

LA INDUSTRIALIZACION POSIBLE DE LA VIVIENDA LATINOAMERICANA

“ Sólo con ardiente paciencia conquistaremos la espléndida ciudad, que dará luz, justicia y dignidad...”

*Del poema de Rimbaud citado por
Pablo Neruda al recibir el Premio Nobel*

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID
E.T.S. ARQUITECTURA
BIBLIOTECA
Nº Rº ENTRADA 86.169
728(1-27)
SIGNATURA SAL
Ind



El joven Rimbaud, sobre un muro de paneles prefabricados de La Grande Borne en Grigny, París.

Realización del Arquitecto Emile Aillaud, 1967.

ESCALA

COLECCION

TECNOLOGIAS PARA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL

- TOMO I** CONTRA EL HAMBRE DE VIVIENDA
- TOMO II** VIVIENDO Y CONSTRUYENDO
- TOMO III** HABITERRA
- TOMO IV** VIVIENDA Y CIUDAD POSIBLES
- TOMO V** LA INDUSTRIALIZACION POSIBLE
De La Vivienda Latinoamericana

COORDINADOR
JULIAN SALAS S.

EDITOR
DAVID SERNA C.

CONSEJO EDITORIAL
MAXIMINO BOCALANDRO - **Cuba**
ANA CECILIA CHAVES - **Costa Rica**
ELADIO DIESTE - **Uruguay**
JOAO FILGUEIRAS L. - **Brasil**
ENRIQUE ORTIZ - **México**
VICTOR S. PELLI - **Argentina**
JOSE A. PEÑA - **Venezuela**
JULIO VARGAS N. - **Perú**

INSTITUCIONES ASOCIADAS
Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo
(CYTED)
Centro Experimental de la vivienda Económica - **Argentina**
Instituto de Pesquisas Tecnológicas - **Brasil**
Instituto Nacional de Vivienda - **Chile**
Instituto de Ciencias de la Construcción - **España**
Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción - **Venezuela**

ESCALA REVISTA DE ARQUITECTURA
FONDO EDITORIAL
TALLER LITOGRAFICO

Calle 30 Nro. 17-52 • Conmutador: 2878200 • Fax: 2325148
e-mail: escala@col-online.com • Santafé de Bogotá • Colombia

JULIAN SALAS SERRANO

OPERACION
LATINOAMERICANA

YTED

TECNOLOGIA PARA EL DESARROLLO

LA INDUSTRIALIZACION POSIBLE DE LA VIVIENDA LATINOAMERICANA

ESCALA

TECNOLOGIAS PARA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL

Coordinación: Julián Salas Serrano

5

ESCALA

C O L E C C I O N

TECNOLOGIAS PARA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL

**LA INDUSTRIALIZACION POSIBLE
DE LA VIVIENDA LATINOAMERICANA**

Autor: Julián Salas S.

Director

David Serna Cárdenas

Diseño de Cubierta: Julián Salas S • ESCALA

Edición y Armada Electrónica: ESCALA

Impresión y Encuadernación: ESCALA

Impreso y Hecho en Colombia

ISBN de la Colección

958 - 9082 - 68 - 8

ISBN del Libro

958 - 9082 - 96 - 3

Primera Edición:

Abril de 2000

Impreso en Colombia por ESCALA

Santafé de Bogotá • Colombia

© LA INDUSTRIALIZACION POSIBLE

De La Vivienda Latinoamericana

Impreso en Colombia por ESCALA Ltda. Todos los derechos de esta obra han sido reservados, conforme a la Ley, por el autor Julián Salas Serrano y por ESCALA, por tanto sus textos, gráficos y fotografías no pueden reproducirse parcial o totalmente por medio alguno, sin la previa autorización escrita.

A José Antonio Fernández Ordóñez,
mi maestro y amigo.

LA INDUSTRIALIZACION POSIBLE DE LA VIVIENDA LATINOAMERICANA

Este texto se ha realizado gracias a la ayuda concedida por la Dirección de Enseñanza Superior e Investigación Científica del Ministerio de Educación y Cultura de España, como acción especial (TXT990112-TXT98-1712) en el marco de la convocatoria para la elaboración y edición de Textos Científicos y Técnicos.

Madrid, Enero de 2000

Con el auspicio de:



JUNTA DE ANDALUCIA

JUNTA DE ANDALUCÍA

Consejería de Obras Públicas y Transportes



PROGRAMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO



**CURSO DE COOPERACIÓN PARA EL DESARROLLO DE ASENTAMIENTOS HUMANOS
EN EL TERCER MUNDO.**

Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid

ÍNDICE

PROLOGOS	13
PRESENTACIÓN DEL LIBRO	19

PARTE PRIMERA

**CONCEPTOS PARA REPENSAR LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN
DESDE LATINOAMÉRICA**

CAPITULO I

A MODO DE PRÓLOGO

HÁBITAT: EL IMPLACABLE DESARROLLO DEL SUBDESARROLLO

I.1.	EL TERCER MUNDO SIN COBIJO	25
I.2.	HÁBITAT II: NUEVOS PARADIGMAS	27
	1.2.1.- Lo urbano en alza	
	1.2.2.- La vivienda como proceso	
	1.2.3.- De nuevo, el derecho a la vivienda	

CAPITULO II

**LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA VIVIENDA EUROPEA,
GERMEN DE LA PREFABRICACIÓN LATINOAMERICANA**

II.1.	TRES ETAPAS DE LA PREFABRICACIÓN DE VIVIENDAS EN EUROPA	33
	2.1.1.- Período 1950-1970: masividad, euforia y negocio	
	2.1.2.- Período 1970-1985: crisis y perplejidad	
	2.1.3.- Desde 1985: demoliciones provocadas y otros usos de la prefabricación. La industrialización sutil.	
II.2.	DEMOLICIONES CONTROLADAS EN EL REINO UNIDO	38
	2.2.1.- Problemas sociales	
	2.2.2.- ¿Determinismo arquitectónico?	
II.3.	DOS CONJUNTOS PREFABRICADOS DE LA PRIMERA ETAPA: GRIGNY (FRANCIA) Y ORMINGE (SUECIA)	39
	2.3.1.- La Grande Borne Grigny, París (Francia)	
	2.3.2.- West Orminge, Estocolmo (Suecia)	
II.4.	ENSEÑANZAS PARA AQUÍ Y AHORA DE LA PREFABRICACIÓN CERRADA DE VIVIENDAS EN EUROPA	44
II.5.	INDUSTRIALIZACIÓN DE COMPONENTES CONSTRUCTIVOS (LA LLAMADA INDUSTRIALIZACIÓN ABIERTA)	46
	2.5.1.- ¿Qué entendemos por industrialización abierta?	
	2.5.2.- Los componentes constructivos	
	2.5.3.- Estereotomía del edificio y la vivienda	
	2.5.4.- Repercusión de los elementos funcionales en el coste final	
	2.5.5.- Componentes	
II.6.	EL ESTADO DEL ARTE DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA VIVIENDA EN LATINOAMÉRICA	51
	2.6.1.- Tipologías de sistemas constructivos	
	2.6.2.- Principales materiales empleados	
	2.6.3.- Antigüedad de las técnicas utilizadas	
	2.6.4.- Inversión realizada	
	2.6.5.- Perfil de la empresa latinoamericana de industrialización de viviendas	
II.7.	EL MANIFIESTO CYTED: EN DEFENSA DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA VIVIENDA LATINOAMERICANA	53

CAPITULO III INDUSTRIALIZACION: CONCEPTOS Y HERRAMIENTAS

III.1.	TECNOLOGÍA: EL CONCEPTO Y SU PRÁCTICA	55
III.2.	PRECISIONES SOBRE TECNOLOGÍA HABITACIONAL	55
III.3.	INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN: CONCEPTOS Y ALTERNATIVAS	59
	3.3.1.- Industrialización: alternativas	
III.4.	ÍNDICE DE INDUSTRIALIZACIÓN Y NIVELES TECNOLÓGICOS	62
III.5.	EL SISTEMA CONSTRUCTIVO	63
III.6.	EL PROYECTO DE INDUSTRIALIZACIÓN: TEORÍA Y PRÁCTICA	64
	3.6.1.- Introducción	
	3.6.2.- El proyecto de industrialización: teoría	
	3.6.3.- El proyecto de industrialización: práctica	
III.7.	EL PROYECTO CON SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	68
	3.7.1.- Proyecto con sistemas prefabricados	
	3.7.2.- Diseño y tecnología	
	3.7.3.- Elección del esquema estructural	
	3.7.4.- Tamaño y peso de los elementos	

CAPITULO IV COSTES:

UN TEMA CRUCIAL EN LA VIVIENDA DE ESCASO PRESUPUESTO

IV.1.	LA CONSTRUCCIÓN PREFABRICADA: NI MÁS CARA, NI MÁS BARATA	79
IV.2.	DESCOMPOSICIÓN DE COSTES: EJEMPLOS PRÁCTICOS EN VARIOS PAÍSES	81
	4.2.1. Realización del Portal de Barandillas, en Zipaquirá (Colombia)	
	4.2.2. Descomposición de costes de tres realizaciones en Brasil, El Salvador y Chile	
	4.2.3. Costos medios de distintas tipologías de viviendas en Chile	
IV.3.	COSTES COMPARATIVOS EN ONCE PAÍSES LATINOAMERICANOS	84
IV.4.	¿ES POSIBLE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA VIVIENDA EN LATINOAMÉRICA HOY?	87
	4.4.1.- Algunas cuestiones previas	
	4.4.2.- Datos latinoamericanos para una cuantificación de los factores de coste	
4.4.3.-	Algoritmo para el cálculo del coste de construcción de la parte industrializada.	
	4.4.4.- Análisis de resultados y conclusiones.	

PARTE SEGUNDA**HERRAMIENTAS PARA LA INDUSTRIALIZACIÓN POSIBLE****CAPITULO V LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LOS MATERIALES BÁSICOS**

V.1.	LA IMPORTANCIA DE LOS MATERIALES EN LAS VIVIENDAS DE BAJO COSTE (VBC)	99
	5.1.1.- Introducción	
	5.1.2.- Industria de productos para la construcción: tendencias	
	5.1.3.- Algunas tendencias en la utilización de materiales de construcción	
V.2.	EL HORMIGÓN: SU UTILIZACIÓN EN VIVIENDAS DE BAJO COSTE	104
	5.2.1.- Ventajas y desventajas como material para vivienda de bajo costo (VBC)	
	5.2.2.- Cementos	
	5.2.3.- Agregados	
	5.2.4.- Agua de mezcla	
	5.2.5.- Aditivos	
	5.2.6.- Dosificación	
	5.2.7.- Mezcla, transporte, colocación y compactación	
	5.2.8.- Curado	
	5.2.9.- Control de calidad	
	5.2.10.- Durabilidad	
V.3.	SUELO-CEMENTO	112
	5.3.1.- Reseña latinoamericana de la utilización de suelo-cemento	
V.4.	EL FERROCEMENTO O ARGAMASA ARMADA, UN MATERIAL PARA LA INDUSTRIALIZACIÓN	115
	5.4.1.- Definición	
	5.4.2.- El papel de las armaduras constituidas por mallas electrosoldadas	
	5.4.3.- Las mallas electrosoldadas	

V.5.	LA ESCASA INDUSTRIALIZACIÓN DE LOS COMPONENTES A BASE DE MADERA	117
5.5.1.-	La madera como material de construcción	
5.5.2.-	Viviendas de madera para programas de emergencia en Inglaterra y EEUU	
5.5.3.-	Sistemas constructivos en madera	
V.6.	LA BAMBUSA GUADUA EN LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA VIVIENDA SOCIAL	122
5.6.1.-	La bambusa guadua, un material generoso	
5.6.2.-	Propiedades físico-mecánicas	
5.6.3.-	Tecnología de construcción	
5.6.4.-	Sistemas constructivos industrializados a base de bambú.	
5.6.5.-	Reseña de la utilización latinoamericana del bambú.	

CAPITULO VI PRODUCCIÓN, TRANSPORTE Y MONTAJE

VI.1.	INTRODUCCIÓN A LA PREFABRICACIÓN	129
6.1.1.-	Planteamiento global del tema	
6.1.2.-	Clasificación de la prefabricación según el tipo de factorías	
6.1.3.-	Características generales de las plantas de producción	
VI.2.	TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN	132
6.2.1.-	El producto	
6.2.2.-	El transporte interno condicionante básico de la organización de la producción	
6.2.3.-	Clasificación de los procedimientos de producción	
VI.3.	DATOS CUANTITATIVOS DE PLANTAS DE PRODUCCIÓN (PRÁCTICA EUROPEA)	135
6.3.1.-	Parámetros de una planta de grandes paneles para 1.000 viviendas-año	
VI.4.	MANIPULACIÓN DE ELEMENTOS	135
6.4.1.-	Introducción	
6.4.2.-	Bucles o asas de elevación	
6.4.3.-	Medidas de control de ejecución y seguridad en el montaje	
VI.5.	TRANSPORTE DE ELEMENTOS	138
6.5.1.-	Introducción	
6.5.2.-	Otras consideraciones sobre el transporte de elementos	
6.5.3.-	Elevación de elementos	
VI.6.	MEDIDAS DE CONTROL DE EJECUCIÓN Y SEGURIDAD EN EL MONTAJE	140
6.6.1.-	Comprobación de la edificación	
6.6.2.-	Características de las grúas	
6.6.3.-	Los operarios	
6.6.4.-	Preparación en tierra	
6.6.5.-	Organización	
6.6.6.-	La colocación	
6.6.7.-	Seguridad	
VI.7.	TRES FORMAS DE PRODUCIR MIL VIVIENDAS POR AÑO	143
VI.8.	TRES FORMAS DE COORDINAR EL PROCESO CONSTRUCTIVO (De como el orden de los actores puede alterar el resultado)	147

CAPITULO VII JUNTAS ENTRE ELEMENTOS PREFABRICADOS

VII.1.	PRINCIPIOS GENERALES Y TIPOS DE JUNTAS	149
VII.2.	JUNTAS VENTILADAS: IMPERMEABILIDAD FRENTE AL AIRE Y EL AGUA	150
VII.3.	ENSAYOS DE BISHOP	152
VII.4.	ENSAYOS DE TRONDHEIM	152
VII.5.	JUNTAS SELLADAS MEDIANTE MASTICS (JUNTAS BLANDAS)	156
7.5.1.-	Juntas estancas o rellenas	
7.5.2.-	Juntas selladas: criterios básicos	
7.5.3.-	Criterios para la elección de las masillas	
7.5.4.-	Criterios para la ejecución de las juntas selladas	
7.5.5.-	El sellado de las juntas	
VII.6.	JUNTAS CERRADAS MEDIANTE PERFILES	161
VII.7.	RESOLUCIÓN ESTRUCTURAL DE LAS JUNTAS	162
7.7.1.-	Conceptos de diseño estructural para uniones y juntas	
7.7.2.-	Introducción al cálculo de juntas	
7.7.3.-	Juntas a cortante	
7.7.4.-	Juntas a compresión	
VII.8.	JUNTAS EN MOVIMIENTO: UN EJEMPLO DE DISEÑO	166
7.8.1.-	Efectos de variación de temperatura	
7.8.2.-	Efectos de las variaciones de humedad de los materiales	

PARTE TERCERA

LA PRÁCTICA DE LA INDUSTRIALIZACIÓN EN LATINOAMÉRICA

CAPITULO VIII PLANTAS DE PRODUCCIÓN

VIII.1. MICROTALLERES PRODUCTIVOS: GÉRMENES INDUSTRIALES	171
VIII.2. PLANTAS PRODUCTORAS DE BLOQUES	173
8.2.1.- Introducción	
8.2.2.- Plantas de producción	
8.2.3.- El sistema Tabibloc	
8.2.4.- El sistema colombiano Prefes	
VIII.3. PLANTAS BRASILERAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ELEMENTOS DE ARGAMASA	183
8.3.1.- Tecnología de fabricación	
8.3.2.- Etapas de producción: las armaduras	
8.3.3.- Características de la argamasa	
8.3.4.- La importancia del curado	
8.3.5.- La experiencia brasileña	
8.3.6.- Conclusión	
VIII.4. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADA (PRODUCCIÓN CONTÍNUA)	189
8.4.1.- Máquinas moldeadoras para la producción de viguetas	
8.4.2.- Máquinas moldeadoras para la producción de losas aligeradas	
8.4.3.- Máquinas <i>ponedoras</i> para la producción de elementos livianos	
VIII.5. PLANTAS EXPORTABLES DEL SISTEMA CUBANO SANDINO	193
8.5.1.- Introducción	
8.5.2.- Plantas de producción Sandino	
8.5.3.- Plan general: descripción de áreas y del conjunto	
8.5.4.- Flujo tecnológico	
8.5.5.- Consumo de materiales y rendimiento del sistema	
VIII.6. PLANTAS POLIVALENTES: EL SISTEMA VENEZOLANO SANCOCHO	197
8.6.1.- Conceptos y práctica de la <i>industrialización posible</i>	
8.6.2.- Fundamentos conceptuales del sistema Sancocho	
8.6.3.- El sistema venezolano Sancocho	
8.6.4.- Comportamiento estructural del sistema	
8.6.5.- Diseño de elementos del sistema	
8.6.6.- Producción de los elementos Sancocho	
8.6.7.- Incidencia de los factores que intervienen en el sistema constructivo industrializado	
VIII.7. PLANTAS CUBANAS DE GRANDES PANELES: SISTEMA GRAN PANEL IV	204
8.7.1.- Introducción	
VIII.8. LOS MOLDES EN LOS PROCESOS DE PREFABRICACIÓN	205
8.8.1.- Tipos de moldes	
8.8.2.- Manipulación de los moldes	

CAPITULO IX ELEMENTOS DE FACHADA Y DE ENTREPISOS PREFABRICADOS

IX.1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN	209
IX.2. FACHADAS Y PARAMENTOS EXTERIORES: ACABADOS Y TEXTURAS	209
9.2.1.- Introducción	
9.2.2.- Costes de acabados	
9.2.3.- Acabados que se realizan antes del moldeo	
9.2.4.- Acabados que se realizan después del moldeo	
9.2.5.- Acabados que se realizan después del fraguado	
9.2.6.- Tolerancias cualitativas de paramentos prefabricados de hormigón	
IX.3. ELEMENTOS PREFABRICADOS PARA ENTREPISOS (FORJADOS)	220
9.3.1.- Introducción	
9.3.2.- Tipologías de forjados	
A.- Losas completas macizas	
B.- Losas aligeradas armadas	
C.- Losas aligeradas pretensadas	
D.- Losas nervadas armadas	
E.- Losas semirresistentes armadas	
F.- Elementos lineales resistentes (viguetas o semiviguetas) y elementos de cierre (bovedillas)	

IX.4.	FORJADOS A BASE DE VIGUETAS Y BOVEDILLAS	221
	9.4.1.- Introducción	
	9.4.2.- Semiviguetas ligeras con armadura en celosía	
	9.4.3.- Forjados prefabricados a base de semiviguetas con armadura en celosía	
	9.4.4.- Detalles constructivos y hormigonado en obra de forjados prefabricados unidireccionales	
IX.5.	COMPARACIÓN ENTRE LAS FAMILIAS DE FORJADOS ESTUDIADAS	230

CAPITULO X

INDUSTRIALIZACIÓN DE SUBSISTEMAS Y COMPONENTES

X.1.	LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES: BLOQUES TÉCNICOS	233
	10.1.1.- Bloques técnicos: definición, clasificación y evolución	
	10.1.2.- Tipologías de bloques técnicos	
	10.1.3.- A modo de recomendaciones desde la práctica europea	
	10.1.4.- Bloques técnicos: experiencias latinoamericanas	
	10.1.5.- A modo de recomendaciones de la práctica latinoamericana	
X.2.	COMPONENTES CERÁMICOS DE PAREDES Y CUBIERTAS	243
	10.2.1.- Las aportaciones de Dieste como meta de referencia	
	10.2.2.- Placas prefabricadas de elementos cerámicos	
	10.2.3.- La placa Beno: del ladrillo suelto a la placa cerámica	
	10.2.4.- Elementos cerámicos de cubiertas prefabricadas: sistema CGL-2	
X.3.	ELEMENTOS PREFABRICADOS CEVE DE CUBIERTA Y VENTANA	250
	10.3.1.- Elementos lineales plegados de cerámica	
	10.3.2.- Ventanas CEVE de hormigón prefabricado	
X.4.	ACCESOS VERTICALES PREFABRICADOS	252
X.5.	LA INDUSTRIALIZACIÓN POSIBLE EN EL MEJORAMIENTO Y CONSOLIDACIÓN DE ASENTAMIENTOS ESPONTÁNEOS	253
	10.5.1.- Justificación de la propuesta	
	10.5.2.- Formalizando la informalidad	
	10.5.3.- Cuantificación de las necesidades de mejoramiento	
	10.5.4.- Asesoría técnicas en los barrios	
	10.5.5.- Elementos de la práctica latinoamericana	
	10.5.6.- Algunas cuestiones no resueltas	

A MODO DE EPÍLOGO

**PRODUCCIÓN FLEXIBLE VERSUS PRODUCCIÓN MASIVA:
RESPUESTAS A LAS GRANDES NECESIDADES**

CAPITULO XI

XI.1.	VISIONARIOS DE LA PRODUCCIÓN MASIVA: EL FIN DE UNA UTOPIA	261
XI.2.	PRODUCCIÓN EN SERIE Y DIVERSIFICADA	254
XI.3.	¿QUÉ PASÓ EN EL ÚLTIMO MEDIO SIGLO?	255
XI.4.	REFLEXIÓN FINAL	268

ANEXO I

I.1.	BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA	269
I.2.	RELACIÓN TEMÁTICA DE TEXTOS RECOMENDADOS EN CASTELLANO SOBRE INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN	270
I.3.	PUBLICACIONES DEL SUBPROGRAMA XIV DEL CYTED.	271

ANEXO II

II.1.	REFERENCIAS PERSONALES POR ORDEN ALFABÉTICO	273
II.2.	REFERENCIAS POR ÁREAS GEOGRÁFICAS	274
II.3.	REFERENCIAS INSTITUCIONALES, POR ORDEN ALFABÉTICO	275

AGRADECIMIENTOS

La industrialización posible, al igual que su predecesor, *Contra el hambre de vivienda*, es un libro colectivo más que de autor. De ello es testimonio tangible la extensión de los listados de personas e instituciones citadas en el transcurrir del texto que hemos recogido en el Anexo II, radiografía de los cimientos de esta obra: cubanos, venezolanos, argentinos... organizaciones no gubernamentales, instituciones universitarias, empresas, cooperativas... son las semillas de las que ha germinado esta publicación.

