencia y una evolución de las distintas maneras de plantear el problema o de limitarlo.

— El segundo punto digno de consideración es la constatación de las diferentes aptitudes que prestan un débil progreso, pero progreso al fin, demostrado por la evolución de los Organismos e Instituciones, así como de los técnicos, no tanto en la manera de tratar o enmarcar el problema, como en la de considerarlo.

Una muestra de ello es, por ejemplo, la consideración y el entusiasmo manifestado por todos en el empleo de materiales, técnicas, tecnologías... adaptados a cada condición y obtenidos como resultado de un trabajo de investigación, de práctica operacional y operativa y, por qué no decirlo, de la improvisación. Esto le da una calidad, frescura, inteligencia e ingeniosidad a algunas proposiciones que muestran la seria implicación de los individuos que han participado a todos los niveles y etapas de cada trabajo.

No hay que olvidar que, no hace mucho tiempo, sólo se trataba de copiar a los desarrollados o imponer a los subdesarrollados. Aún ahora sólo se estudian los efectos sin atacar las causas, que sería la única manera de poder asentar las bases de lo que todos debemos esperar o esperamos, es decir, un progreso social y la igualdad entre los individuos sin distinción de raza, fe, color...

— El tercer punto importante, que considero tal vez el más grave, es el planteamiento del problema como algo inevitable. Por ejemplo, al comienzo del Coloquio, se apuntó el problema de la urbanización en el mundo. Frente a este acontecimiento (la urbanización galopante de la sociedad), el único elemento considerado o planteado es la cantidad de viviendas que hay que construir para el año 2000: el doble de todo lo realizado hasta ahora.

Plantear el problema de esta manera no es suficiente, ya que se habla de consecuencias pero no de lo que las provoca y todavía menos de la influencia, definitiva o momentánea, que podría tener la limitación o control del fenómeno considerado. ¿Resulta tan grave como para que en un Congreso mundial no se pueda hablar de ello?

Si nuestra participación en el Congreso como especialistas sirve de coacción será negativa; si es para discutir, intercambiar, situar nuestros trabajos y nuestra producción en el marco de un verdadero progreso social, su resultado será positivo.

— El cuarto y último punto se refiere al empleo de conceptos tales como: técnica, desarrollo y subdesarrollo, sin especificar qué significa cada uno de ellos, y sobre todo, sus interrelaciones y lo que implican.

En el mundo de hoy se tiende al desarrollo de todo aquello que no está desarrollado, sin entrar a fondo en los conceptos de **desarrollo, subdesarrollo** y su debida aplicación. No se deben olvidar las consideraciones cuantitativas y, más importantes aún, las cualitativas, que son las que realmente plantean problemas. Basta recordar lo que significan modelizar e imponer soluciones, modelos de vida, normas, etc., de desarrollo, de acuerdo con unos criterios prefijados y que puedan estar sujetos a error.

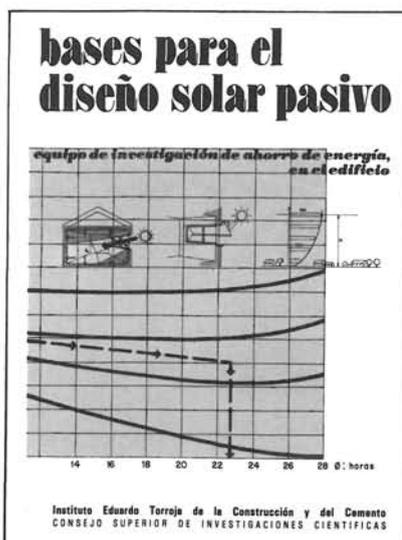
Realmente creo que ha llegado el momento de plantear el problema de tal manera que se permita a los «**subdesarrollados**» automatizarse según sus necesidades, ambiciones, posibilidades y, por supues-

to, según sus deseos. Planteado así el problema, podemos entonces hablar de técnica y tecnología y darles un sentido al servicio de un desarrollo guiado por objetivos de progreso social.

Como aspectos positivos del Congreso podemos señalar, además, los contactos e intercambios de información entre los participantes, la constatación de que existe una evolución y un progreso en la consideración del problema, lo cual abre las puertas a la comunicación, al intercambio de información, ..., a una tendencia a que todos consideremos los problemas de solución inmediata de un marco de solución de los problemas sociales, económicos y políticos.

\* \* \*

## Última publicación del I.E.T.C.C.



Equipo de Ahorro de Energía en el edificio

Dirección y coordinación:  
Arturo García Arroyo

M.<sup>º</sup> José Escorihuela  
José Luis Esteban  
José Miguel Frutos  
Manuel Olaya  
Bernardo Torroja

selectividad en la aplicación de los sistemas y procedimientos pasivos dando origen a un ecumenismo arquitectónico solar, al margen de las condiciones climáticas y funcionales específicas de cada caso y lugar.

En este libro, utilizando criterios y metodología pedagógicos, se dan los fundamentos e instrumentos teórico-prácticos necesarios para el planteamiento de todo proyecto arquitectónico solar pasivo, de acuerdo con los principios éticos y económicos de conservación y ahorro de energía. Es decir: respeto de los presupuestos bioclimáticos, búsqueda de la máxima captación y acumulación de la radiación solar, y esmero en el aislamiento térmico de los cerramientos.

Un volumen encuadernado en cartulina ibiza plastificada, a cinco colores, de 16 x 23 cm, compuesto de 216 páginas, 217 figuras, 87 gráficos, 19 tablas y 10 cuadros.

Madrid, 1983. Precios: España 2.100 ptas.; 30 \$ USA.

Las dificultades de suministro y el alto coste de los productos energéticos convencionales han despertado la atención de los usuarios, técnicos e industriales de la edificación hacia los procedimientos y sistemas en que se basa el aprovechamiento de otras fuentes alternativas de energía, principalmente la solar. Esto ha generado un rápido desarrollo industrial y comercial que, en opinión de los autores de este libro, arrastran los siguientes defectos: un mimético tecnologismo respecto de los sistemas convencionales que violenta las peculiaridades de la energía solar (baja densidad y variabilidad en el tiempo), y una escasa