Hemos tomado prestadas ideas y textos con la pretensión de fundirlas en un crisol común. No podemos silenciar nuestro sincero agradecimiento por la importancia de las aportaciones incorporadas a nuestro trabajo y cuya paternidad corresponde a: Aurelio Ferrero, Héctor Massuh y Dante Pipa (Argentina); Paolo Eduardo Fonseca Campos y J. Bento de Hanai (Brasil); Gabriel Gómez, Walter López y Oscar Mejía (Colombia); Maximino Bocalandro (Cuba); Antonio Vázquez de Castro (España); Peter Kellett (Inglaterra); Carlos González Lobo (México); Eladio Dieste y Walter Kruk (Uruguay); Carmen Yáñez y José A. Peña (Venezuela)... y al colectivo de profesionales que conforman el Subprograma CYTED XIV: *Tecnologías para viviendas de interés social* que coordina Silvio Ríos. La deuda del texto con todos ellos es sinceramente impagable.

Son muchos los que apoyando de muy distintas formas han contribuido a la materialización de este libro; apoyos de naturaleza diversa que intentaremos enumerar por orden de aparición en el indefinido guión de la confección de un texto de estas características: Elizabeth Oppliger ordenó materiales y escribió una y más veces los textos; David Serna, nuestro editor y sin embargo amigo, apostó por la andadura desde el kilómetro cero; el "Programa para la elaboración y edición de textos científico-técnicos" del Ministerio de Educación y Cultura de España apoyó y aportó recursos para finalizar la tarea iniciada; la Dirección General de Arquitectura y Vivienda de la Junta de Andalucía, una vez más, mostró su vocación por la transferencia de conocimientos cooperando en la difusión del libro; Isabel Bravo se ocupó a la perfección de la corrección del texto; Pepa Foncea fue la autora de la maqueta de *Contra el hambre de vivienda*, en la que se inspira este segundo texto, señal inequívoca de nuestro reconocimiento a su trabajo. A todos, personas e instituciones, junto a los que conforman la lista de nuestras citas que, en forma de hitos, marcaron el camino facilitando nuestro transcurrir, nuestro sincero agradecimiento.

Nuestro objetivo no confesado sería que todos, personas e instituciones, mencionadas e involuntariamente omitidas, se sintiesen partícipes satisfechos de esta obra colectiva.

Julián Salas Serrano

Agua Amarga, Andalucía, España, enero de 2000

PRÓLOGOS

Horacio Berretta - Arquitecto

Investigador Superior de CONICET (Argentina)
Director CEVE de Córdoba
Asesor Programa CYTED

Es una gran satisfacción para mí, contribuir en prologar la presente obra del Ing. Julián Salas Serrano.

Su pionera tarea recorriendo América Latina, sobre todo a partir de su presencia en el Programa CYTED-D, le ha aportado una visión integral, contrastada y también pormenorizada de la Patria Grande de los americanos. Para ello, Julián ha contado con su ojo agudo y abierto a la realidad, unido a su respetuosa y comprometida visión personal, ya que para ver con inteligencia (íntus legere - leer adentro), no basta recorrer nuevos paisajes sino sobre todo "tener nuevos ojos."

Sin embargo para una acción certera en este paisaje del "Tercer Mundo sin cobijo", creo necesario, como la hace Julián en su introducción, partir de la visión de "desigualdades imparables entre el norte y el sur..." las que se agudizan día a día en el escenario opulento de la sociedad de consumo, debido al generalizado desinterés de la dirigencia mundial y local por su erradicación efectiva.

La pobreza y la exclusión crecen y crece el déficit habitacional, resultando descarnadamente contradictoria la desigualdad entre riqueza y pobreza, cuando son cuantiosos como nunca los recursos mundialmente producidos.

No podemos olvidar que, en el siglo pasado se acariciaba la idea de una abundancia y felicidad ilimitada, para todo el género humano, a partir del desarrollo científico tecnológico y el intercambio universal.

Hoy comprobamos que la afirmación de éstos principios, han contribuido, a que los ricos sean cada vez más ricos, mientras los pobres se multiplican ...

Sin embargo, el intelecto aplicado al desarrollo tecnológico conlleva en su razón de existir una función social irrenunciable, que en "El siglo de las luces" no puede seguir quedando sujeta al negocio, la prepotencia del poder o la zoncera alienante.

El proyecto liberador de "alargar los brazos del hombre" para humanizar tareas, que (siglos atrás estaban en manos del esclavo, el ilota, el siervo y el proletario) y multiplicar empleo, se ha ido convirtiendo (en busca sólo de mayor beneficio para el capital), en generalizada expulsión de mano de obra..

Por otra parte creo que ha llegado el momento de retomar el pensamiento de Ghandi y Schumacher y plantear rectificaciones para generar nuevos caminos en el desarrollo de tecnologías apropiadas o de función social, activando un estilo tecnológico con rostro más humano y ecológico.

En caso contrario también desde éste campo seguiremos colaborando en que se cumpla la profecía de Toffler: "¿ Por qué cargarnos con un ejército de analfabetos y desnutridos, que poco pueden aportar a la construcción de un mundo radiante y luminoso?"

En búsqueda pues de aportar con profundo sentido de servicio solidario a la construcción de una realidad nueva, debemos abrir nuevos caminos, o lo que es lo mismo: hacer camino al andar..

Así, éstas andanzas de Julián Salas constituyen un serio aporte para partir de nuestras realidades y acrecentar soluciones masivas, luchando por mayores avances del conocimiento práctico, lo cual sólo se consigue tratando de compatibilizar términos contrarios ó ideas (de εἶδος= visión) aún contrapuestas, que no pueden resolverse solo por el pensamiento lógico...

En esta tesitura, la resolución posible de la vivienda Latinoamericana, puede encuadrarse (de acuerdo a mi interpretación) entre dos puntos:

- La necesidad de vivienda correcta, económica y masiva, unida a procesos y técnicas de industrialización.

- La necesidad de preservar, generar y ampliar fuentes de trabajo, también masivas con mano de obra capacitada e intensiva.

Todo esto en momentos de crisis en que el Estado Liberal se pone en retirada de los Servicios Sociales y el capital de los mercaderes del mundo, se moviliza sólo en función de mayor rédito y poder.

Por último pienso que no se trata de aceptar y venerar toda tecnología por su status de modernidad o progreso en abstracto... cuando sus resultados puedan ser contrarios al bien de la sociedad global como en el caso de la tecnología expulsora de mano de obra.

Creo también que ante todo compartimos con Julián una preocupación prioritaria: la salvaguarda de la más alta expresión tecnológica que poseemos: el hombre, "todo el hombre y todos los hombres", en su deslumbrante singularidad encarnada en miles de millones de seres humanos, que tienen "hambre de vivienda" y "sed de justicia" ...

Conocer inteligentemente lo que se está haciendo en América Latina con su saldo positivo y también sus falencias, en el marco de un muy duro y también esperanzado porvenir, nos pone en movimiento... para un servicio social irrenunciable.

José Adolfo Peña U. - Ingeniero Civil

Director general de OTIP, C.A.
Profesor de Posgrado del IDEC - Caracas, Venezuela

El déficit de viviendas en América Latina alcanza, en las postrimerías del siglo XX, la cifra de los 50 millones de unidades, lo que representa una carencia avasalladora que engloba no sólo la vivienda, sino también la infraestructura y el equipamiento social, creando un profundo deterioro del hábitat del hombre latinoamericano.

No es posible seguir actuando con la sola alternativa de la construcción tradicional, en la cual no se ha realizado siquiera un proceso de racionalización que nos plantee la posibilidad de obtener una mayor productividad de los recursos de que disponemos, en cuanto a mano de obra, equipos y materiales. Continuamos trabajando con un margen de desperdicio y subutilización de los recursos, que no permite avizorar a corto plazo la satisfacción del «hambre de vivienda», a la cual están sometidos nuestros pueblos. Por los procesos tradicionales que conocemos en la construcción civil, difícilmente llegaremos a una solución que cumpla con planes emergentes y reales.

La «industrialización posible», que envuelve indudablemente tecnologías apropiables, es útil en la medida en que siendo gestadas a partir de nuestras capacidades, pueda ser materializada con los medios de que disponemos en nuestros países, y uno de esos medios es el hombre.

La industrialización que requieren los países de América Latina en el sector construcción, y en general, es aquella que le permita a todos tener un empleo, que le permita a todos comer todos los días, que le permita al trabajador enviar sus hijos a buenas escuelas donde reciba la enseñanza que él no pudo alcanzar. Debemos ser socialmente responsables, servir con lo mejor de nuestros conocimientos, y obrar con sensibilidad para disminuir la injusticia social en la cual están sumidos nuestros pueblos; ello nos exige cada día de mayores y mejores actitudes y aptitudes, para disfrutar la libertad de vivir con dignidad y en paz social.

El mayor esfuerzo tiene que estar dirigido a poner el conocimiento científico y técnico al servicio de quien más lo necesita: la sociedad carenciada. Los profesionales, como integrantes del tejido social en el cual actuamos, requerimos de una sensibilidad social y de un adecuado uso de los medios con la finalidad de desarrollar patrones para llevar adelante programas de "aprender haciendo" o "hacerlo juntos", en los cuales el participante se sienta identificado no solo con la labor que realiza, sino con su condición de ciudadano, que responde por sus deberes y reclama con dignidad sus derechos.

El presente texto, fruto del valioso y arduo trabajo de mi amigo Julián Salas, apasionado y profundo conocedor del tema de la industrialización y su ingerencia en la superación de nuestros pueblos, nos ofrece con diafanidad la dialéctica para entrelazar y multiplicar conocimientos de diferente índole, que justifica el que seamos optimistas para afirmar: que estamos gestando el futuro que nos permitirá recibir el nuevo milenio con la firme convicción de que podemos acortar el espacio existente entre necesidad y satisfacción, en América Latina; y que continuaremos aprendiendo y haciendo juntos el esfuerzo para hacer realidad este sueño, estableciendo así los nuevos paradigmas que orienten nuestras actuaciones.

Caracas, 23 de Septiembre de 1.999

Maximino Bocalandro Montoro - Arquitecto

Subdirector del Centro Técnico para el desarrollo de los Materiales de la Construcción de Cuba

El déficit habitacional de América Latina y el Caribe, es quizás, el aspecto social más dramático sufrido por los países del área. Lejos de disminuir, aumenta, y ninguna nación ha podido escapar de esta trampa mortal, la cual de no encontrar una fórmula adecuada, conducirá inevitablemente a una crisis social sin precedentes a mediano o largo plazo.

La solución de tan sensible requerimiento humano, pasa primero por la voluntad política de los gobiernos; sin ella resulta imposible resolver tan complejo problema, que demanda según CEPAL, cuadruplicar la inversión de capital y el Producto Interno Bruto (PIB) dedicado actualmente a este fin, ilustrado por Salas en la primera parte del libro.

Sin embargo, en el supuesto caso de disponer de esta enorme masa de capital, se requieren tecnologías, materiales y conocimientos teóricos y prácticos suficientes, aún no del dominio de la mayoría de científicos, proyectistas, constructores y demás especialistas de la vivienda, para convertir en realidad este sueño de millones de latinoamericanos y caribeños.

La industrialización en otros sectores ha resuelto la producción masiva de la mayor parte de los productos que consume la sociedad actual, incluyendo los materiales de construcción en los países desarrollados.

América Latina y el Caribe deben recorrer el camino de la industrialización de la construcción y los materiales, pero teniendo en cuenta sus condiciones específicas. De Europa y otros países desarrollados deben valorarse las experiencias, conceptos y enseñanzas, de forma crítica y creativa para alcanzar: "La industrialización posible de la vivienda latinoamericana", como propone Julián Salas en esta obra.

Existen múltiples experiencias originales y adecuadas de sistemas constructivos, en un intento de industrializar la construcción de viviendas pero, son aisladas y desconocidas, en la mayor parte del territorio nacional de origen, y más aún en el resto de los países del área.

Salas analiza las tecnologías en su contexto nacional, extrae los valores generalizables con posibilidades de aplicación en otros países y destaca los aspectos conceptuales contribuyentes a la formación de una teoría de la industrialización de viviendas dando a conocer a Latinoamérica y al resto del mundo, los esfuerzos de la región en este campo.

El sistema Beno de Córdoba (Argentina), la argamasa armada de Brasil, Sancocho de Venezuela, Sandino y Gran Panel IV de Cuba, Tabibloc de España, Prefes de Colombia, el bambú y la tierra entre otros, son algunos ejemplos utilizados en la tercera parte de la obra, como base para el análisis, extrayendo de ellos los argumentos y principios de una posible y viable industrialización en América Latina.

El autor aporta en este libro un análisis crítico de la experiencia europea en la industrialización de la construcción, de la cual fue actor y analista. Ya fue expuesta de forma brillante junto a Fernández Ordóñez y otros en 1974 en el libro: "PREFABRICACIÓN: TEORÍA Y PRÁCTICA" pero, en la obra que nos ocupa,

profundiza en conceptos, causas y nuevos rumbos al analizar el fenómeno desde la óptica latinoamericana (capítulo II). Sin embargo, su mayor contribución la realiza al valorar las experiencias surgidas y desarrolladas en el área, la que conoce como pocos, gracias a los constantes viajes y contactos realizados durante la preparación y ejecución del SUBPROGRAMA CYTED: "TECNOLOGIAS PARA VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL EN LATINOAMÉRICA", en cuyo empeño lo acompañé durante varios años.

No es posible enfrentar con éxito la industrialización de la vivienda latinoamericana sin las herramientas teóricas adecuadas. Es imprescindible aclarar conceptos, redefinir términos y romper esquemas mantenidos por la repetición y procedencia frecuentemente del norte desarrollado, no aplicable igualmente en otros medios y niveles de desarrollo. Salas brinda en el capítulo III, argumentos y nuevos contenidos a términos como: tecnología, industrialización alternativa, tecnología apropiada, índices de industrialización, sistemas constructivos y otros. También expone vías y métodos para concebir un sistema constructivo industrializado.

Estas herramientas servirán a los arquitectos, ingenieros, tecnólogos y profesores universitarios, productores, constructores y otros actores, para impulsar el desarrollo tecnológico necesario y transformador de las prácticas artesanales que predominan en la construcción de alojamientos en la mayoría de los países de América Latina; orientar a la industria y las inversiones hacia un camino adecuado con las estructuras económica, social y cultural propias de cada país y momento específico, según palabras del autor en el capítulo sobre industrialización y sus alternativas.

Desde nuestro primer encuentro en el curso de Construcción Industrializada en el C.S.T.B. de París, Salas demostró pasión por el tema de la industrialización de la construcción, gran dedicación al estudio de la realidad Latinoamericana, especial capacidad para escuchar, comunicar, debatir y sintetizar experiencias técnico-constructivas en su medio socioeconómico y cultural. Los debates de entonces con M. ODIN y G. BLACHERE, profesores del curso, eran seguidos por todos sus condiscípulos con especial interés y admiración. Hoy, sus experiencias son más amplias y sus discursos más coherentes y convincentes, para bien de latinoamérica, "Contra el hambre de viviendas: soluciones tecnológicas latinoamericanas", libro que antecedió a esta obra, le permitió sintetizar la información necesaria para este empeño mayor, que resulta LA INDUSTRIALIZACIÓN POSIBLE de la vivienda latinoamericana.

Quienes en América Latina y el Caribe trabajan en la esfera de la vivienda y el mejoramiento del hábitat, encontrarán en este libro conceptos y experiencias útiles para la formación de una filosofía constructiva sólida y fundamentada, decisiva para enfrentar los retos del nuevo milenio en un mundo globalizado. Para profesores y científicos resulta un texto de referencia y un punto de partida para profundizar en la teoría y práctica de la construcción industrializada.

PRESENTACIÓN DEL LIBRO

El trabajo que tiene en sus manos pretende ser, en cierto modo, complementario de *Contra el hambre de vivienda*¹. Se trata de una visión más centrada y monográfica que aspira a presentar el tema de la industrialización –teoría y práctica– como una vía posible para paliar el problema dramático de la vivienda en América Latina. En *La industrialización posible* no encontrará el lector ni fórmulas ni recetas mágicas: no las buscábamos; sabemos que lamentablemente no existen. Pero sí es probable que técnicos y vivendistas interesados en contribuir a la solución de los problemas de las mayorías encuentren herramientas *posibles*, cercanas, asequibles, que están más a mano de lo que pensamos y que cuentan con el aval de ser empleadas con éxito por otros que buscan lo mismo que nosotros. También pretende el texto servir de apoyo para los docentes latinoamericanos empeñados en acortar distancias entre las técnicas que se imparten en la academia y las necesidades tangibles que la rodean.

Llegar a los lectores en compañía de Berreta, Peña y Bocalandro es, para el autor, un honor, y para el libro –que pretende ser latinoamericano, y por lo tanto, mestizo–, presagio de una buena andadura. Cono Sur, Andes y El Caribe están representados por tres instituciones –CEVE, OTIP, S.A. y CTMC– que, presentes en tres zonas de actuación distantes, ofrecen enfoques diversos, con razones sociales divergentes pero con facetas clave en común: más de tres décadas de persistente trabajo en pro de la vivienda de los más necesitados y una solidaria conciencia latinoamericanista. A los tres equipos de profesionales y a sus representantes Horacio, José Adolfo y Maximino, gracias. Siempre que en nuestras vacilaciones durante la elaboración del texto hemos necesitado ayuda, la hemos encontrado en sus realizaciones institucionales, y hoy, en sus generosas presentaciones.

Creímos que describir herramientas y trayectorias eficaces podría revelarse como un ejercicio de interés. En parte, nos hemos visto abocados a este recurso, ya que las teorías de la industrialización de la vivienda –*posibles* o utópicas– ni abundan ni han abierto en las últimas décadas caminos prometedores. Frente a los resultados insatisfactorios (a veces, desastrosos) de sus estrategias, los técnicos hemos esgrimido coartadas que van desde el carácter impredecible de la realidad a la supuesta o real pusilanimidad de los políticos, que, en opinión de los técnicos, se asustan ante dosis prescritas de medicinas naturalmente amargas. Dice cantando Mercedes Sosa que no corren buenos tiempos para la poesía; tampoco para la prosa, añadiríamos nosotros. En el ámbito de las técnicas constructivas para la vivienda de interés social, Latinoamérica vive un gran parón, una especie de calma chicha en la aportación de ideas, de alternativas, de soluciones tangibles... No nos ruboriza reconocer públicamente nuestras dudas –tanto al inicio del trabajo o en el ecuador de su elaboración como hoy, al presentarlo– sobre la oportunidad del esfuerzo que suponía construir *La industrialización posible*. El vacío, las escasas referencias conceptuales en las que apoyar nuestras debilidades, la ausencia de espacios en los que debatir y crear sinergias, nos han hecho dudar sobre si debíamos o no llegar a leernos en letra impresa. Sólo el convencimiento obstinado del que ha conocido *in situ* la magnitud y el dramatismo del hambre de vivienda en Latinoamérica, palpado encomiables resultados de *industrialización posible* y sufrido fracasos de decisiones técnicas que no repetiríamos, nos ha mantenido perseverantes en nuestro empeño.

No podemos silenciar algunos apoyos. Uno, sutil e intangible, que roza la autocomplacencia –quiero recordar que fue Descartes el que sentenció, que la autocomplacencia es el contento más generosamente repartido entre los humanos–. Nos creemos depositarios de circunstancias profesionales que algún amigo generosamente ha calificado de excepcionales: haber trabajado en la teoría y la práctica de la

prefabricación en España (década de los setenta, *Seminario de Prefabricación*); haber vivido profesionalmente el reacomodo y decadencia de estas técnicas en Europa (década de los ochenta, *Instituto Eduardo Torroja*); haber palpado de cerca la realidad latinoamericana y contactado con los que se afanan por encontrar soluciones *posibles* (estancia en Latinoamérica, *Programa CYTED*). Descartes tenía razón.

No hemos renunciado a nuestras raíces en el campo de la construcción industrializada: experiencias, bagaje tecnológico y bases conceptuales adquiridas en el Norte y que nos han acompañado por Latinoamérica. No las hemos percibido nunca como lastre –pese a lo pesado de los grandes paneles–, sino como herramientas dóciles, maleables, que pueden ponerse al servicio de una causa y también de la antagónica.

La industrialización posible, ya lo hemos dicho, nunca pretendió ser recetario prodigioso, ni pócima válida para todo tiempo y geografía. Su mejor antídoto fue el sentido común, que nos repetía que en el ámbito de las soluciones de la vivienda de muy bajo coste en Latinoamérica necesitamos teorías para evitar que la inteligencia y la voluntad se ahoguen en océanos de datos. *Sutil* es nuestra forma de bautizar las tendencias de vanguardia de la industrialización de la vivienda en el Primer Mundo para mañana. Conocer y aprender de los que marchan en cabeza siempre será recomendable y plausible, pero sin olvidar que Latinoamérica, como conjunto, no es Primer Mundo, que los problemas de hoy han de ponerse delante para mejor construir el mañana.

“Cerca de la mitad de los latinoamericanos viven en la pobreza y 94 millones no cuentan siquiera con los recursos necesarios para alimentarse adecuadamente (CEPAL, 1994). Los mayores niveles de pobreza están concentrados en ciudades menores, lo cual orienta los focos de atención hacia las ciudades intermedias”².

Nuestra propuesta coincide con Ugo Pipitone³ cuando afirma: “El subdesarrollo es un castillo que no se rinde ante un largo asedio, sino sólo por asalto; o sea, en tiempos históricos restringidos. Obviamente, 40 ó 50 años puede parecer mucho tiempo en la vida de un individuo; en la historia de las naciones es, generalmente, poco más que un parpadeo”. Pero hemos de matizar que para estos 40 ó 50 años, mientras se prepara el siempre fallido asalto al problema de la vivienda, no conocemos nada tan útil, con todas nuestras dudas, como la industrialización posible.

1. J. Salas, *Contra el Hambre de Vivienda. Soluciones tecnológicas latinoamericanas*, 315 páginas, Edit. Escala, ISBN 958-9082-69-6, Bogotá, Colombia, 1992.

2. CEPAL, ponencia presentada ante Hábitat II con el título: *Alojar el Desarrollo. Una tarea para los Asentamientos Humanos*, Naciones Unidas 1995. CEPAL, Santiago de Chile, 1995.

3. Ugo Pipitone: *Siete argumentos (sin una teoría) para salir del subdesarrollo*. Rev. Claves de la Razón Práctica, nº 92, Madrid, 1999.

PRIMERA PARTE

CONCEPTOS PARA REPENSAR LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DESDE LATINOAMÉRICA



HÁBITAT: EL IMPLACABLE DESARROLLO DEL SUBDESARROLLO

I. 1. EL TERCER MUNDO SIN COBIJO

Pese a los reparos ante la artificial división del planeta en tercios de desigual proporción, la denominación *Tercer Mundo* ha ganado carta de naturaleza. El Banco Mundial (1994) matiza ese gran conglomerado de países mediante una división en: países de bajos ingresos, cuando la renta per cápita anual es inferior a 400 dólares al año; de ingresos bajos - medios, cuando está comprendida entre 400 y 1.700 dólares y de ingresos medios - altos entre 1.700 y 7.300 dólares. El Producto Interior Bruto per capita en España ese mismo año, a modo de ejemplo, fue de 13.630 dólares.

La desigualdad Norte-Sur o desarrollo-subdesarrollo se muestra imparable. También se agudizan las diferencias entre ricos y pobres en los países subdesarrollados. Según Sampedro y Berzosa (1) "... entre 1960 y 1989, los países que concentran el 20% más rico de la población mundial aumentaron su participación en el PGB internacional del 70,2% al 82,7%. En los países en donde vive el 20% más pobre de la población mundial, la participación se redujo del 2,3% al 1,4%. En 1960, el 20% más rico recibía 30 veces más que el 20% más pobre; en 1989 la diferencia era de 60 veces".

Resulta desolador el panorama que presenta el mapa mundial del reparto del PIB planetario. La mancha de la pobreza se superpone a la del hambre y ambas se conforman en forma de amplísima banda geográfica que, salvo contadas excepciones, cubre el Sur del globo terráqueo (2). La situación se tensa más aún cuando, a partir de la visión estática del presente, se trata de vislumbrar el mañana. De los 5.800 millones de habitantes del planeta, el 77% (4.466 millones) habita en países en vías de desarrollo (PVD), mientras que el 23% restante (1.334 millones) lo hace en el mundo desarrollado (MD). El MD presenta una población sensiblemente estable,

que sólo crece como consecuencia de las migraciones que llegan desde algunos países en vías de desarrollo; éstos, pese a la baja que globalmente ha experimentado su índice de fertilidad, tienen previsto un crecimiento impensable hasta el presente: 500 millones de nuevos habitantes antes del año 2005. Todo apunta a la consolidación de la sociedad urbana del MD, demográfica y físicamente estable, mientras que los PVD se proyectan como un proceso de enorme crecimiento demográfico y urbanización acelerada, en los que a toda costa tratarán de asentarse el incremento vegetativo y las migraciones internas.

Acercarse a los asentamientos humanos del subdesarrollo equivale a tropezarse con gravísimas carencias de agua, cobijo, servicios sanitarios, higiene y salubridad. En las ciudades de los PVD, sólo el 50% de sus habitantes dispone de agua corriente, un 25% se abastece de fuentes públicas, pozos o bombas de mano, mientras que el otro 25% utiliza agua no apta para el consumo. En 1994 se estimó en 280 millones los habitantes de zonas urbanas sin suministro de agua y en 590 millones los que no disponían de saneamiento; como consecuencia, el 1,5% de los niños de los PVD mueren antes de cumplir los 5 años, por diarreas causadas por agua contaminada. (Figuras 1.1 y 1.2).

¿Qué supondría plantearse el objetivo *agua para todos* a escala planetaria? Ejecutar tan encomiable propósito en una década, equivaldría a ampliar el abastecimiento de agua a 2.500 millones de personas y requeriría que los PVD invirtiesen en este fin el 6% de sus PIB anuales, desde ahora mismo hasta el año 2007. Tan utópico como poco probable.

En el subdesarrollo y en el mundo desarrollado, la calidad y cantidad de los servicios públicos está en relación directa con los ingresos de sus usuarios. Coincidimos con Martínez Allier (3) cuando afirma que: "La experiencia común de que los entornos urbanos pobres son más pobres, más ruidosos y tienen el aire más contaminado que los entornos urbanos con un

alto nivel de ingresos se debe no a un nivel más alto de producción de desechos, sino a un nivel más bajo de gastos protectores o mitigadores”.

El Banco Mundial, al analizar las condiciones físicas del hábitat, estima en 330 millones las personas que viven en la *pobreza absoluta* en ciudades de los PVD, cerca de 600 millones en *condiciones físicas que amenazan la vida* y 800 millones lo hacen en *viviendas inadecuadas* (4). Siguiendo con los cuestionamientos utópicos: ¿Qué supondría responder a las necesidades de cobijo de los casi mil millones de ciudadanos en situación crítica antes del año 2007? Pues un esfuerzo titánico que permitiese introducir en el sistema mundial 24 millones de nuevas soluciones habitacionales por año hasta la fecha señalada. Serían necesarias inversiones del orden de 180.000 millones de dólares/año -durante diez años!-, cifra escalofriante si se piensa en las arcas de los PVD. Valga como parámetro de comparación y de medida el hecho de que, en 1995, los presupuestos nacionales de los seis países centroamericanos no alcanzaron, en conjunto, cinco mil millones de dólares.

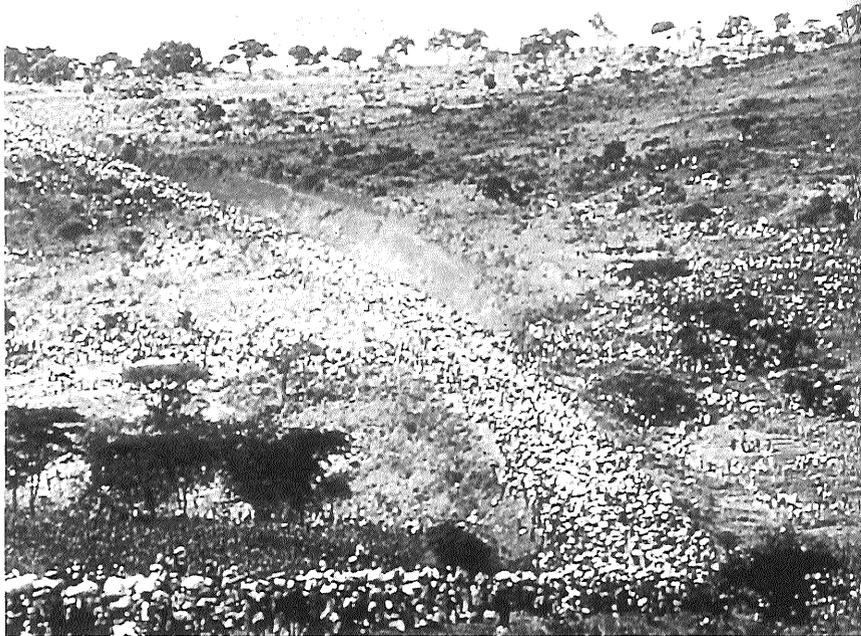


Figura 1.1.- Movimientos multitudinarios de desplazados en la región de los Grandes Lagos en África: la lucha por un territorio en el que echar raíces. (Foto ACNUR).



Figura 1.2.- Uno de los cientos de campamentos provisionales para refugiados promovidos por ACNUR en Afganistán. (Foto ACNUR).

Para cubrir la demanda potencial de viviendas en América Latina y el Caribe en el período 1995-2000, CEPAL (5) cifró las necesidades de inversión en 111.790 millones de dólares, lo que equivaldría a dedicar el 12,6% del PIB de la Región durante el quinquenio, y supondría más que cuadruplicar el escaso 3% del PIB que hoy se destina a este fin. Sin menosprecio de la dimensión sobrecogedora de la cifra estimada, hay que apuntar que Hinkelammert (6) calculó en forma rigurosa la impagable deuda externa de América Latina, cifrándola en 381.525 millones de dólares, más del triple de la inversión necesaria para acabar en cinco años con el subdesarrollo habitacional latinoamericano. África y Asia viven en este campo situaciones aún más dramáticas que las de América Latina. Si se hubiese realizado para estos continentes un estudio de similares características al de la CEPAL, concluiría es-

timando necesidades de inversión anuales del orden del 20% del PIB, lo que equivaldría a multiplicar por diez las asignaciones actuales para este capítulo. (Figuras 1.3 y 1.4).

De nuevo nos cuestionamos: ¿Qué supondría preparar suelo urbano suficiente para atender las necesidades actuales a nivel planetario? Pues nada menos que la inalcanzable tarea de suministrar y gestionar en una década tanta tierra urbanizada nueva como la existente hoy en África, Asia y América Latina. Nada indica que se estén diseñando nuevas estrategias para afrontar tan ingentes necesidades de espacios físicos, servicios, equipos, materiales y profesionales, en cantidades difícilmente imaginables. Se ha planteado intencionadamente un conjunto de supuestos quiméricos para afrontar en una década las necesidades de agua, servicios, cobijo y tierra



Figura 1.3.- Pueblo Joven en la zona norte de Lima (Perú), resultado de una toma de terrenos semi desérticos. Miles de pobladores sin luz ni agua, decididos a permanecer reivindicando durante lustros el derecho a una vivienda digna. (Foto J. Salas).

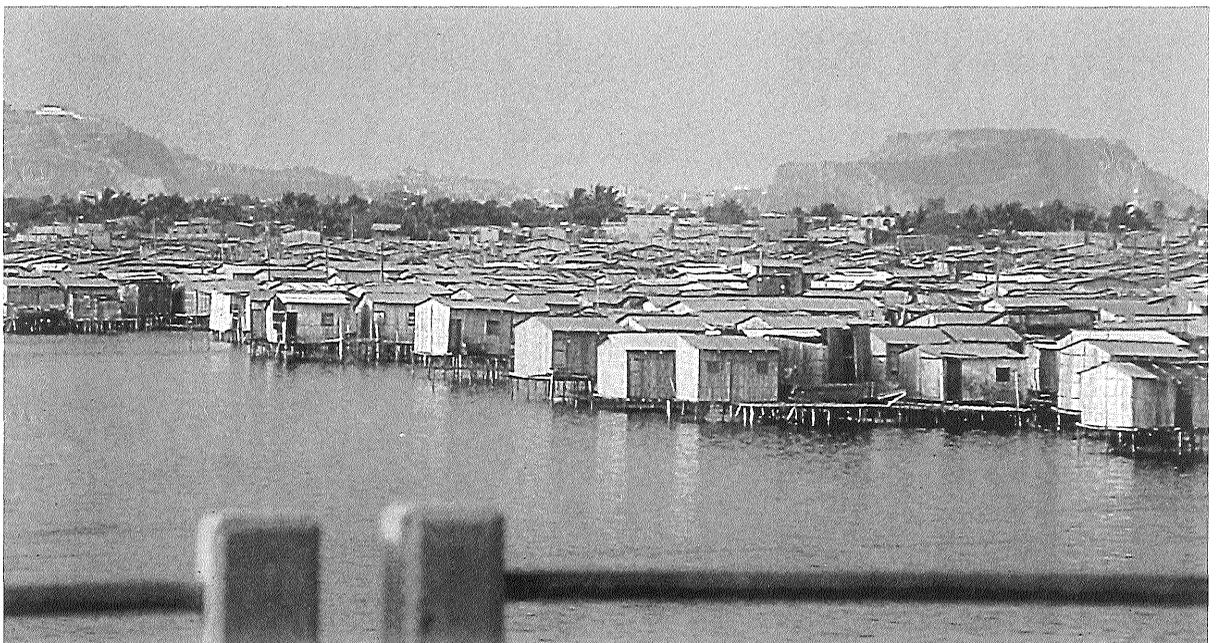


Figura 1.4.- Cuando no es factible tomarse un trozo de tierra, los pobres de Latinoamérica se toman el agua: los bordes de lagos, de costas o de ríos. Decenas de miles de infraviviendas sobre palafitos se apiñan en la desembocadura del río Guayas, en la periferia de Guayaquil (Ecuador). (Foto J. Salas).

urbanizada de los necesitados del planeta, que son mayoría. Con meros argumentos presupuestarios, la solución del problema a corto y medio plazo se presenta como una meta cada día más lejana. La contumacia de los hechos, palpable en el cúmulo de necesidades insatisfechas, ofrece argumentos a los que vislumbran como premisa de actuación, la imperiosa necesidad de limitar la riqueza para frenar la pobreza. Condición imprescindible, afirman, para una mejor convivencia Norte-Sur que, preservando para el Norte los actuales niveles de bienestar material, ponga freno al imparable desarrollo del subdesarrollo. (Figura 1.5).

I.2. HÁBITAT II: NUEVOS PARADIGMAS

Naciones Unidas celebró en Estambul (junio 1996) la última de las grandes conferencias mundiales de este siglo. La llamada Cumbre de las Ciudades, o Hábitat II. La Cumbre no fue un éxito, pero sí lo fue la ingente tarea de debates previos a la conferencia, que contaron con el protagonismo de una enorme

cantidad de organizaciones no gubernamentales que aportaron experiencias y realidades de los cuatro puntos cardinales.

I.2.1. Lo urbano en alza

Hábitat II (7) aportó una nueva valoración conceptual del incremento sostenido de las tasas de urbanización y de población en las ciudades del mundo. Sorprende que un tema con tan variadas repercusiones como el de los asentamientos humanos, se encuentre tan huérfano de reflexión propia y que se nutra de visiones y planteamientos casi exclusivamente ligados a políticas macroeconómicas, ajenas a una realidad profundamente entroncada con los seres humanos y sus formas de convivencia.

Hoy viven en zonas urbanas -entendiendo como tales núcleos de población superiores a 25.000 habitantes-, unos 2.500 millones de personas, el 43% de la población mundial, con valores comprendidos entre el 73% en los países desarrollados y América Latina y el 33% en el mundo subdesarrollado. Para el

año 2030, Naciones Unidas estima que la población mundial crecerá en 3.700 millones; el 90% del incremento tendrá lugar en países en vías de desarrollo y el 90% de éste se producirá en las ciudades. A la vista de estos datos, Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, pontifica de manera contundente: "La urbanización vino para quedarse y las políticas públicas deben de adaptarse a esta nueva realidad". (Figura 1.6).

Súbitamente, sin más fundamento que la constatación de que no se han cumplido las previsiones catastrofistas para las grandes urbes emanadas hace veinte años de Hábitat I (Vancouver, 1976), se abre camino una nueva forma de ver lo urbano, de valorar la ciudad, incluso las ciudades millonarias en ciudadanos. Durante los años cincuenta y sesenta, la urbanización creciente y las migraciones internas merecieron, por sí mismas, diagnósticos sumamente perniciosos. Con posterioridad, los planificadores urbanos trataron de comprender en vano las razones por las que decenas de millones de habitantes optaban decididamente por hacinarse en México D.F, Sao Paulo, Shanghai, Calcuta, Buenos Aires, Bombay... Producía pavor, por ejemplo, comprobar cómo Latinoamérica alcanzaba tasas de urbanización globales del 73%. Hoy, de forma resoluta, se afirma (8) que: "Las reacciones ante ambos fenómenos -urbanización y desarrollo-estaban condicionadas por el modelo dominante de desarrollo, que distinguía entre un sector moderno, definido principalmente en función de la industria manufacturera y un sector tradicional, concebido como un mar de pobreza y de atrasos rurales. El modelo interpretaba la migración en función del desplazamiento de campesinos pobres y atrasados que acudían a la ciudad en masa buscando empleo en el sector moderno". ¿Se trataba, en el mejor de los casos, de verdades a medias? (Figuras 1.7 y 1.8).

No se pretende perfilar una imagen idílica de emigrantes, barrios de tugurios y asentamientos precarios, pero sí es preciso dejar constancia de que, con treinta años de retraso, el sector oficial reconoce, ante la obstinación de los hechos cotidianos, que los asentamientos humanos -incluso los precarios- son fuente de riqueza y germen de desarrollo, a los que hay que aplicar otra terapia, que aún no se ha deli-



Figura 1.5.- Detalle de viviendas a base de caña brava y esterillas en uno de los cientos de Pueblos Jóvenes de Perú, construidos en las zonas menos codiciadas y vigiladas: basurales, márgenes inundables de ríos, quebradas, depósitos de relaves mineros, bajo las líneas de alta tensión, bordes de autopistas, laderas de volcanes... (Foto J. Salas).

mitado adecuadamente, pero que en ningún caso puede ser la erradicación.

De Hábitat II surge el convencimiento de que las ciudades no sólo persistirán en sus magnitudes actuales, sino que aumentarán en tamaño y en importancia social y económica a medida que los países en desarrollo se desplacen hacia economías dependientes de las ciudades y de los bienes y servicios que sólo ellas pueden proporcionar. Adquiere firmeza el repensar la ciudad como generadora de riqueza, creadora de empleo y protagonista del cambio social, que permitirá a los países en desarrollo integrarse en la corriente internacional del comercio y la política.

De acuerdo con este nuevo paradigma se muestra la CEPAL (7) que, tomando como sujeto de estudio y diagnóstico América Latina y el Caribe, asegura: "La idea de una urbanización necesariamente vinculada a la pobreza, el hacinamiento, la degradación ambiental, la violencia y la pérdida de identidad cultural, hoy ha cedido lugar a un enfoque más positivo del fenómeno urbano, que sin desconocer los problemas críticos que predominan o se acentúan en



Figura 1.7.- Santiago de Chile. Pese al tan divulgado milagro económico, éste no ha llegado a las ciudades "callampas", versión chilena de los barrios periurbanos de ranchos, villas miserias, conventillos, cantigriles, favelas, chabolas o ciudades de paracaidistas en las que viven en condiciones inhumanas más de la mitad de los latinoamericanos. (Foto J. Salas).



Figura 1.8.- Ejemplo de autoconstructor anónimo. Junto al riquísimo lago Maracaibo (Venezuela), esta familia se decidió por los desechos de los bidones y envases de la industria del petróleo para paliar su problema habitacional. (Foto J. Salas).



Figura 1.6.- Vista aérea de la ciudad de El Alto, junto al aeropuerto de la Paz. El Alto es hoy la tercera ciudad en número de habitantes de Bolivia y la ciudad aimara más populosa del mundo, con un crecimiento anual del 7%. Una ciudad espontánea a más de 5.000 metros sobre el nivel del mar. (Foto J. Salas).

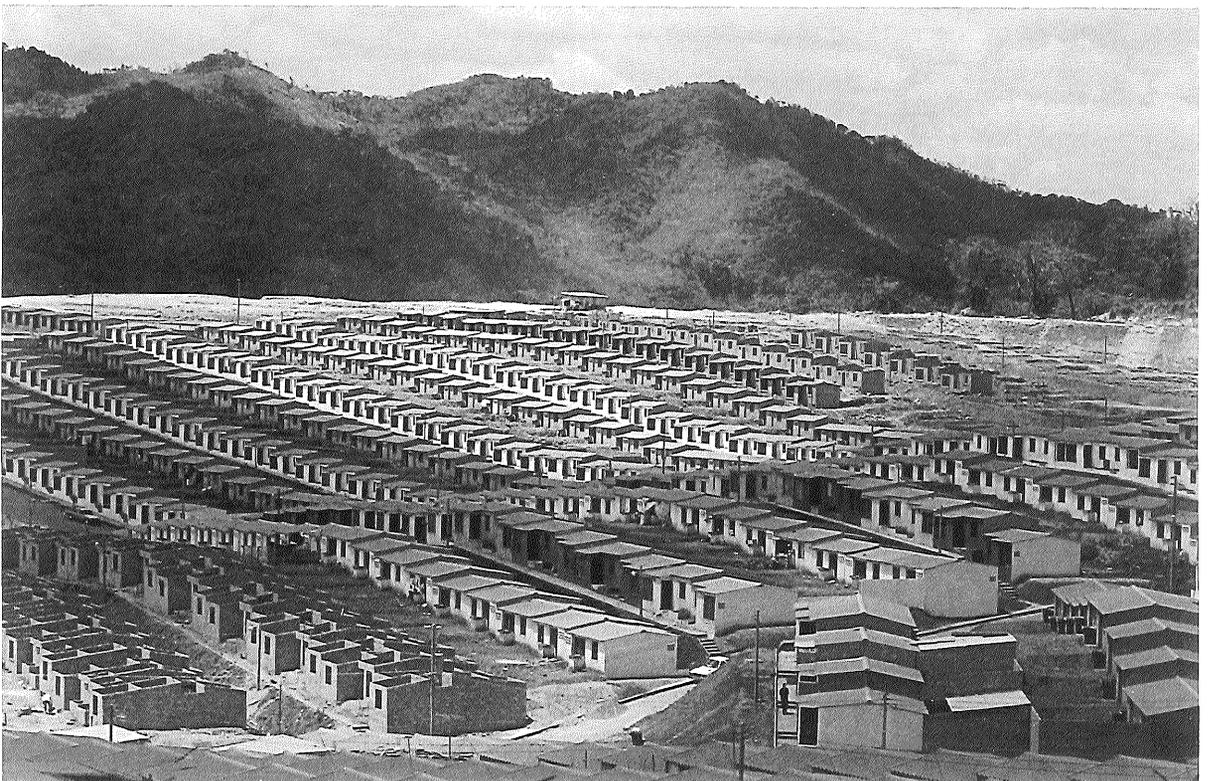


Figura 1.11.- Vivienda del sector formal en San Salvador. Urbanización Montelimar con más de dos mil nuevas viviendas de 40 m² a 30 kilómetros de la ciudad al precio de 12.000 dólares llave en mano. (Foto J. Salas).

las ciudades, descubre en ellas un potencial sinérgico indispensable para el progreso... Lo importante no sería ya combatir el crecimiento urbano, por lo demás inevitable, sino mejorar las condiciones en que este crecimiento tenga lugar”.

Lo urbano ha crecido muchos enteros. Hoy se valora la ciudad por su enorme capacidad para gestar esperanzas de futuro entre los desheredados, quienes no teniendo presente se autoinmolan apostando por la ciudadanía de sus descendientes. Ante el brusco golpe de timón que ha experimentado el enfoque, hay que recomendar precaución para abordar imprevisibles cambios de rumbo. No se constatan variaciones significativas en la situación y se carece de

pruebas que ratifiquen que las condiciones del alojamiento de los habitantes urbanos más pobres hayan mejorado a lo largo de los veinte años transcurridos entre el Hábitat I y II. Por el contrario, el diagnóstico común es que persisten graves problemas en las ciudades de todos los tamaños, y que éstos son especialmente acusados en las grandes ciudades de los PVD.

Al mismo tiempo, sigue aumentando el número de habitantes en ciudades con poblaciones superiores a 5 millones y esta tendencia prevalece en los PVD. El censo de población de 1990 reveló que en el mundo había 276 aglomeraciones que superaban el millón de habitantes, la mayoría de ellas en el mundo

en vías de desarrollo, y que de las 34 zonas metropolitanas con poblaciones de más de 5 millones, dos tercios se encuentran en PVD. Esta tendencia continuará. Para el año 2015, se estima que habrá 33 ciudades con más de 8 millones de habitantes, de las cuales 21 estarán en Asia, 7 en Latinoamérica, 3 en Norteamérica y Europa Occidental y 2 en Japón (9). Pero, siendo incuestionable el fenómeno urbano a escala planetaria, resulta interesante dejar constancia de la situación en la República Popular China, sociedad eminentemente rural, en la que casi el 80% de sus más de 1.200 millones de habitantes viven en comunidades campesinas. La muy escasa información contrastada sobre China, no es argumento suficiente para ignorar el esfuerzo que, en materia de asentamientos rurales, realiza ese país. Un trabajo canadiense elaborado sobre el terreno (10) señala que: "Desde 1978, se construyen anualmente en China alrededor de 600 millones de m² de viviendas rurales. Dichas viviendas, con sus correspondientes carreteras, caminos y espacios públicos consumen anualmente aproximadamente un cuarto de millón de hectáreas de tierra". Dar por cierto los datos anteriores, supondría aceptar que anualmente se construye en el medio rural chino casi un metro cuadrado por habitante, lo que situaría a China en vanguardia de las naciones del Tercer Mundo en lucha por un hábitat digno para todos (11).

Mayor Zaragoza (12) ante Hábitat II, en un ambiente de generalizada exaltación de lo urbano, denunció la sutil diferencia de matiz en cuanto a la segregación urbana: *exclusión* en Francia, *underclass* en los Estados Unidos y *marginalidad* en América Latina. Tres formas de discriminación ciudadana que responden a tres configuraciones diferentes del espacio social: dentro/fuera; alto/bajo; centro/periferia, llegando en casos extremos al *apartheid* social. Mayor recordó de forma realista que: "La segregación social y espacial se superponen. Los diferentes grupos sociales que viven en el espacio de la ciudad a menudo están separados por muros y dispositivos de seguridad. Su modelo de funcionamiento es la segregación en lugar de la universalidad y la vida en común"

1.2.2. La vivienda como proceso

La contraposición vivienda-producto (Primer Mundo), y vivienda-proceso (Tercer Mundo), no es tema baladí. Es éste uno de los aspectos diferenciadores de dos formas de enfrentarse al problema de la vivienda, con fuertes y perniciosas influencias capaces de causar distorsiones al importar procesos y modelos diseñados desde el desarrollo, pero pensando en el subdesarrollo.

Algunas instituciones para la promoción y financiación de los asentamientos humanos en el Tercer Mundo siguen tratando la vivienda en sus políticas como *unidad de cuenta*, como productos terminados. Es obvio que este concepto no responde a la realidad, ya que la mayoría de la población, más del 50% de las familias, autoproduce sus viviendas. Esta es una realidad incontrovertible que poco a poco se introduce en el mundo de la formalidad, dejando

atrás no pocos fracasos materializados en planes de actuación desenfocados, y que en nombre de los más desfavorecidos han permitido dilapidar ingentes presupuestos.

En el Tercer Mundo, el acceso a la vivienda, tal y como lo describe el mejicano Enrique Ortíz (13), implica un lento proceso que parte de la apropiación irregular o la adquisición de un lote, seguida de la construcción paulatina de la casa en un lento proceso de ejecución que puede suponer de 5 a 15 años, según la capacidad de ahorro y de dedicación de la familia. Por ello, la inmensa mayoría de los habitantes del Tercer Mundo nacen y mueren en una vivienda *no terminada*, en algo que no es una solución a la usanza del Norte, sino el soporte de un proceso de mutación y mejora continua que tiene poco que ver con la otra realidad, la de la vivienda-producto. Puede que influido por la visión cotidiana y masiva de las viviendas *progresivas* de su Perú, César Vallejo afirmase "...una casa viene al mundo no cuando la acaban de edificar, sino cuando empiezan a habitarla..."

Políticas oficialistas de asentamientos humanos, basadas en diseños foráneos, pretendieron en los años sesenta planes habitacionales centrados casi exclusivamente en el modelo de *dar vivienda a los pobres*.... A principios de los ochenta, tomó cuerpo una estrategia de *tolerancia permisiva*, que asumía un hecho constatable: los asentamientos humanos seguían siendo mayoritariamente construidos por microempresarios del sector informal o por familias que actuaban totalmente fuera del sistema. Hoy, con el respaldo de las conclusiones de Hábitat II, se apunta un nuevo cambio de rumbo: la *estrategia facilitadora*. Estrategia que pretende identificar acciones que permitan a empresas, cooperativas, ONG, autoconstructores anónimos..., con la colaboración de gobiernos locales, regionales y nacionales, crear el tejido de los asentamientos humanos del próximo siglo. Gobiernos de PVD, conscientes de sus tremendas limitaciones y de la escasez de sus recursos frente a la magnitud del problema, se aprestan a apoyar iniciativas nacidas en la sociedad civil a cambio de arrojar en sus brazos -por mor de las todopoderosas leyes del mercado- la responsabilidad del *derecho a la vivienda* asumido hasta bien recientemente, al menos sobre el papel, por los estados.

La novedosa *estrategia facilitadora* frente a los asentamientos humanos corre el peligro de tornarse, en el mundo del subdesarrollo, en un proceso paulatino de jibarización de la responsabilidad gubernamental, mediante la simple reasignación de actividades públicas y de recursos humanos, físicos y financieros. El objetivo último de la *estrategia facilitadora* no debiera ser otro que el de vivienda para todos. Es impensable un calendario común para alcanzar este importante objetivo en todos los países, ya que las posibilidades y necesidades relacionadas con su consecución varían substancialmente de una región a otra.

"Si algo nos enseñó a nosotros la experiencia de 30 años en este tema, es que cada vez más hay que dar participación a las organizaciones no gubernamentales y a la sociedad misma, nosotros tenemos mucho que aprender de esa reacción de la informa-



Figura 1.9.- Consolidación, densificación y mejoramiento de asentamientos espontáneos, que en opinión del autor, es uno de los grandes retos actuales del hábitat en el Tercer Mundo. En la figura un caso ejemplar pero de corta escala: el mejoramiento de favelas en Salvador de Bahía (Brasil). (Foto P.E. Fonseca).

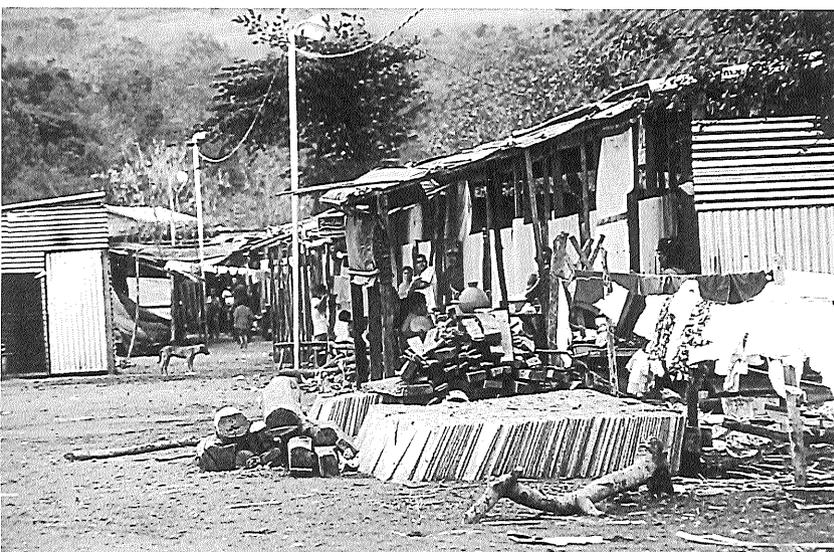


Figura 1.10.- Campamentos de emergencia para 230 familias en Chilanguera (El Salvador), consecuencia del paso del huracán "Mitch" en octubre de 1998 por Centroamérica dejando más de quince mil muertos y un millón de personas sin vivienda. (Foto J. Salas).

lidad. Aprender sus lecciones para asimilarlas, para incorporarlas al proceso decisorio y ver cómo trabajamos con las fuerzas sociales que están dando una respuesta dramática, una respuesta para sobrevivir en el contexto de la miseria y de la pobreza que hoy aqueja a América Latina" (14). Esta lúcida autocrítica la formuló Enrique Iglesias, presidente del Banco Internacional del Desarrollo, ante los ministros de vivienda y desarrollo urbano de América Latina y el Caribe. La lección aprendida por el BID, matizada y adaptada, tiene mucho de extrapolable a otros continentes del subdesarrollo y a otras entidades internacionales para la financiación de acciones en pro de un hábitat más digno.

De forma similar, aunque sin declaración explícita, la USAID, agencia norteamericana para la cooperación internacional, ha modificado substancialmente

sus pretensiones y formas de hacer de pasadas décadas, colocando la *vivienda-proceso* y la participación de los usuarios en el lugar clave de su nueva estrategia. Hoy reconoce la USAID que la meta de una vivienda adecuada para cada familia, propugnada por su política de cooperación durante los sesenta, reflejaba miméticamente políticas de los Estados Unidos y de Europa, pero su aplicación se mostró completamente inviable en el Tercer Mundo. Durante los setenta, USAID transfirió su apoyo a programas diseñados para atender necesidades habitacionales básicas de la población urbana marginal, tales como los programas de: *lotes con servicios*, viviendas crecederas y mejora de barrios informales. Con este cambio de estrategia lograba atender a mayor número de familias con los mismos recursos. (Figuras 1.8 y 1.9).

Curiosamente, Mario Vargas Llosa, ensalzando los logros de la dictadura militar chilena, se refería (15) a este tipo de soluciones de *lotes con servicios* como "...un programa que, con fondos del BID (Banco Interamericano del Desarrollo), permitió construir en cada lote una caseta sanitaria -de seis a diez m²- con baño, cocina y conexión para lavadero, en torno a la cual, y según el empeño, posibilidades y espíritu de cada familia, ha ido surgiendo la vivienda. Resulta fascinante ver cómo las casas, con un punto de partida semejante -esa caseta que se reconoce en todas como el embrión o semilla de la construcción-..."

Los programas de *lotes con servicios*, pretenden solucionar dos problemas: anticiparse a las tomas de terrenos mediante la entrega de una parcela urbanizada (el lote) y aportar un germen de vivienda construido (los servicios) sobre el cual continuar, mediante el esfuerzo propio, hasta conformar una vivienda adecuada.

1.2.3. De nuevo, el derecho a la vivienda

La Declaración Universal de Derechos Humanos de 1948, en su Artículo 25, señala que toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado, especificando que la vivienda es uno de los componentes de ese derecho. Posteriormente, la Asamblea General de las Naciones Unidas (1966), en el "Pacto Internacional relativo a los derechos económicos, sociales y culturales", reconoce en su Artículo 11 "...el derecho de toda persona a un nivel de vida adecuado para sí y su familia, incluso alimentación, vestido y vivienda adecuados, y una mejora continua de las condiciones de existencia". (Figuras 1.10 y 1.11).

El derecho a la vivienda es tema recurrente en los foros internacionales especializados. Dudamos que en alguno de ellos se consumiese tanta energía por evitar que se hiciera explícito este derecho como en Hábitat II. Pese a que en el Preámbulo de su Declaración Oficial se afirma que: "El objetivo de la Segunda Conferencia de las Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos es tratar dos temas de igual importancia a escala mundial: vivienda adecuada para todos y desarrollo sostenible de los asentamientos humanos en un mundo en proceso de urbanización", el tema estrella de la polémica en Hábitat II fue sin duda

el reconocimiento oficial del *derecho a la vivienda*. La sistemática oposición a reconocer tal derecho por parte de las delegaciones oficiales norteamericanas participantes en las múltiples reuniones preparatorias, hacían previsible la negativa mantenida por el Norte del Norte durante el plenario.

Conseguido como solución de compromiso el reconocimiento de la importancia de la *vivienda adecuada para todos*, y pese a lo poco que en estos temas supone la declaración escrita, se procedió a consensuar su definición. Superado el enfrentamiento por el *derecho a la vivienda*, se transó, con facilidad y gratuita generosidad, la consecución de metas tan ambiciosas como poco realistas: "Nos comprometemos a alcanzar el objetivo de mejorar las condiciones de vida y de trabajo de forma equitativa y sostenible, de manera que todos tengan una vivienda adecuada que sea salubre, segura, accesible y asequible y que comprenda servicios, instalaciones y comodidades básicos. Que nadie sea objeto de discriminación en la elección de la vivienda y que todos cuenten con garantías jurídicas en cuanto a la tenencia". De ello hay que felicitar, aunque sin albergar falsas ilusiones. Aquí también resulta válido aquello de que una cosa es predicar y otra bien distinta dar trigo.

El discurso dominante en Hábitat II fue el pertinente. No puede olvidarse que el cambio de lenguaje oficial en los últimos veinte años es notorio, en gran parte debido a la influencia de la práctica tangible de las organizaciones no gubernamentales, a su fuerza crítica y madurez argumental, de las que dejaron constancia en el Foro Paralelo.

Coincidimos con la insistente recomendación de Hábitat II por corregir el público meta de sus trabajos y conclusiones. Si bien es cierto que sus destinatarios oficiales siguen siendo los gobiernos nacionales, se reconoce que la principal causa de algunos de los fracasos de Hábitat I (1976) fue el no percatarse de la necesidad de establecer alianzas con el poder local y con las ONG, fortaleciendo la capacidad de actuación de las organizaciones comunales y grupos vecinales para dirigir estos problemas globalmente, recomendación ésta que emana con fuerza de las conclusiones de Hábitat II.

Para la UNESCO "el derecho a la vivienda, derecho a un techo para sí y para la familia, es una condición de ejercicio de la ciudadanía", declaración con la que coincidimos plenamente al sostener que, sin un cobijo digno, la familia está más cerca de la condición de sobrevivientes que de la de ciudadanos.

Bibliografía

- (1) José Luis Sampedro y Carlos Berzosa: *Conciencia del subdesarrollo veinticinco años después*. Taurus, Madrid 1996.
- (2) World Assembly of Cities and Local Authorities: *Soluciones locales y problemas globales: El futuro de los asentamientos humanos*. Estambul 31.05. 1996.
- (3) Joan Martínez Alier: *La pobreza como causa de la degradación ambiental. Un comentario al Informe Brundtland*. Documents d'Anàlisi Geogràfica, 18, pp 55-73. Barcelona 1991.
- (4) Naciones Unidas: *A/Conf. 165/PC3/3/Add.1.N:Y*: 1995.
- (5) Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile, junio 1994.
- (6) Franz J. Hinkelammert: *La deuda externa de América Latina*. Edt. DEI, Costa Rica 1988.
- (7) CEPAL: *Alojar el Desarrollo: Una tarea para los asentamientos humanos*. Documento LC/L906. CONF.85/3. Ver Actas de la Reunión CYTED: Iberoamérica ante Hábitat II. Ministerio de Fomento, Madrid, 1996.
- (8) United Nations Centre for Human Settlements (Hábitat): *Informe Mundial sobre los Asentamientos Humanos*. ISBN 92-1-331015-3.
- (9) J. Salas: *Contra el hambre de vivienda. Soluciones tecnológicas iberoamericanas*. Edt. Escala, Bogotá (Colombia) 1992.
- (10) Minimum Housing Group: *Housing Billion. Design Ideas for Rural China*. McGill University, Montreal, Canadá 1993.
- (11) Bo-nian, Z.: *The Development of Rural Housing in China*. The Changing Rural Habitat, Vol. I. The Aga Khan Award for Architecture. Singapore (1992).
- (12) UNESCO, Mayor Zaragoza: *UNESCO ante Hábitat II*, París 1996.
- (13) Enrique Ortiz Flores: *FONHAPO, Gestión y Desarrollo de un Fondo Público en Apoyo de la Producción Social de Vivienda*. Edt. H.I.C., México, 1996.
- (14) Enrique Iglesias: *Apertura de la Primera Reunión de Ministros de Vivienda y Planeamiento Urbano de América Latina y El Caribe*. CEPAL, Santiago de Chile, 1992.
- (15) Vargás Llosa: *El Evangelio según La Pintana*. Diario El PAÍS, Madrid 14.01.1996.

LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA VIVIENDA EUROPEA, GERMEN DE LA PREFABRICACIÓN LATINOAMERICANA

II.1. TRES ETAPAS DE LA PREFABRICACIÓN DE VIVIENDAS EN EUROPA

Es clara la influencia que han tenido las reflexiones teóricas y los procesos de construcción masiva con sistemas industrializados de Europa a nivel internacional y, obviamente, en América Latina. La transferencia de estos conocimientos y formas de hacer se ha valido de dos vehículos fundamentales: la difusión de la tecnología libre y gratuita (seminarios, revistas, conferencias, congresos, catálogos, etc.) y la compra de tecnologías con origen en el continente europeo. Por ello, parece de interés obtener algunas enseñanzas, de los éxitos y fracasos de la práctica europea, en la que podíamos distinguir dos escuelas: la de los llamados Países del Este (por entonces, área socialista) y la de los del Oeste (en la actualidad, países de la Unión Europea).

Hoy, cuanto se habla y escribe en los países de la Unión Europea sobre la construcción de viviendas con grandes paneles prefabricados de hormigón, es para criticarla. Pasó el momento dulce de la prefabricación masiva, los sistemas cerrados están a la baja. La crítica, sin duda merecida, se realiza con ligereza y olvidando el contexto, generalmente adverso, en el que se empleó la prefabricación masiva de viviendas. Era un mercado de demanda en el que lo cuantitativo primaba sobre lo cualitativo. Este es un punto de coincidencia -salvando las grandes diferencias de los contextos- con la situación latinoamericana.

Hace ya bastantes años escribíamos: "La prefabricación ha sido casi siempre el *modus operandi* del que se ha hecho uso cuando concurrían condicionantes excepcionalmente graves: plazos de ejecución muy estrechos; uso masivo de tecnologías embrionarias no asimiladas; proyectos de arquitectura que de la noche a la mañana pasaban de estar realizados *en tradicional* a ejecutarse *en prefabricado*; un urbanismo de espaldas al hombre; reglamen-

taciones y normativas obsoletas en las que no se contemplaba, ni por asomo, la posibilidad de que *creciesen* tres mil o más viviendas en dieciocho meses; escasez de presupuesto y beneficios generosos; coyuntura europea en la que lo cuantitativo primaba sobre lo cualitativo -el Club de Roma no había acuñado aún la expresión *calidad de vida*-. Todos estos condicionantes formaron el terrible contexto en el que se hizo uso desmedido y poco afortunado de estas soluciones tecnológicas. Hoy parece que lo esencial se olvida y surge lo superficial: **la prefabricación como culpable**. Una vez más se pone en el banquillo de los acusados a la herramienta, ciertamente peligrosa por su potencia, y se deja sin analizar la culpabilidad de su manejo, de su uso" (1).

La prefabricación es una de las formas de manifestarse el proceso de industrialización de la construcción, pero no la única. La prefabricación pesada a base de grandes paneles de hormigón conformando sistemas cerrados de vivienda no es, en modo alguno, toda la industrialización de la construcción, aunque es cierto que el gran panel de hormigón fue de hecho el logotipo de la reconstrucción europea tras la Segunda Guerra Mundial.

De forma flexible en el tiempo, distinguiremos tres períodos en la evolución de la prefabricación de viviendas a base de grandes elementos en Europa. (Figura 2.1).

II.1.1. Período 1950-1970: masividad, euforia y negocio

Los sistemas cerrados a base de grandes paneles fueron dominantes en la llamada Europa del Este y cuantitativamente muy importantes en los países de la Unión Europea. En estas décadas los *sistemas* impusieron de forma implacable (en pro de la economía y la urgencia y de espaldas a la arquitectura) sus leyes de actuación (Figura 2.2).

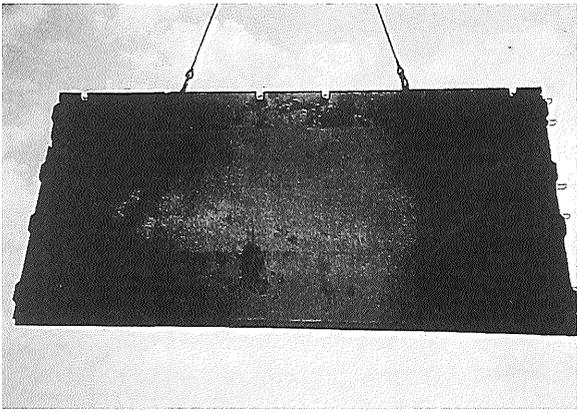


Figura 2.1.- El gran panel pesado de hormigón con el perímetro del paño de una habitación fué el logotipo de la industrialización europea de estas décadas. (Foto J. Salas).



Figura 2.2.- La masividad más alienante llevada al límite 3820 viviendas iguales prefabricadas a base de grandes paneles en Potzman (Polonia) en 1971. (Foto J. Salas).



Figura 2.3.- Típica imagen de fachada de bloques de apartamentos prefabricados realizados con la obsesión de minimizar el número de elementos distintos por vivienda. (Foto J. Salas).

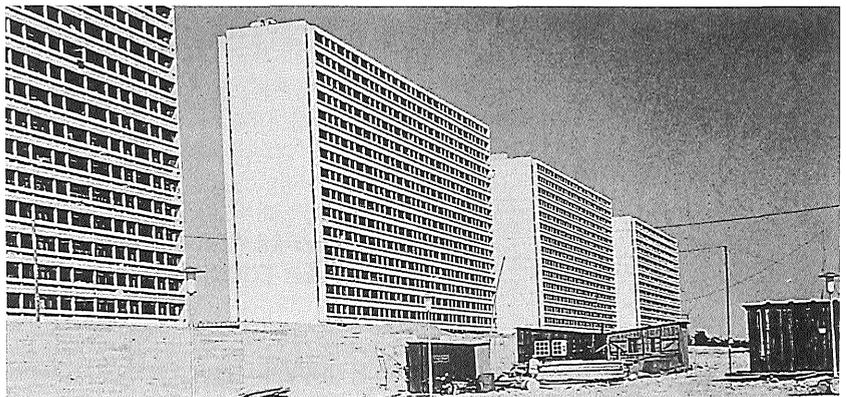


Figura 2.4.- Cientos de viviendas prefabricadas en bloques lineales idénticos para utilizar una vía única para la grúa en las cercanías de Copenhague (Dinamarca) en 1971. (Foto J. Salas).

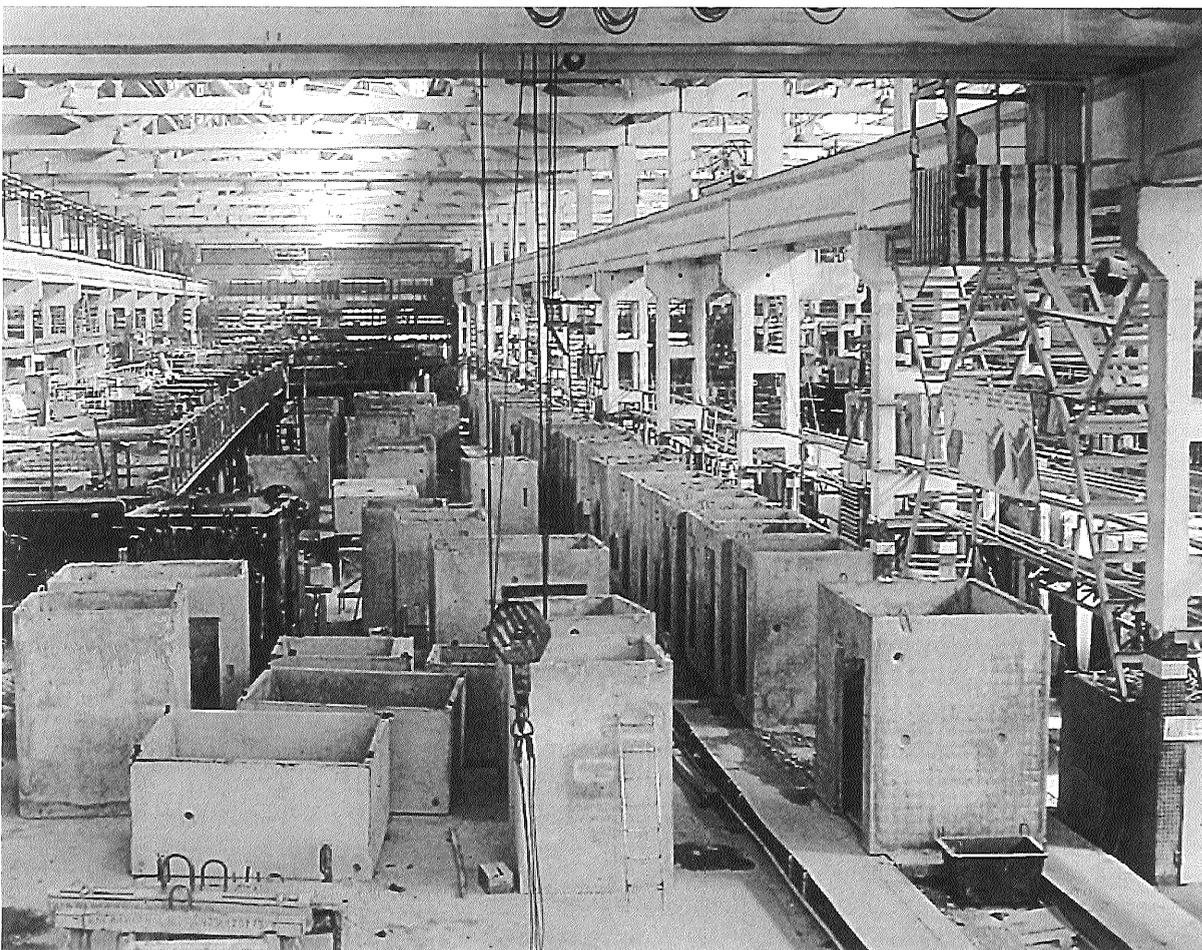
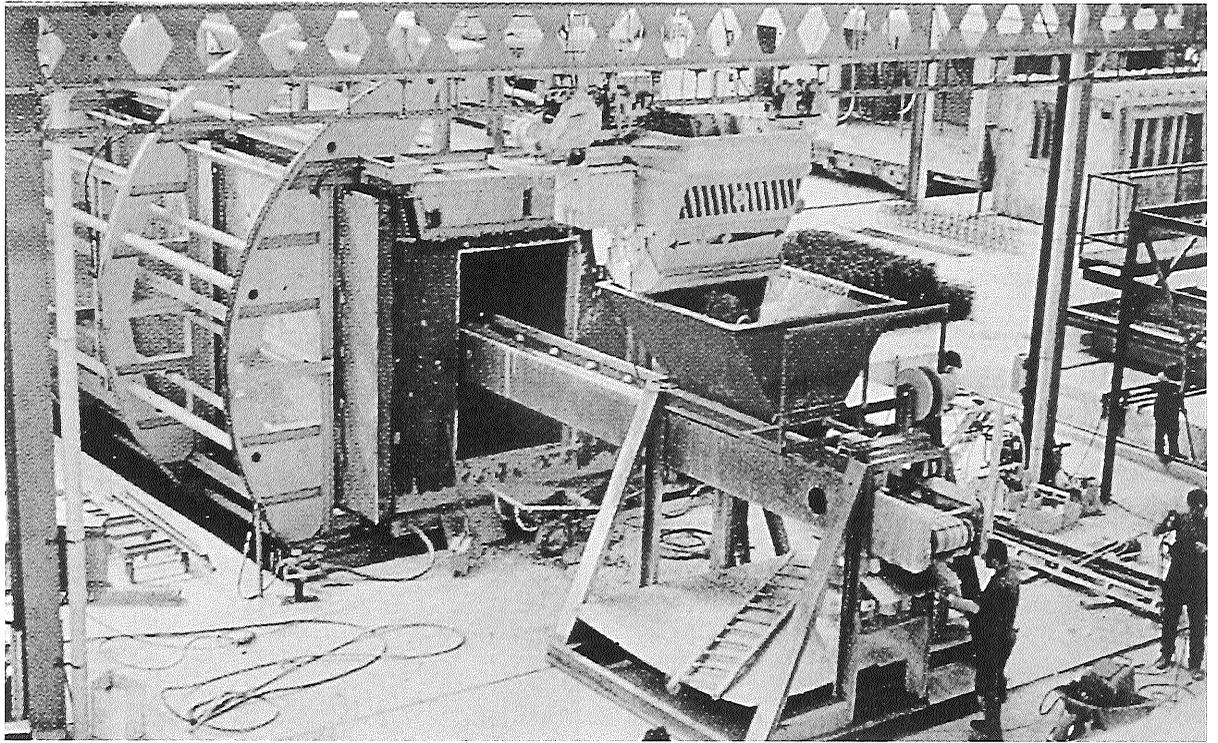


Figura 2.5.- La ingeniería de producción, con grandes equipos y cuantiosas inversiones, fué la metodología imperante. En la imagen, un gran combinado de producción en la URSS, capaz de realizar quince viviendas por día. (Foto J. Salas).

Figura 2.6.- Sofisticado proceso de producción giratorio de células tridimensionales de hormigón, realizables en ocho horas de trabajo, puesto a punto por el sistema Sigma de Francia en 1973. (Foto J. Salas).



- a) Necesidad de un mínimo de varios miles de viviendas agrupadas para intervenir con sistemas.
- b) Proyectos muy rígidos, con escasas variaciones formales al objeto de reducir al mínimo el número de elementos distintos (Figura 2.3).
- c) Bloques de tipología lineal de la mayor longitud posible, con el pretexto de evitar el cambio de vías de las grúas de montaje (Figura 2.4).
- d) Luces mínimas para cumplir con los gálibos de transporte condicionando por las losas de forjado del tamaño de habitación.
- e) Escasa -incluso nula- flexibilidad de redistribución en planta, por la ejecución de tabiques no portantes a base de paneles macizos de hormigón, con la idea de producir en el taller de prefabricación el mayor número de elementos posible.

En general, la industrialización fue para el proyectista un tema de economía de construcción y el sistema un gran corsé incompatible con la arquitectura. Intentar modificar las rutinas de este sistema equivalía, según los técnicos responsables de la época, a anular sus posibilidades competitivas (Figuras 2.5 y 2.6). En este contexto cobra fiabilidad la respuesta que en la década de los sesenta dio Camus, el conocido productor de viviendas prefabricadas a base de grandes paneles, a las recriminaciones de L. Kroll sobre puentes térmicos, eflorescencias, repetitividad o falta de aislamiento acústico: "Vendo demasiado, no tengo tiempo para mejorar" (2).

Pese a éstos y otros condicionantes importantes, cuando los arquitectos actuaron desde el dominio técnico de los sistemas, los resultados mejoraron. A título de ejemplos, en el Apartado 2.3 nos ocuparemos de La Grand Borne y del conjunto West Orminge.

II.1.2. Período 1970-1985: crisis y perplejidad

La prefabricación a base de sistemas cerrados de viviendas trató de salir del profundo atolladero en que

se encontraba buscando flexibilidad, elasticidad y variación en su producción. El esfuerzo, y algunos éxitos, apuntaron en la dirección de hacer posible producción industrial y diversidad de producto, tema del que nos ocuparemos en el Apartado 11.2.

La crisis sectorial se agudizó. Eran tiempos en los que en los países de la Unión Europea los temas de vivienda pasaban de un mercado de demanda a otro de oferta, en el que lo cualitativo empezaba a ser definitorio. Algunos sistemas de grandes paneles se defendieron dando calidad, variedad y respondiendo a pequeñas demandas (100 viviendas agrupadas comenzaron a ser un pedido digno de ser estudiado); otros buscaron el camino de la exportación y muchas empresas desaparecieron en la crisis.

1975: Se habla de la prefabricación a base de sistemas cerrados de grandes paneles, como de la **primera generación de tecnologías de industrialización**. Los sistemas cerrados empiezan a ser mal vistos; se sientan las bases de la llamada **industrialización abierta**, aparece la construcción a base de componentes compatibles; se habla, aunque no se ve corroborada por la práctica, del inicio de una nueva generación de tecnologías de construcción. Sólo se aportan trabajos teóricos y realizaciones de pequeña escala. (Figuras 2.7 y 2.8).

¿Cuáles fueron las causas de esta profunda crisis? Sin duda muchas y distintas, según los países. De forma general, pensando globalmente en los estados que hoy conforman la Unión Europea, parece oportuno señalar algunas de las más importantes, por si fueran de interés para una reflexión desde Latinoamérica sobre el tema:

1. El inicio de la crisis energética (1970-73), traducida en crisis económica, hizo que los distintos gobiernos actuaran sobre los presupuestos bajando el número de viviendas construidas de tasas del orden de ocho viviendas por mil habitantes y año a cinco.
2. La proporción de viviendas unifamiliares, casas aisladas, llegó a ser en algunos países hasta un



Figura 2.7.- El paso de un mercado de demanda a mercado de oferta y las normas para combatir la repetitividad y monotonía de las ciudades dormitorio prefabricadas, hicieron proliferar "pequeñas" realizaciones de menos de 300 viviendas que salieron de las mismas plantas de producción. (Foto J. Salas).

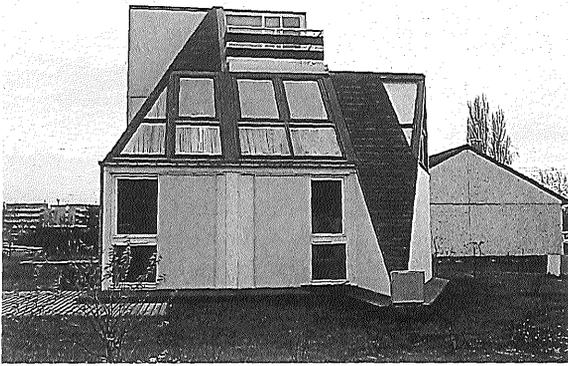


Figura 2.9.- La vivienda unifamiliar dispersa aparece como objetivo de una industrialización más ligera, flexible y adaptable. (Foto J. Salas).

50% del total (Holanda, Francia, Reino Unido) adaptándose mal los sistemas existentes a estas tipologías de obra dispersa (Figura 2.9). Ponderar esta circunstancia puede ser muy importante, pensando desde la realidad latinoamericana, ya que únicamente Cuba, Venezuela y Argentina alcanzan un 15% de viviendas en altura del total del parque habitacional construido (Tabla 2.1 en el Apartado 2.4).

3. El tamaño medio de las obras decreció de forma sensible. Las realizaciones de más de 1.000 viviendas prácticamente desaparecieron y en algunos casos se prohibieron.
4. La crisis del petróleo impulsó la aparición de normativas nacionales muy rigurosas con respecto al aislamiento térmico, dejando fuera de norma a no pocos sistemas de la llamada escuela francesa de grandes paneles.
5. El derrumbamiento en forma de castillo de naipes por explosión de gas en la torre prefabricada de viviendas Ronan Point en 1968 cerca de Londres, también influyó muy negativamente en la prefabricación del momento.

Los hechos enumerados, entre otros, ocasionaron que muchos de los sistemas existentes, pese a su esfuerzo de reconversión, no pudieran adaptarse a las nuevas circunstancias. Por otra parte, se comprobó que:

1. Las tecnologías de producción de componentes resistían bien la crisis y, si bien era cierto que no



Figura 2.8.- Conjunto de 300 viviendas prefabricadas, segunda generación, en la ciudad nueva de Lille-Este en Francia 1974. Aparecen cambios volumétricos, flexibilidad de distribuciones, color, elementos singulares... (Foto J. Salas).



Figura 2.10.- Típico elemento funcional prefabricado, escalera de tramo recto con peldaños individuales, suministrado por una empresa productora de elementos de catálogo sueca. (Foto J. Salas).

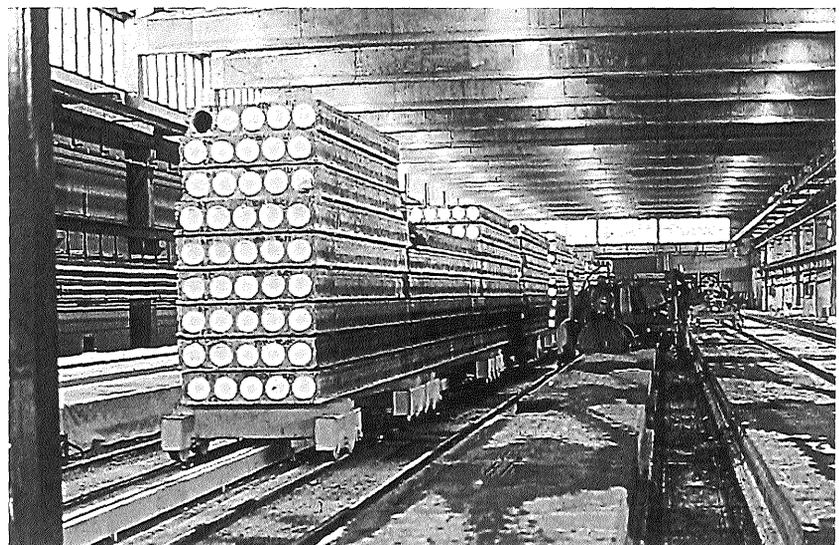


Figura 2.11.- Planta productora de componentes de catálogo y de fabricación a la demanda - losas de entrepisos aligeradas pretensadas- imagen de una nueva manera de abordar la industrialización de la vivienda por capítulos especializados de obra. (Foto J. Salas).

suponían bajas reales de costes, sí que presentaban una mejor adaptación a las nuevas tendencias.

2. Los componentes se adecuaban favorablemente al creciente mercado de viviendas unifamiliares.
3. La reducción drástica de obras de gran volumen penalizaba las tecnologías de hormigón e impulsaba el uso de componentes de otros materiales para no bajar rendimientos.
4. La elasticidad de las soluciones constructivas a base de componentes hizo posible el cumplimiento de las nuevas normativas.

Sobre el tema de la llamada industrialización abierta se volverá en el Apartado 2.5, para su análisis desde una óptica más centrada en la realidad cotidiana de América Latina.

II.1.3. Desde 1985: demoliciones provocadas y otros usos de la prefabricación. La industrialización sutil

A mediados de los ochenta en los países de la Unión Europea la construcción de viviendas a base de sistemas de grandes paneles perdió el protagonismo de períodos anteriores. Los elementos prefabricados, incluso grandes elementos, formaron parte de las nuevas construcciones y lo siguen haciendo, no como sistema constructivo integral, sino como componentes (Figuras 2.10 y 2.11).

Por el volumen de sus realizaciones y los aspectos formales de las mismas, merecen comentario aparte algunos conjuntos de viviendas prefabricadas con proyectos de Ricardo Bofill en Francia, muestras in-

equivocas desde el punto de vista de las técnicas de prefabricación, de que éstas habían alcanzado un estadio de desarrollo técnico excelente (Figuras 2.12 y 2.13). El taller de Bofill empleó la prefabricación resultante de la redefinición de la tecnología francesa al uso. No en balde, de la ejecución de sus proyectos se encargaron los históricos de la prefabricación: los Coignet, Bouyges, Morin... con decenas de miles de viviendas realizadas en su haber. A la prefabricación, Bofill le exigió nuevas y variadas formas, diversidad de texturas y colores, diferentes estereotomías, detalles complejos, y la industria adulta de la prefabricación francesa le proporcionó respuestas encomiables.

En la pasada década apareció con fuerza en Europa un nuevo fenómeno: el abandono y la destrucción mediante voladura con dinamita de un buen número de viviendas prefabricadas en su mayoría, ya que esta técnica fue la forma constructiva dominante en las precedentes décadas.

Dado que este fenómeno se repitió, y sigue produciéndose con relativa frecuencia, nos parece de interés tratar de situar las cosas en sus justos términos y no cargar nuevas sombras únicamente sobre las espaldas de la prefabricación. Para ello reproduciremos parcialmente un trabajo de Peter Kellet (3) en el que se ocupa justamente de este tema.

Como final de esta división -sin duda artificial- de la práctica europea en el campo de la prefabricación masiva de viviendas, nos atrevemos a enunciar que nos encontramos ante una nueva filosofía constructiva, a la que personalmente bautizamos como *industrialización sutil*, de la que intuimos que estamos sólo en el inicio y de la que no nos atrevemos a vaticinar nada distinto a lo que apuntaremos en el Capítulo 11.



Figura 2.12 - Una realización totalmente prefabricada de viviendas H.L.M. -¿equivalentes a VBC latinoamericanas?- del Taller de Proyectos de Bofill, en las cercanías de Paris, Francia 1974. (Foto J. Salas).



Figura 2.13.- Realización Espacios de Abraxas -anfiteatro, arco y palacio- ejemplo de ejecución adulta de la prefabricación francesa. (Foto J. Salas).

II.2. DEMOLICIONES CONTROLADAS EN EL REINO UNIDO ¹

Al inicio de los años 60, los sistemas prefabricados en altura fueron identificados en Gran Bretaña como la herramienta para maximizar recursos. Es importante subrayar que estas soluciones no fueron resultado de investigaciones teóricas sino del análisis pragmático y simplificador de la situación. Entre 1956 y 1961, el gobierno británico introdujo incentivos y subsidios para presionar a los municipios a construir rápido y en altura; cuanto más alto el edificio, mayor era el subsidio. Entre 1964 y 1972, en el sector público se construyó un promedio de 180.000 viviendas por año, en gran parte apartamentos mediante sistemas industrializados. En total, más de 1,7 millones de viviendas (el 25% de la vivienda estatal) fueron construcciones industrializadas. Aunque algunos criticaron esta política, en general hubo un gran acuerdo entre los distintos intereses. Los políticos de los dos grandes partidos a nivel nacional y local vieron esto como la forma de realizar sus compromisos electorales; las empresas constructoras e industriales lo interpretaban como el sistema ideal de mejorar sus ganancias en un mercado grande y creciente; los economistas se mostraban conformes con el mayor rendimiento de la escasa mano de obra cualificada; también los urbanistas con la utilización racional del suelo. Y por supuesto, los arquitectos aportaban sus visiones heredadas del Movimiento Moderno y de los Futuristas de construir ciudades nuevas y limpias con torres y calles elevadas.

La realidad resultó muy distinta de los sueños y visiones. Hoy, estos conjuntos de viviendas, concebidas en el entusiasmo y confianza de lo moderno y tecnológico, son símbolos de un experimento nefasto y de grandes dimensiones. El problema resultó más complejo de lo que se pensó y sus soluciones demasiado simplistas. Hoy son las viviendas más depreciadas y muchas ya han sido demolidas antes de que cumplieran su mayoría de edad. ¿Qué pasó? Entre 1980 y 1988, se demolieron en Gran Bretaña más de 149.000 viviendas. Muchas eran casas construidas en el siglo pasado, pero en un porcentaje significativo habían sido construidas después de la Segunda Guerra Mundial. Hasta 1992, la cifra oficial de viviendas de la postguerra demolidas superó las 30.000.

Dos tipos de razones principales llevaron a la decisión de demoler: técnicas y sociales. Ciertos tipos de conjuntos se demolieron por razones de fallas técnicas serias. También se derribaron conjuntos adecuados desde el punto de vista físico, pero que no resultaban aceptables socialmente. Muchas veces las dos razones se aliaron: la simple sospecha de

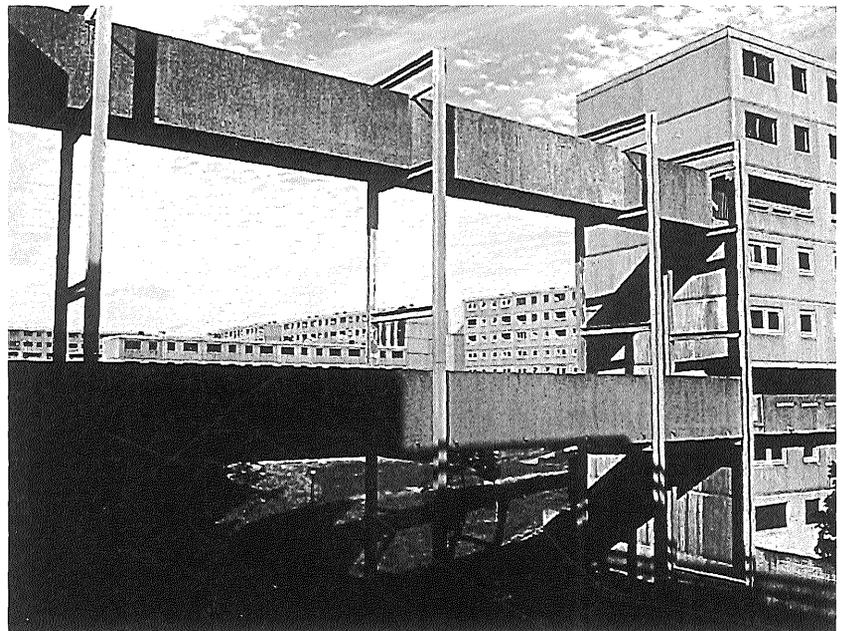
que un conjunto no es cualitativamente aceptable puede conducir a un cambio rápido en las actitudes de los residentes hacia su vivienda.

II.2.1. Problemas sociales

Más difíciles de explicar, en opinión de Peter Kellett, especialmente si el análisis se hace desde un país latinoamericano -añadimos nosotros-, son las circunstancias sociales que conducen a las demoliciones. Cuando analizamos este fenómeno, prosigue Kellett, no es fácil identificar con precisión un factor dominante. Una característica común es que después de sólo unos pocos años, algunos de estos conjuntos adquirieron una reputación social negativa. Indudablemente esta reputación social está relacionada con la forma física y diseño de los conjuntos. Durante los años 70 la situación habitacional mejoró en Gran Bretaña; el déficit ya no era tan grave, pero las aspiraciones de la población seguían aumentando.

Figura 2.14.- Conjunto Killingworth Towers, en Newcastle Inglaterra. Construido en la década de los setenta a base de grandes paneles, llegó a ser considerado como modélico de nuevos conjuntos habitacionales. (Foto J. Salas).

Figura 2.15.- En 1987, el Año Mundial de los Sin Vivienda, se ordenó demoler el conjunto con menos de tres lustros de uso. ¿Culpa de la industrialización del proceso constructivo? (Foto J. Salas).



¹ Este apartado es prácticamente reproducción literal del excelente trabajo "La experiencia inglesa con tecnología industrializada para la vivienda social: reflexiones para la realidad latinoamericana" presentado por el Arquitecto británico Peter Kellett, especialista en temas de vivienda en Latinoamérica, a la Asamblea CYTED celebrada en Sao Paulo, en la que se hace referencia a trabajos de Diacon, 1991; Black & Stafford, 1988; Barr, 1981; English, 1981 y Cameron, 1987. Por razones obvias hemos acordado el trabajo original procurando no alterar sus mensajes y contenidos.

do. Los conjuntos modernos ya no se comparaban con casas anticuadas y sin servicios donde vivieron antes muchos de los residentes, sino con las nuevas viviendas del sector público y privado, construidas ya en forma tradicional pero con todos los servicios modernos. Aunque hay excepciones importantes, en general, los que pudieron escoger, optaron por viviendas con características tradicionales dejando para los de menos posibilidades sociales y económicas (muchas veces desempleados) los conjuntos modernos. Esto empezó a crear concentraciones de familias e individuos con problemas, reforzando así una mala imagen social en los peores conjuntos. Iniciado el proceso de degradación y deterioro, éste tiene su propio ímpetu; vandalismo, comportamiento antisocial y criminal crean un ambiente de descuido y temor. El efecto es que nadie quiere vivir en estos edificios, excepto los más necesitados y marginados, y es entonces cuando muchos conjuntos quedan casi desocupados.

II.2.2. ¿Determinismo arquitectónico?

Un ejemplo emblemático de las demoliciones provocadas de viviendas prefabricadas puede ser el con-



Figura 2.16.- La Grande Borne, Grigny-Paris, realización masiva de 3.479 viviendas sociales, fundamentalmente para familias emigrantes, a base de grandes paneles cerámicos Costamagna 1965-1970. (Foto J. Salas).

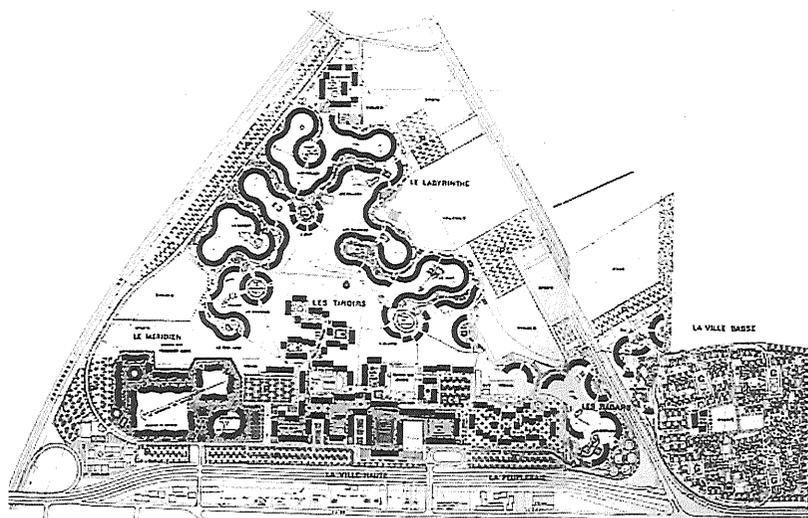


Figura 2.17.- E. Aillaud dobló en Grigny el camino, hasta entonces recto, de las grúas para la colocación de los paneles. (Foto J. Salas).

junto de Killingworth Towers cerca de la ciudad de Newcastle, en el norte de Inglaterra. El autor del proyecto tenía la convicción romántica de que su diseño crearía una comunidad en un ambiente agradable, seguro y sano, a pesar de localizar a los residentes en edificios de varias plantas. En común con otros proyectos parecidos, las formas experimentales sí tuvieron un efecto en las relaciones sociales, pero un efecto negativo: no se consiguió la pretendida identidad de la comunidad y los corredores públicos se asociaron con un comportamiento antisocial, inseguridad y temor (Figuras 2.14 y 2.15).

Este conjunto se derribó en 1987 (el Año Internacional de "Los Sin Vivienda") y en su lugar se han construido casas tradicionales de dos pisos de ladrillo y techo inclinado: precisamente la imagen típica del hogar y lo opuesto del diseño original. Esto no es casual. Los patrones y valores culturales siempre han jugado un rol clave en la vivienda, y es sólo en este siglo que hemos tratado de imponer sistemas racionales y científicos. Diferentes culturas interpretan materiales de construcción en maneras muy diferentes. Compartimos con P. Kellett que se necesita más investigación en esta área porque no entendemos con suficiente claridad las interrelaciones entre el hombre y su medio ambiente; entre el comportamiento social, percepción personal y entorno construido.

II.3. DOS CONJUNTOS PREFABRICADOS DE LA PRIMERA ETAPA: GRIGNY (FRANCIA) Y ORMINGE (SUECIA)

Con la intención de mostrar las excelentes posibilidades de la industrialización, incluso de la prefabricación más *dura* a base de grandes paneles de hormigón en ciudades dormitorio para las clases trabajadoras realizadas en la etapa que hemos denominado *Período 1950-1970: masividad, euforia y negocio* hemos elegido dos grandes conjuntos, ambos con más de tres décadas de uso en magníficas condiciones de conservación, en Francia y Suecia. Estimamos que ambos aportaron algunos logros dignos de mención y de valoración en pro de un mejor conocimiento de estas tecnologías de producción y construcción.

II.3.1. "La Grande Borne" Grigny, París (Francia)

Pese a los muchos condicionantes adversos -bajos presupuestos, urgencia de respuestas masivas, carencias de flexibilidad de los sistemas constructivos imperantes, contexto de masificación en planeamientos urbanos típicos de ciudades dormitorio-, cuando los arquitectos actuaron desde el dominio de los condicionantes técnicos de los sistemas cerrados a base de grandes paneles, los resultados mejoraron extraordinariamente. Un ejemplo, las realizaciones del arquitecto francés Emile Aillaud. Este profesional socialmente sensible y ejecutor de buena arquitectura, entre 1965 y 1970 proyectó y ejecutó en Grigny (París), La Grande Borne a base de

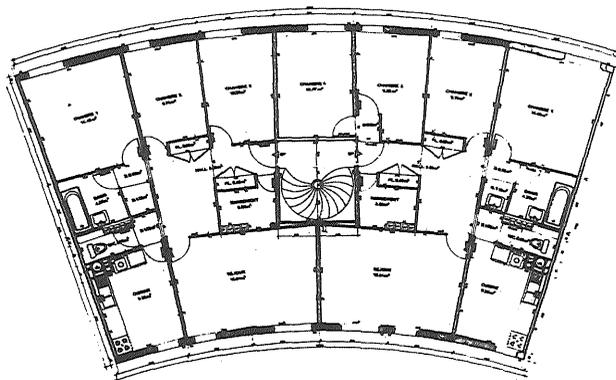
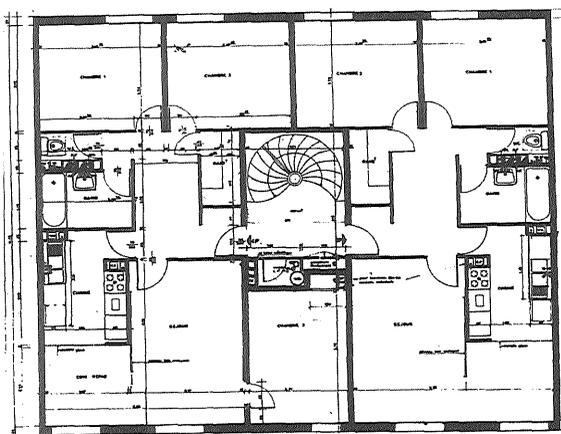


Figura 2.18.- Plantas, baja y primera, de los bloques ortogonales de viviendas.

Figura 2.19.- Plantas, baja y primera, de los bloques curvos de viviendas con un radio de curvatura único en todos los bloques, cóncavos y convexos.

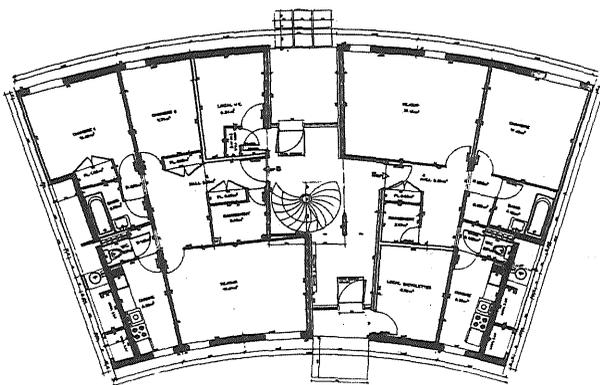
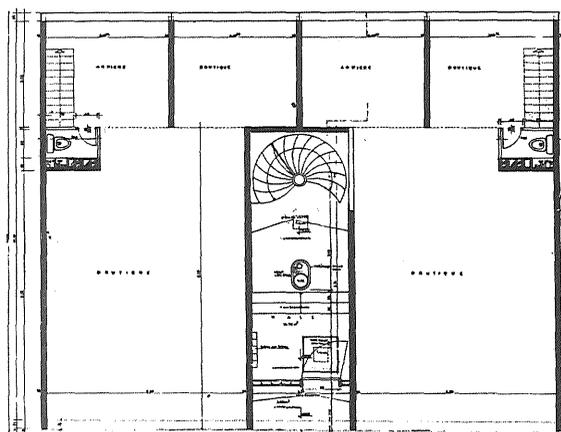


Figura 2.21.- Integración de los bloques de cuatro alturas en un espacio generoso en dimensiones y con un excelente tratamiento paisajístico e integración del color. (Foto J. Salas).



encontrados tipo túnel -sistema Outinor- y grandes paneles con cerámica alveolar en su interior como aislante -sistema Costamagna-. Se trata de un conjunto de 3.479 viviendas tipo H.L.M. -las equivalentes a interés social- destinadas a familias modestas, fundamentalmente adjudicadas a familias emigrantes de Argelia. (Figuras 2.16 a 2.19).

Aillaud tiene la "osadía de pensar que lo superfluo es necesario" (4) y extrema todo para sacarle rendimiento al proceso de industrialización: 150.000 m³ de hormigón en muros y forjados; 20.000 paneles de fachada, todos de 2,70 x 2,70 m; 25.000 ventanas en tres modelos únicos: cuadrada de 1,35 x 1,35m; puertaventana estrecha de 0,85 x 2,10 m y puertaventana ancha de 1,35 x 2,10 m. Aillaud se sumerge y estudia en profundidad los procesos productivos que le ofrece el mercado, optando por dos tecnologías de las más duras entre las duras: encofrados túnel y grandes paneles cerámicos (Figuras 2.20 y 2.21).

La gran serie llevada al extremo permitió a Aillaud, así lo reconoció al finalizar su trabajo, bajar el pre-

cio tope de las viviendas H.L.M. e invertir este ahorro en jardinería y paisajismo bajo la dirección del conocido grafista Retti, incorporado al equipo del proyecto desde el inicio, no como añadido de última hora. El autor afirma que "la industrialización extrema me ha proporcionado una extrema libertad", ejecutando una realización singular en el contexto de lo que se hacía en ese momento. De forma muy esquemática, puede sintetizarse la filosofía constructiva de Aillaud, plasmada de forma palpable en La Grande Borne, en cuatro opciones fundamentales, que pueden servir de reflexión al lector:

1. Primacía del programa y reconocimiento de la responsabilidad del constructor.

Figura 2.20.- Identificación de cada bloque de viviendas mediante motivos gráficos: la figura del poeta Rimbaud realizada con gres cerámico en uno de los paneles ciegos. (Foto J. Salas).



Figura 2.22.- El arquitecto Aillaud incorporó al artista plástico Retti que resolvió los espacios públicos y el mobiliario urbano. (Foto J. Salas).



Figura 2.23.- Detalle de una de las plazas circulares conformada por varios bloques curvos de viviendas y dotada de juegos infantiles económicos, durables e imaginativos. (Foto J. Salas).

2. Asunción de los condicionantes externos. (Cuenta Aillaud que "... el esclavo más bello de los tallados por Miguel Ángel tiene la cabeza inclinada como consecuencia de que la pieza de mármol se fracturó en pleno trabajo y no había espacio suficiente para esculpirlo con la cabeza erguida").
3. Empleo de las técnicas constructivas propias de nuestro tiempo.
4. Procurar un recinto habitable poético.

De Aillaud dijo Bofill: "Emile es el arquetipo de arquitecto francés por oposición al arquitecto italiano. Pero hay que reconocer que ha sido el primero en hacer doblar el camino de las grúas y su pasión por la técnica, lo que es raro en los estudios de arquitectura".

En La Grande Borne, Aillaud doblegó los bloques lineales de longitud interminable, toda una victoria en el contexto de lo que era la industrialización de la construcción hace tres décadas en el país de su vanguardia: Francia.

La prefabricación en La Grande Borne

La forma de construcción propuesta por el constructor no le pareció al arquitecto la mejor adaptada a las características de los planos: largos edificios (algunos alcanzaban los 400 metros de longitud) de formas sinuosas (el radio interior de las curvas es de 23 m). La gran experiencia de la constructora en el manejo combinado de encofrados tipo túnel para los forjados y muros portantes y fachadas prefabricadas, hizo que Aillaud aceptase estos duros condicionantes de base, proyectando células con muros perpendiculares a las curvas que facilitaban, por su planta en cuña, la salida de los grandes encofrados (Figura 2.19).

El arquitecto convenció al productor con argumentos reales, que una extraordinaria variación en la colocación de los huecos de ventana no significaría ni dificultades de organización de obra, ni sobrecostes. Las fachadas curvas de la zona denominada *Labyrinthe* se mueven como meandros de un paisaje que se renueva en cada curva. El proyecto cuidó de forma muy meditada la utilización de dos curvaturas únicas: la de las fachadas cóncavas y las de las convexas, lo que supone solamente dos conformaciones distintas de mesas de fabricación de paneles (Figuras 2.22 a 2.24).

Con unas pocas pero meditadas elecciones, firmes criterios de los profesionales responsables *enraizados en el papel de servidores de los intereses de los futuros habitantes*, y con un conocimiento profundo de las posibilidades del proceso industrial y de sus limitaciones reales se construyeron 3.479 viviendas HLM: 321 de dos dormitorios (52,30 m²), 790 de tres (65,80 m²), 1.473 de cuatro (80,40 m²) y 895 de cinco (95,00 m²). Del total, un 30,5% en bloque de tres alturas, 62% en bloques de cinco alturas y un 7,5% como viviendas unifamiliares.

II.3.2. West Orminge, Estocolmo (Suecia) (5)

"La ciudad diferente, el primer conjunto creado con un espíritu realmente democrático".

EXPRESSEN 25/7/1967.

Esta afirmación, referida al conjunto habitacional West Orminge de la municipalidad de Boo a unos 10 km. de distancia del centro geográfico de la ciudad de Estocolmo (Suecia), es un excelente resumen periodístico de una ciudad diferente, especialmente si nos situamos en el momento de su afirmación en 1967. Han pasado tres décadas y el conjunto de West Orminge sigue cumpliendo con gran dignidad su cometido de alojar familias trabajadoras suecas.

Insistimos que para juzgar esta realización hay que situarse en una Europa con un gran déficit habitacional, con urgencia por construir y en la que la prefabricación pesada, fundamentalmente a base de grandes paneles, era la tónica general para la realización de los grandes conjuntos habitacionales. De los muchos conjuntos visitados por el autor en la época aludida, esta realización escandinava nos impactó entonces y nos sigue pareciendo de interés para los



Figura 2.24.-Pese a que sólo se utilizaron cuatro huecos de ventanas en toda la realización, las posibilidades combinatorias de su ubicación en las fachadas sorprenden al visitante. (Foto J. Salas).

que se acerquen al estudio de estas técnicas. Trataremos de resaltar algunas de las lecciones que nos proporciona y que pueden ser de interés valoradas desde América Latina (Figuras 2.25 y 2.26).

Se trata de un conjunto de importante volumen, capaz de albergar a unos 7.000 habitantes en un total de 2.609 viviendas, agrupadas en 12 áreas o barrios que conforman una pequeña ciudad autónoma. Las viviendas barren una extensa gama de superficies: 609 viviendas de un dormitorio (38 a 45 m²), 864 de dos, 446 de tres, 680 de cuatro y 10 de seis (121 m²), en bloques de dos, tres, cuatro y hasta cinco plantas. El conjunto total supone 220.786 m² construidos y su realización tuvo lugar entre junio de 1967 y junio de 1971, procediéndose a su ocupación de forma paulatina (Figuras 2.27 y 2.28).

Se trata de un conjunto de carácter social construido y administrado por la institución municipal de la vivienda. La ejecución de las viviendas se realizó a un ritmo de 2,4 viviendas al día así como los espacios públicos, servicios, jardines, etc., que suponen un total de 666.000 m² urbanizados, lo que arroja una proporción entre superficie construida y superficie urbanizada de 0,35.

Algunas características del conjunto habitacional:

La distancia caminando entre las viviendas y sus aparcamientos de vehículos no supera los 100 m. a

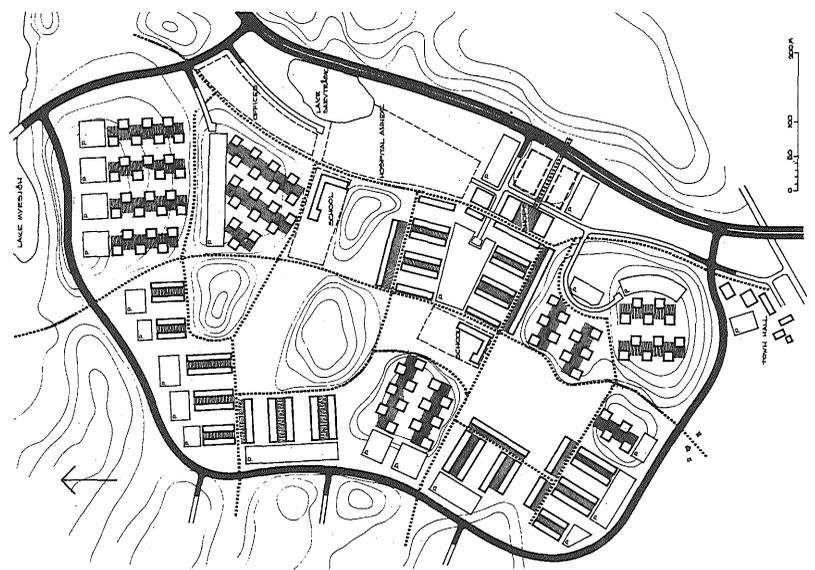


Figura 2.25.- Esquema de planeamiento del conjunto West Orminge en el que destaca la diversidad de la zonificación de viviendas de distintas tipologías.

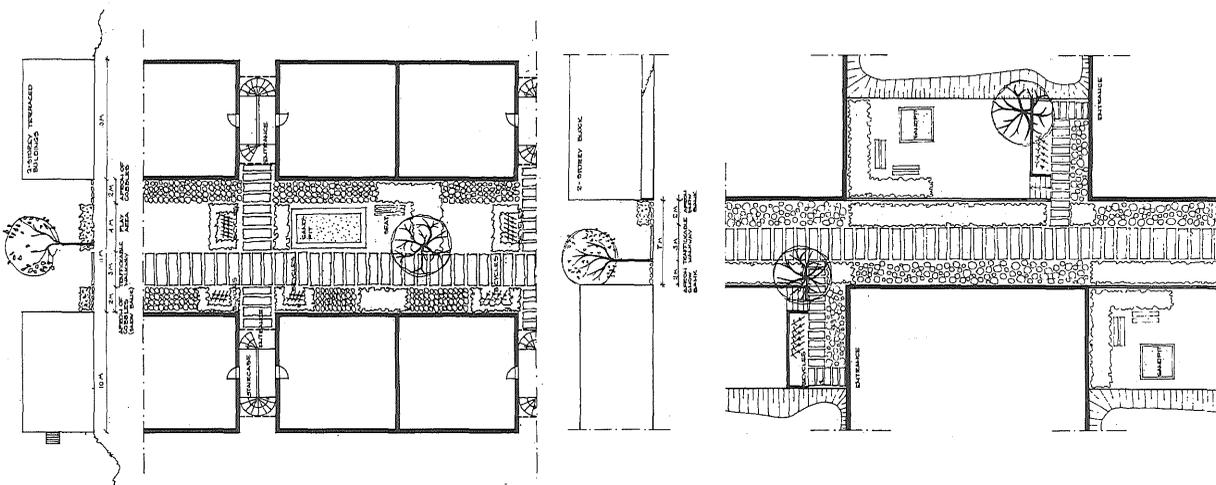


Figura 2.26.-Esquemas de zonas peatonales de trayectos cortos y de equipamientos comunes utilizados en la realización sueca.



Figura 2.27.- Vista de conjunto de la realización integrada en una zona rocosa de grandes árboles.
(Foto J. Salas).

Figura 2.28.- Detalle del conjunto de baja altura, cuatro plantas máximo, y mediana densidad en el que se ha conseguido un excelente nivel de diseño que se mantiene de forma óptima después de más de tres décadas de su ejecución.
(Foto J. Salas).



razón de 10 espacios de aparcamiento por cada 1.000 m² construidos.

- Viviendas con armario para secado de ropa, espacio para máquinas lavarropa y lavaplatos.
- Ducha y wc separados.
- Una zona de lavandería comunitaria por cada 120 apartamentos.
- Un local para la práctica de hobbies por cada 150 apartamentos.
- Calefacción centralizada para todas las viviendas y locales públicos y comerciales.
- Servicio público de limpieza de nieve de escaleras y caminos peatonales.
- Recogida diaria de basuras mediante vehículos especiales que acceden a todos los bloques de viviendas.
- Tiendas, librerías, centro cultural público, centro comercial, hospital, centros de enseñanza media, parvularios y guarderías.

Sistema constructivo

La realización se ejecutó con el sistema sueco Skarne a base de grandes panes de hormigón, conforme a un proyecto de urbanismo, construcción y paisajismo redactado por el equipo pluridisciplinar de profesionales J. Curman & Asociados. (Figura 2.29).

Las cimentaciones se realizaron sobre vigas directamente cimentadas sobre roca.

El sistema Skarne presentó los siguientes rendimientos medios para la construcción de un bloque de tres plantas de altura compuesto por 12 apartamentos:

- Cimentaciones, movimientos de tierra e instalaciones y servicios del bloque: 10 jornadas de trabajo.
- Montaje de los paneles prefabricados: 9 jornadas de trabajo.
- Acabados e instalaciones: 40 jornadas de trabajo.
- Total: 59 jornadas de trabajo.

Esquema estructural

Una de las aportaciones innovadoras de esta realización es su sistema estructural a base de muros exteriores portantes, longitudinales y transversales, y pilares interiores. Ello proporcionó -puede que por primera vez en este tipo de realizaciones a base de grandes paneles- plantas prácticamente libres, lo que permite una gran libertad de distribuciones en planta, todo un éxito para el momento.

Debido a su extraordinaria libertad de distribución, toda la tabiquería es ligera y semi-móvil. Es por ello que en el proyecto se optó por ventanas estrechas para no constreñir la colocación de los elementos interiores, al tiempo que por razones de ahorro energético en unas condiciones climatológicas extremas como son las escandinavas. (Figuras 2.30 y 2.31).

El sistema constructivo optó por la simplificación volumétrica que se resuelve a base de paralelepípedos muy limpios, que de alguna manera conectan con la simplicidad característica del buen diseño escandinavo. A estos volúmenes se adosan las soluciones de escaleras en forma de volúmenes abiertos y de balcones. Ambos elementos, cajas de escaleras y balcones, son estructuras independientes que prácticamente no tocan la caja del edificio evitando de esta manera puentes térmicos en un clima tan hostil y facilitando el proceso constructivo.

Organización de obra

Las plantas de la Figura 2.30 clarifican la simplificada organización de todo el proceso constructivo. Los elementos más singulares son las losas de forjado a base de grandes elementos de 270 cm de ancho y

luces de hasta 580 cm, que llegan a pesar 7,9 toneladas. Las instalaciones se agrupan en un panel húmedo y los pilares de balcones llegan a tener tres plantas de altura.

Todos los elementos se fabricaron en una planta de producción instalada al efecto muy cerca de la obra. Llama poderosamente la atención la excelente calidad y sencillez de los paramentos exteriores que después de treinta años de uso presentan un buen aspecto sin apenas mantenimiento (Figura 2.32). Se realizó su acabado antes del desmoldeo, actuando sobre la cara vista del molde, sobre el hormigón fresco, utilizando escobillas de ramas de abedul que le confieren un acanalado muy apropiado para facilitar la bajada del agua de lluvia en forma de multitud de surcos, lo que evita el nada deseable efecto surco al que nos referiremos en el Capítulo 7. Las juntas, de doble cierre con banda externa tienen una fuerte presencia física y se encuentran perfectamente integradas en los paramentos de fachada, denotando con sinceridad y sin falsos complejos la impronta del sistema constructivo utilizado.

II.4. ENSEÑANZAS PARA AQUÍ Y AHORA DE LA PREFABRICACIÓN CERRADA DE VIVIENDAS EN EUROPA

La dilatada y bien contrastada práctica europea en la producción masiva de viviendas a base de sistemas cerrados de grandes paneles de hormigón, proporciona un buen número de errores y aciertos, que cuando menos merecen una reflexión serena y diferenciada desde las condiciones de contexto concretas de cada caso.

Tratando de pensar desde América Latina, asumiendo el problema de subjetivismo que ello supone y con la indefinición de un ámbito geográfico amplio y diverso como es el que presentan los países que conforman el área en la que se dan tremendos contrastes, nos permitimos algunas reflexiones desde Latinoamérica en forma de lecciones aprovechables de ésta práctica, que sugerimos sean sopesadas por cada lector desde su realidad concreta. Enunciaremos de forma escueta las siguientes:



Figura 2.29.- Detalle de las vías peatonales que enlazan los bloques de viviendas con las zonas comunes y de aparcamiento de vehículos. En nuestra opinión, esta realización contradice con la fuerza de los hechos a los que pretenden achacar a la prefabricación todos los males de las incompetencias profesionales. (Foto J. Salas).

1. No es cierto que la industrialización de la construcción sea únicamente prefabricación.

Tampoco que ésta sea exclusivamente sinónimo de grandes paneles utilizados en bloques de viviendas en altura (Figura 2.1). Lo que sí es cierto es que la gran práctica europea fue así. En este sentido, no podemos perder de vista que en Europa la vivienda construida desde la década de los 50 fue predominantemente a base de departamentos en altura y que en Latinoamérica las viviendas son fundamentalmente casas de una o dos plantas. Argentina y Venezuela son los únicos países latinoamericanos que superan el 15% de viviendas en altura. Este es un dato a tener muy presente al juzgar desde América Latina las prácticas europeas. (Tabla 2.1).

2. No es condición imprescindible la necesidad de contar con volúmenes de obra tan considerables como los que se manejaban en décadas anteriores para poder actuar con sistemas cerrados. **Se habla de un mínimo imprescindible de 3.000 vivien-**

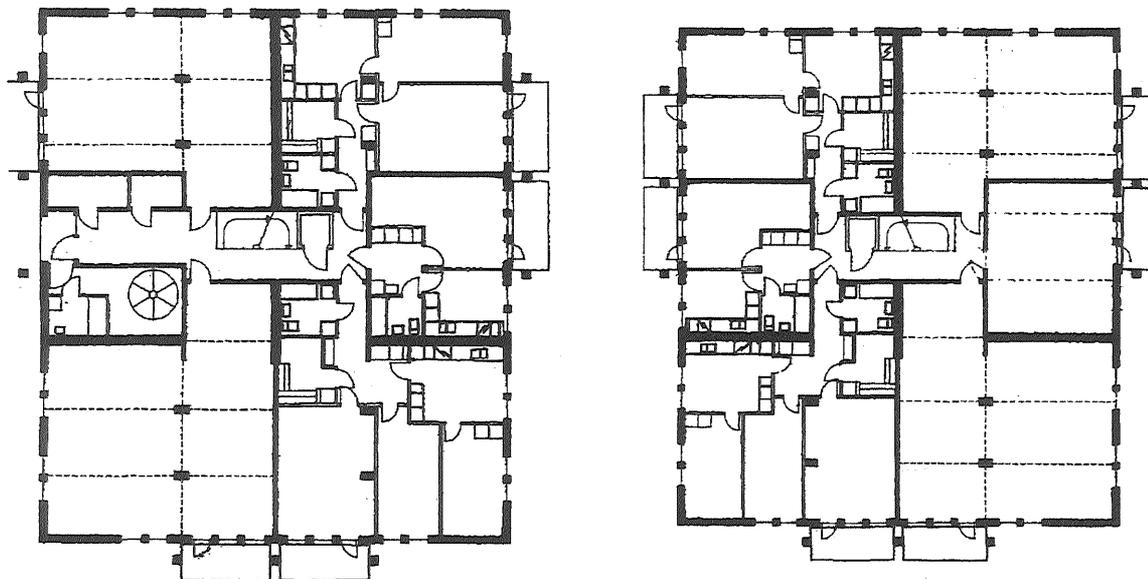


Figura 2.30.- Plantas diáfanas totalmente prefabricadas a base de fachadas portantes y elementos lineales - pilares y losas- aplicados en forma pionera en esta realización modélica. Las ventanas son de dimensiones escasas por razones climatológicas pero también para facilitar los cambios de distribución interna de las viviendas.

Figura 2.31.- Momento de la ejecución de los acabados - ien 1967! - que permiten la entrega de las plantas totalmente diáfanas para adaptar la distribución interna a las necesidades de cada familia. Recordamos: viviendas sociales, de la década de los sesenta, totalmente prefabricadas y en perfecto estado de conservación. (Foto J. Salas).



Figura 2.32.- Paneles de fachada tratados manualmente antes del endurecimiento de la cara externa y que mediante pequeñas canalizaciones permiten facilitar el descenso "ordenado" del agua de lluvia. (Foto J. Salas)

das agrupadas realizables a razón de 1.000 viviendas al año durante tres años, para que fuesen sujeto de interés de las empresas productoras de sistemas constructivos. (Figura 2.2).

3. Tampoco lo contrario es cierto. Obviamente, **con los sistemas industrializados no pueden ser atendibles cualquier tipo de pedidos**: 30 casas unifamiliares dispersas no parece el pedido más recomendable para realizarlo con grandes elementos. Pese a que ni hay ni puede haber una regla fija, 300 viviendas con un cierto grado de agrupamiento para realizar en tres años, puede ser un pedido mínimo tentador para una actuación a base de sistemas industrializados. (Figuras 2.7 y 2.8).

4. No nos parecen extrapolables, ni recomendables, los volúmenes de inversión en plantas de prefabricación que se manejaban como normales en el caso de plantas llave en mano procedentes de Europa: un millón de dólares USA para producir una vivienda al día; dos millones para 500 viviendas al año, etc. Para estos volúmenes de producción, **resulta factible una reducción drástica de la inversión** como consecuencia de someter el proyecto de inversión a la racionalidad de su adecuación a las condiciones de la escasez propias de las promociones de viviendas a las que este libro pretende dirigirse. La comodidad mental, tantas veces practicada, de pensar en **la adquisición de plantas llave en mano en el Norte, nos parece un lujo** que, para viviendas de bajo coste, difícilmente puede permitirse el Sur. (Figuras 2.5 y 2.6).

5. La búsqueda de economías en base a una obsesiva minimización del número de componentes distintos, nos parece un camino que no es ni rentable ni recomendable. Se consideraba todo un logro tecnológico en las décadas de la reconstrucción europea el construir con no más de veinte elementos distintos. Hoy el reto debe de ir por otros derroteros: la consecución de variabilidad y flexibilidad a base de **intensificar el ordware²** lo cual es más factible con la ayuda de los medios informáticos disponibles hoy en las empresas.

6. No todas las diferencias dimensionales, formales o de acabados, tienen igual importancia. **No todos los elementos de igual apariencia tienen igual constitución**. A modo de ejemplos, pensando en grandes paneles, se propone la siguiente clasificación de las variaciones por orden decreciente en su incidencia en el proceso de producción:

Primer grado: cuando varía la geometría de bordes (requiriendo cambio de costeros en los moldes).

Segundo grado: variación de alguna(s) de las dimensiones perimetrales externas (requiriendo el reglado de los costeros mediante un salto dimensional del molde sin cambiar la conformación).

Tercer grado: variación del tipo de huecos o de la posición de estos dentro del perímetro del elemento.

Cuarto grado: variación de los acabados del paramento (textura, coloración, etc.).

Tabla 2.1

AMÉRICA LATINA (13 PAÍSES):
PARQUE HABITACIONAL Y PORCENTAJE DE VIVIENDAS EN ALTURA, (DEPARTAMENTOS)

País	Año	Parque Habitacional	Departamentos	%
Argentina	1991	8.515.441	1.554.642	18.3
Bolivia	1992	1.692.567	46.602	2.8
Brasil	1991	34.734.715	3.006.765	8.7
Chile	1992	3.101.356	254.583	8.2
Colombia	1985	5.903.058	737.882	12.5
Cuba	1981	2.290.176	340.917	14.9
Ecuador	1990	2.335.551	182.393	7.8
El Salvador	1993	1.049.191	15.671	1.5
Guatemala	1981	1.256.156	20.082	1.6
Honduras	1988	762.117	12.267	1.6
Panamá	1990	524.284	50.023	9.5
Paraguay	1992	855.547	7.997	0.9
Venezuela	1990	3.159.384	542.656	17.2

Fuente: Elaborado por Cepal, sobre los datos de los últimos censos nacionales de vivienda. Para El Salvador, Encuesta de Hogares del MIPLAN, 1993.

2 Nos permitimos acuñar este término imaginario como tercera vía entre el "software" y el "hardware" para enfatizar la necesidad de organización autóctona y de replanteo de las soluciones tecnológicas del Norte a las condiciones del Sur. Los profesionales tienen un gran reto tecnológico en este campo.

Quinto grado: variaciones mínimas de accesorios, de armaduras, de piezas de instalaciones, etc.

7. La herencia de ingentes cantidades de edificios lineales de viviendas -miles y miles de familias condenadas de por vida a estas tipologías- a base de bloques en forma paralelepípeda de cien y más metros de frente, por causa de la importancia atribuida al camino recto de las grúas en la fase de montaje como único argumento, es lección que no debe olvidarse. **La grúa es una herramienta al servicio de la construcción, no un axioma de partida.** (Figura 2.4).

8. Una realización industrializada requiere un proyecto concebido y desarrollado desde el conocimiento profundo de las posibilidades y limitaciones del sistema constructivo con el que se ejecutará. Recordemos que Jean Prouvé, pensando en la industrialización a base de elementos metálicos, era partidario de que el proyecto se elaborase físicamente dentro de la industria. **No se debe proyectar en tradicional y ejecutar en prefabricado.** No nos parece de recibo el slogan tantas veces practicado por las empresas productoras y aceptado por ciertos profesionales: "Señor arquitecto, realice su anteproyecto y nosotros se lo prefabricamos".

9. Los gálibos de transporte por carretera (dimensiones máximas de elementos transportables en vehículos normales) fueron causantes de demasiados condicionantes. ¡Cuántos miles de viviendas con habitaciones de 2,40 metros de ancho por el simple hecho de transportar las losas de forjado (elementos de entrepisos) horizontalmente sobre el camión! **Hemos de ser conscientes de los condicionantes, entre ellos los gálibos y los medios de transporte, pero para doblarlos con soluciones tecnológicas, no al contrario.**

10. La traducción mimética del radio de acción de las plantas de prefabricados (consistente en la posibilidad de realizar las operaciones de carga de los elementos en el vehículo, viaje de ida, descarga y viaje de vuelta en una jornada laboral) de las condiciones europeas resulta un dislate **cuando se trasladada a las condiciones de transporte en América Latina, que deben estudiarse minuciosamente in situ caso por caso.** Mientras que en Europa puede ser sensato hablar de 300 kilómetros de radio de acción utilizando autopistas, en Centroamérica -por ejemplo- puede ser una tremenda falacia.

11. **Conviene meditar con detenimiento la decisión sobre el peso máximo de los elementos a prefabricar.** Subir a 30 metros de altura un elemento de 3 toneladas y colocarlo a 12 m. de distancia en una obra en Europa (para lo que se requiere una grúa-pluma de 36 mxTn de momento de vuelco) puede ser una operación tan sencilla o complicada como poner un elemento de 200 kilos a 5 metros de distancia y a una altura de 6 metros en Latinoamérica. Estas son las razones de la proliferación de sistemas constructivos latinoamericanos que con sensatez limitan a 80 kilos el peso máximo de sus elementos. (Figura 2.33).

12. **La obsesión europea por el ahorro energético, sin duda plausible en ese contexto, debe ser tamizada desde las condiciones concretas del aquí y ahora de América Latina.** La prohibición europea de algunos sistemas constructivos por causa



Figura 2.33.- Producción, manipulación y montaje manual de elementos, una meta lógica de la industrialización de la vivienda de una planta en Latinoamérica. En la figura, el montaje de elementos Sancocho de Venezuela. (Foto J. Salas).

de su alto consumo energético (especialmente a base de grandes paneles de hormigón con marco perimetral rígido de unión de las capas interna y externa, sin duda causantes de importantes puentes térmicos) podrían tener otra valoración desde este continente.

13. **En Europa, durante las pasadas décadas se constató que las tecnologías a base de componentes constructivos resistieron bien las crisis.** Si bien es cierto que no supusieron bajas reales de los costos de mercado, sí que representaron unas formas de hacer mejor adaptadas a las nuevas tendencias de aquella época en Europa: grandes volúmenes de construcción de viviendas unifamiliares e importancia creciente de la rehabilitación y readecuación del parque habitacional antiguo.

II.5. INDUSTRIALIZACIÓN DE COMPONENTES CONSTRUCTIVOS (LA LLAMADA INDUSTRIALIZACIÓN ABIERTA)

II.5.1. ¿Qué entendemos por industrialización abierta?

Por industrialización abierta no entenderemos en este texto, enfocado hacia la industrialización *posible*, utopías más o menos lejanas según las cuales, componentes complejos de muy distintas procedencias y con muy diferentes formas de producción, bajo las directrices de un proyecto arquitectónico redactado con mentalidad y disciplina industrial, propician

como resultado una nueva generación de espacios construidos mayoritariamente a base de componentes producidos en diferentes plantas industriales. (6) Aún creyendo profundamente en los potenciales de la industrialización abierta, reconocemos que ésta no es un hecho consumado, y que se está lejos -incluso en los países más desarrollados- de esta forma de construir. Comentaremos en el Capítulo 11, cómo el gran maestro Jean Prouvé, que en la Francia de la postguerra luchó con éxito por aunar la vivienda de los más pobres con sus diseños y formas de producir elementos constructivos generalmente metálicos salidos de su propio taller, nos respondió en forma socarrona, cuando le preguntamos por la industrialización abierta: “¿Qué es eso de la industrialización abierta?”.

Nos interesa la industrialización abierta como forma de concebir la concurrencia entre la construcción y la industria. Nos interesa como nuevo planteamiento del proceso constructivo, como nuevo reparto de roles del hecho constructivo. Nos interesan los planteamientos del Norte para repensarlos, y en su caso, adaptarlos a determinadas necesidades del Sur.

Pretendemos la reinterpretación de la industrialización abierta como herramienta innovadora, tratando de adecuarla y ponerla al servicio de una problemática para la que no fue pensada. El reto está en rescatar para el sector de la vivienda de los más pobres, aquí y ahora, las potencialidades de esta técnica destinada a ser empleada con mayor comodidad por las vanguardias profesionales del Norte en realizaciones de holgado presupuesto.

En América Latina, globalmente, hablar de industrialización abierta de la vivienda de muy bajo coste sería escamotear la realidad. Por contra, y aún reconociendo que a simple vista puede producir perplejidad, vemos potencialmente enriquecedora una reflexión desde la cotidianeidad de la vivienda de los pobres en Latinoamérica, con los argumentos y planteamientos de la industrialización abierta. Volveremos sobre el tema con argumentos más concretos cuando nos ocupemos de las “viviendas Moya” en el Apartado VI.8.

II.5.2. Los componentes constructivos

El acercamiento al tema constructivo de la vivienda plantea, al menos, dos tipos de enfoques globales: la vivienda como un todo y la vivienda como un conjunto de elementos funcionales de la misma.

Entendemos como **elemento funcional** o unidad de proyecto el grupo de variables que debe ser objeto de decisiones conjuntas de diseño. Estas unidades de proyecto tienen una correlación en la descomposición de un edificio en elementos funcionales que pueden, o no, materializarse en forma de componentes industrializados. Un tramo de escalera, por ejemplo, es una unidad de proyecto y puede ser también un componente de origen industrial o prefabricado. (Figuras 2.10 y 2.11).

La Organización Internacional de Normalización (ISO) define los componentes de construcción como “productos fabricados bajo la forma de unidades distin-

tas dispuestas para entrar a formar parte en la construcción de una obra”. Por otra parte, el grupo francés Geria entiende los componentes, “como partes invariables de edificios diferentes que deben responder a las exigencias funcionales, técnicas y económicas del cometido que se les encomienda, satisfaciendo por tanto condiciones de: compatibilidad por su forma, de coordinación por sus dimensiones y de diversidad combinatoria”.

II.5.3. Estereotomía del edificio y la vivienda

Por razones estrictamente metodológicas, proponemos distinguir claramente para una construcción de apartamentos en bloques de varias alturas entre edificio y vivienda. Entenderemos por edificio, a efectos únicamente de este capítulo, aquellas partes que colaboran al desarrollo de las funciones encomendadas al interior de la vivienda, que permiten la ubicación de éstas en su interior y que facilitan su acceso. De forma muy simplificadora entenderemos por vivienda los espacios y equipos que están tras la puerta de acceso al espacio privado y por edificio todas las partes construidas del proyecto que no son viviendas -propiedad o uso comunitario-.

A) Las unidades de proyecto en las que dividiremos el edificio son:

1. Excavaciones y cimentaciones.
2. Cubierta.
3. Estructura.
4. Equipos del edificio (no incluye los internos de las viviendas) y accesos:
 - Agua, gas, electricidad.
 - Televisión, fecales, pluviales.
 - Basuras, calefacción.

Accesos:

- Verticales.
- Horizontales.
- Vestíbulo.
- Ascensor.
- Locales del edificio.

B) Entenderemos por vivienda el conjunto de espacios, componentes y accesorios que conforman el alojamiento de uso privado. Proponemos su descomposición en:

5. Elementos horizontales, plano de contacto y muros de sótanos.
6. Elementos verticales interiores.
7. Elementos verticales exteriores:
 - Fachadas.
 - Fachadas a patios.
 - Paredes y muros medianeros.
8. Equipo de la vivienda (no incluye las partes que contabilizan como edificio):
 - Agua, gas, electricidad.
 - Televisión, fecales, basuras.
 - Calefacción, puertas, armarios.
 - Ventilación.
9. Trastero, terraza, lavadero.
10. Locales de la vivienda:
 - Baño, aseo, cocina.

II.5.4. Repercusión de los elementos funcionales en el coste final

La importancia relativa de cada una de las hipotéticas familias tipológicas en las que hemos dividido el edificio y la vivienda, se plasma en su repercusión sobre el costo de construcción final de la vivienda completa. Al igual que en otros casos, siempre que abordemos temas de precios, costes, repercusiones porcentuales, etc., recomendamos al lector que analice los valores y parámetros que se proponen necesariamente generalizadores- pensando en su contexto concreto y que actúe en consecuencia. Nuestras propuestas en estos aspectos pretenden brindar herramientas metodológicas nunca recetas específicas. Téngase muy presente al analizar los valores que seguidamente se aportan, que estamos hablando de contextos muy distintos a los que son objetivos prioritarios de este texto. Por su interés metodológico y confiando en su vigencia, dado que los valores que se aportan son porcentuales, se proporcionan los resultados de un trabajo realizado por el autor sobre una muestra muy amplia -más de cinco mil viviendas realizadas en España- en edificios de apartamentos de dos tipologías:

- Bloques lineales de hasta cuatro plantas sin ascensor.
- Bloques puntuales -torres- de más de seis plantas con ascensor.

Suponiendo equipamientos y acabados de calidad similar en las viviendas y edificios en los dos casos, los resultados porcentuales sobre el **precio de construcción** de los elementos funcionales para los tipos de viviendas estudiadas, se recogen en la Tabla 2.2 y Figura 2.34. Siguiendo con la distinción entre **edificio** y **vivienda** los resultados fueron los siguientes:

EDIFICIO:

1.- Excavaciones: nos parece poco significativo y muy fluctuante el analizar el capítulo de excavaciones por depender básicamente de la ubicación del proyecto y de las características del terreno.

2.- Cimentaciones: la repercusión por metro cuadrado construido es del orden de un 1,34% en el bloque lineal.

3.- Cubierta: la repercusión de la cubierta es de un orden de un 2,26% en el bloque puntual que es el más reducido.

4.- Plano de contacto: la repercusión del plano de contacto llega al 0,49% en el bloque puntual.

5.- Estructura: la repercusión de la estructura varía de un 5,33% en la vivienda unifamiliar a un 9,96% en el bloque puntual.

6.- Vestíbulo, accesos y ascensor: este capítulo recoge el recorrido completo de acceso del exterior hasta la entrada de la vivienda y supone un 2,5% en el bloque lineal (no existe ascensor) y un 5,0% en el bloque puntual (con ascensor).

VIVIENDA:

7.- Elementos horizontales: la repercusión de los elementos horizontales (forjados o entresijos totalmente acabados) oscila desde el 16,31% en la vivienda en torre al 17% en la vivienda lineal.

8.- Elementos verticales (interiores): la repercusión oscila de un 5,32% en la vivienda unifamiliar a un 24,15% en la vivienda lineal.

9.- Elementos verticales (exteriores): la repercusión oscila desde un total de 22,68% en la vivienda unifamiliar al 14,03% en la vivienda puntual.

DESCOMPOSICIÓN PORCENTUAL DEL PRECIO FINAL DE DIFERENTES TIPOLOGÍAS DE VIVIENDAS.

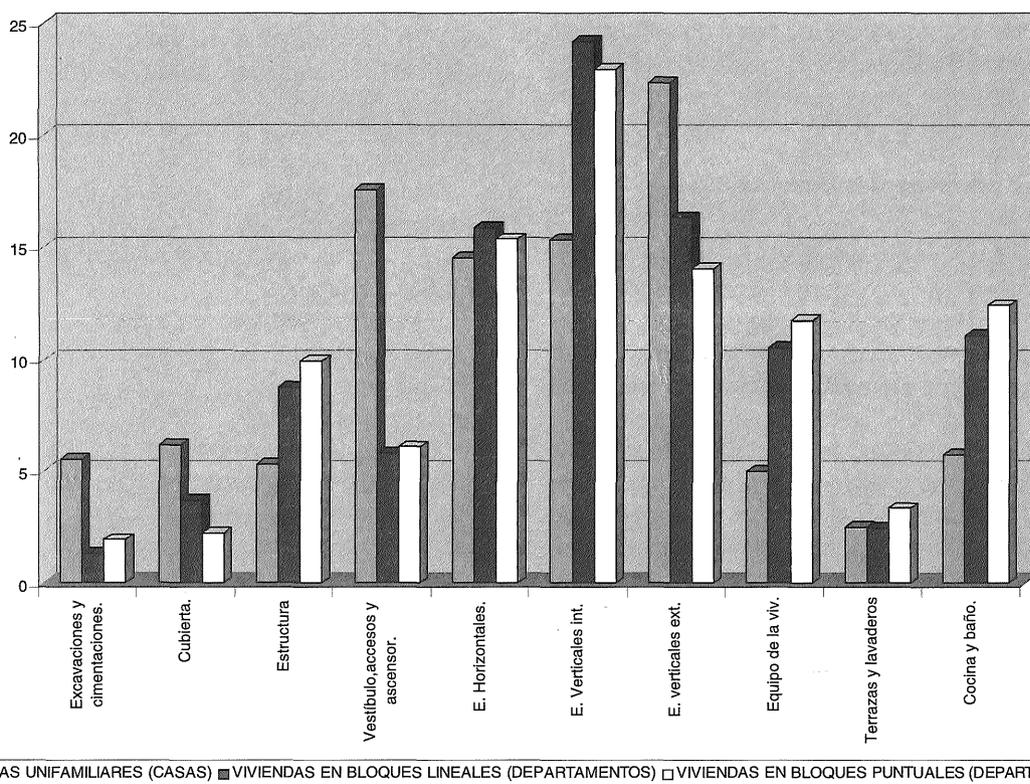


Figura 2.34.- Resultados porcentuales de la repercusión de los distintos elementos funcionales de vivienda agrupados por tipologías en un ejercicio correspondiente a la realidad española.

Tabla 2.2

Elementos Funcionales del Edificio y la Vivienda	Tipologías Constructivas		
	Viviendas Unifamiliares (Casas)	Viviendas en Bloques Lineales (Departamentos)	Viviendas en Bloques Puntuales (Departamentos)
1. Excavaciones y cimentaciones:	5,52	1,34	1,94
2. Cubierta:	6,19	3,68	2,26
3. Estructura:	5,33	8,75	9,96
4. Vestíbulo, accesos y ascensor: Equipo	17,55	5,78	6,10
Totales de los Elementos Funcionales del Edificio	34,59	19,55	20,26
5. Elementos horizontales: Plano de contacto y muros sótanos:	14,52	15,88	15,35
6. Elementos verticales (interiores):	15,32	24,15	22,91
7. Elementos verticales (exteriores):	22,32	16,33	14,03
8. Equipo de la vivienda:	4,99	10,54	11,72
9. Terrazas y lavaderos:	2,50	2,46	3,34
10. Cocina y baño:	5,76	11,09	12,39
Totales de los Elementos Funcionales de la Vivienda	65,41	80,45	79,74

10.- Equipo: la repercusión del equipo oscila desde un 4,99% en la vivienda unifamiliar a un 11,72% en la vivienda lineal.

11.- Terrazas y lavaderos: la repercusión total de las terrazas y lavaderos es de 3,34% en el bloque puntual y de 2,46% en el lineal. Estos elementos no constan en la vivienda unifamiliar estudiada.

12.- Cocina y baño: la repercusión total de cocina y baño, oscila desde 4,54% en la vivienda unifamiliar, a los 11,09% en la vivienda lineal y a 12,39% en la puntual.

Es importante advertir que el objeto del estudio que se comenta era determinar la importancia relativa de los distintos capítulos de obra, para analizar cuáles de ellos ofrecían un mayor valor añadido, y por tanto un mayor interés industrial.(7)

El mercado europeo más dinámico de componentes, subsistemas, productos y elementos de catálogo, apunta hacia la meta de poner en el mercado gamas abiertas de componentes industrializados con las siguientes funciones y repercusiones porcentuales sobre el coste total de construcción:

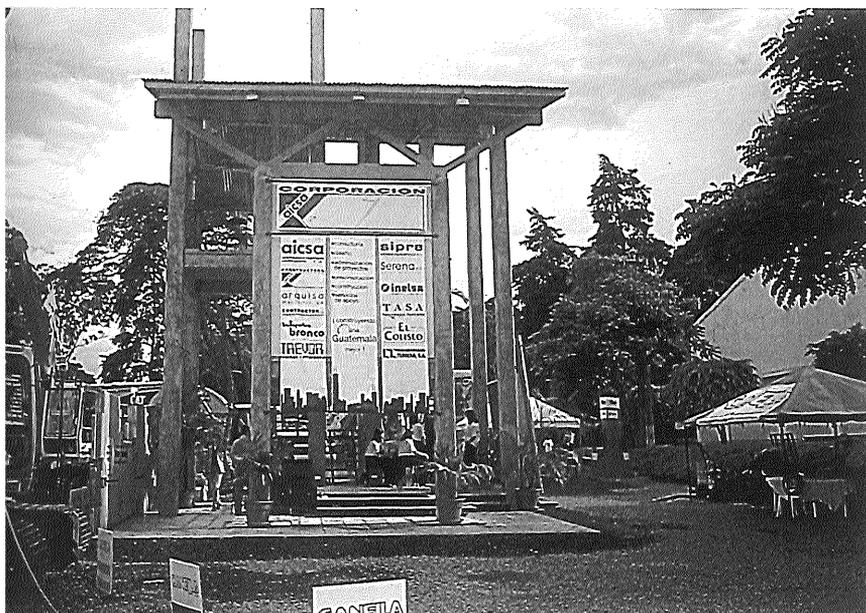
- Estructura (8,0% valores medios del gráfico).
- Elementos horizontales (16,6%).
- Elementos verticales interiores (17,5%).
- Elementos verticales exteriores (17,5%).
- Equipo de la vivienda (9,1%).
- Cocina y baño (9,3%).

II.5.5. Componentes

El interés del componente en el contexto de la industrialización abierta, está precisamente en que supone una renovación importante de formas, materiales, métodos de fabricación, resolución de juntas... renovación, que en muchos casos no es otra cosa que la actualización de soluciones ya utilizadas por la industria del aluminio, del plástico, de los laminados de madera y que cada día se acercan más al sector construcción, produciendo un tipo de industrialización que hemos denominado *sutil*, pero que es industrialización al fin y al cabo.

No estamos proponiendo esperar a que la industria ponga a punto nuevos procesos de fabricación para aplicarlos en la edificación. Los procesos existen y son **tradicionales en la industria**: la laminación del acero, del aluminio, del plástico, de la madera, de los materiales sintéticos; la extrusión continua de perfiles de cualquier sección compleja, la conformación por plegado, mandrilado, la soldadura por pun-

Figura 2.35.- Vista de la entrada a la Feria de la Construcción y la Vivienda de Guatemala, 1998, en la que proliferaban las ofertas de materiales, componentes y subsistemas industrializados foráneos. (Foto J. Salas).



tos; la producción continua de productos multicapas (tipo *sandwich*) por inyección de espuma entre láminas, prensado, rociado de revestimientos, inmersión... Son técnicas de plena vigencia en otros sectores y que pretenden en forma dinámica alcanzar la necesaria competitividad económica para entrar en el sector de la vivienda de interés social.

Sin sacar las cosas de su contexto -el proceso es y será lento- vemos cómo toman posiciones estos componentes y subsistemas, incluso en la vivienda de bajo coste. Recientemente, en la 1ª Feria de la Construcción de Guatemala, exponían un buen número de empresas centroamericanas y foráneas ofreciendo componentes, tecnologías y sistemas constructivos en la línea que aquí comentamos. También abundaba la oferta de elementos en base a materias primas importadas -tipo poliuretano expandido- que deja a las empresas locales usuarias totalmente a merced de las casas matrices propietarias del sistema y de los procesos productores de materias primas. (Figuras 2.36 y 2.37).

Una de las constantes comunes a estas tecnologías es la tendencia al ahorro de materias primas y semielaboradas, ahorro que se consigue mediante la transformación altamente mecanizada de materias primas y semiproductos en elementos complejos, por lo general más ligeros que las soluciones homólogas tradicionales.

Obviamente, todo no se reduce a la resolución de los problemas de producción. La estructura sectorial juega un papel importante. Por ello, proponer sin más poner nuevos elementos en el mercado y esperar a que se produzca la compatibilidad universal, de la que germinará como resultado la industrialización abierta, sería mitificar un mundo que casi nada tiene de idílico.

Los componentes no irrumpen milagrosamente en el mercado. Negamos por utópica la compatibilidad universal, pero no obstante, en los mercados más desarrollados de los países industrializados los hechos demuestran el resurgir de una compatibilidad acotada, delimitada, que por supuesto no es espontánea. La industrialización abierta es una idea en cuya implementación el Estado puede tener un papel que jugar como impulsor, animador y coordinador de iniciativas. El Estado ni debe aplastar a los constructores con nuevas normativas o reglamentaciones de cumplimiento obligatorio, ni debe dejar perecer a las primeras empresas que lanzan componentes industriales. Este es el cuello de botella de la cuestión. La industrialización abierta, fruto lógico del mercado de libre competencia, parece incapaz de nacer sin un cierto cuidado protector del Estado. En la correcta solución de esta aparente contradicción se esconde parte de la clave del éxito que no se prodiga.

Siguiendo con la delimitación de lo que entendemos por componente, distinguiremos entre **componentes específicos y componentes autónomos**. Por específicos entenderemos los fabricados por una empresa determinada, de manera que puedan combinarse entre ellos en formas diferentes permitiendo soluciones constructivas variadas, pero siguiendo reglas bien definidas. Componentes autónomos, por el contrario, pueden producirse potencialmente de forma más o menos parecida por un número grande

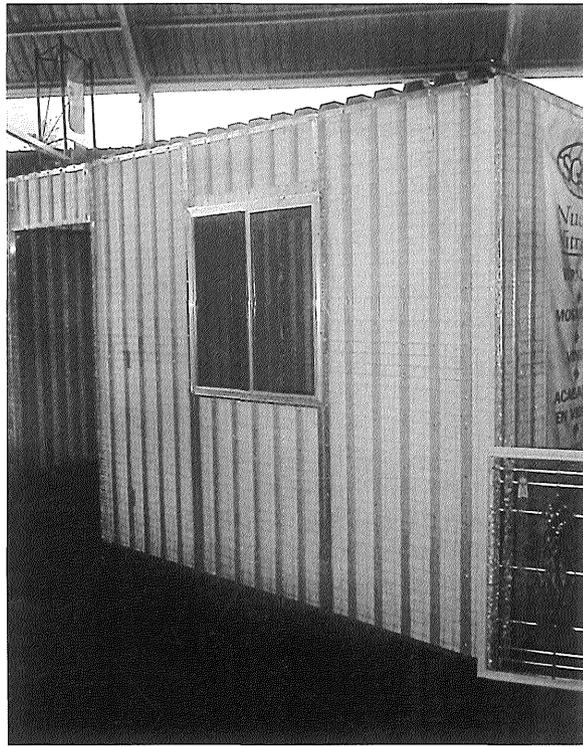


Figura 2.36.- Uno de los sistemas "cerrados" a base de materiales aislantes importados con armadura difusa, preparados para recibir el mortero por proyección, expuestos en la Feria de la Construcción de Guatemala 1998 (Foto J. Salas).

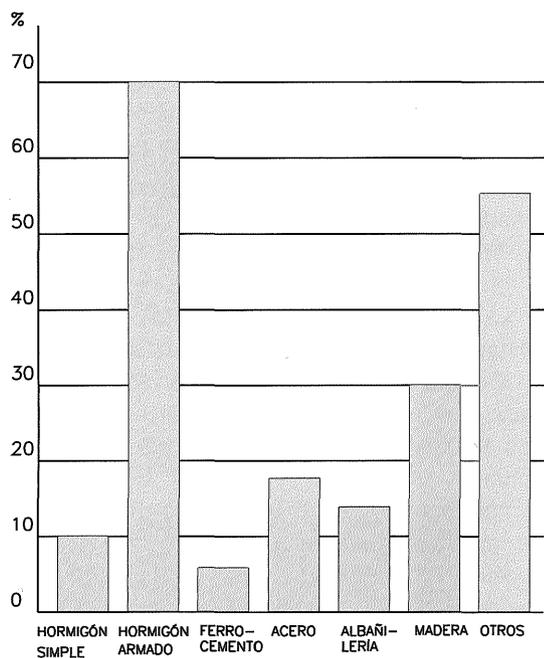


Figura 2.37. Distribución porcentual de los materiales básicos utilizados en los sistemas latinoamericanos encuestados.

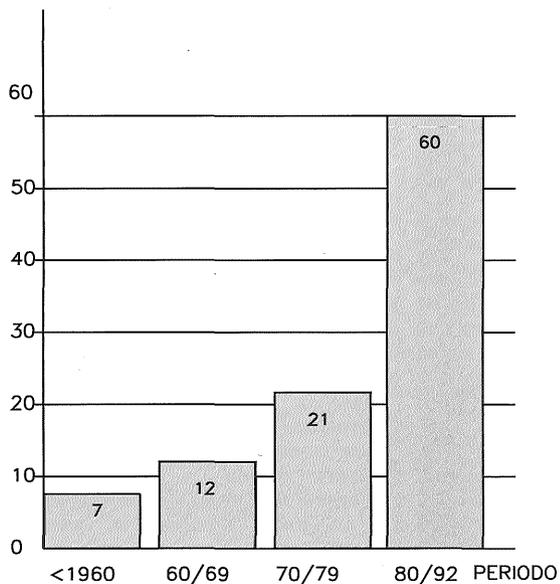


Figura 2.38.- Distribución de la antigüedad de las técnicas utilizadas en los sistemas latinoamericanos encuestados. (Tomados de 8).

de empresas y son susceptibles de ser empleados fuera o dentro de un sistema en cualquier tipo de uso atendiendo únicamente los condicionantes de su propia función.

Una vez aceptadas estas acotaciones, es fácil llegar a la receta:

$$\Sigma (\text{Componentes específicos} + \text{Componentes autónomos}) = \\ = \text{Sistema constructivo industrializado.}$$

Enunciaremos cuatro procesos o niveles de construcción a base de componentes industrializados:

- **Sistemas cerrados:** los elementos se fabrican de acuerdo con especificaciones internas del propio sistema. Responden únicamente a reglas de compatibilidad interna y el proyecto se subordina al sistema y sus condicionantes.
- **Empleo parcial de componentes:** la gama de productos y prestaciones es más o menos fija admitiéndose cierta variedad dimensional. Su empleo no requiere un grado de industrialización determinado de sus realizaciones.
- **Sistemas tipo mecano:** son resultado de la evolución hacia la apertura de los sistemas cerrados, preparados para combinarse en múltiples soluciones atendidas por distintos productores que respetan un lenguaje combinatorio claramente definido y acotado.
- **Sistemas abiertos:** constituidos por elementos o componentes de distinta procedencia aptos para ser colocados en distintas obras, industrializadas o no, y contextos diversos. Suelen valerse de juntas pretenciosamente *universales*; gamas modulares acotadas; flexibilidad de proyecto prácticamente total, etc. Principios más teóricos que reales ya que en la práctica son difíciles de establecer con carácter general y suponen fuertes condicionantes al diseñar con el sistema.

II.6. EL ESTADO DEL ARTE DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA VIVIENDA EN LATINOAMÉRICA³

Los datos cuantitativos que siguen responden al análisis de 123 reseñas de técnicas cumplimentadas por empresas e instituciones responsables de sistemas o subsistemas constructivos. La procedencia de las mismas es la que se indica a pie de página⁴. El número de técnicas contabilizadas destinadas específicamente a vivienda es de 113. De ellas, 89 permiten construir programas de viviendas unifamiliares y 69 edificios multifamiliares en altura; *departamentos* suele ser la denominación empleada en estos casos (8).

La muestra se estima suficientemente representativa ya que cubre 123 técnicas constructivas industrializadas, de mayor o menor grado, procedentes de 11 países. La información sobre las superficies construidas con las técnicas catalogadas permite estimar que con ellas se han construido del orden de 40 millones de m² equivalentes a unas 800.000 viviendas. Sin duda un porcentaje relevante

de la construcción de viviendas en América Latina, si se tiene presente que corresponde solamente al sector industrializado.

Del total de las 123 técnicas catalogadas, 62 (el 50,4%) abarcan todos o la mayor parte de los capítulos de obra del edificio; 40 técnicas (el 32,5%) cubren varios componentes funcionales, por ejemplo entresijos y cubiertas o cerramientos exteriores e interiores; y 21 (el 17,1%), sólo producen una tipología de componentes, tales como los paneles livianos para cerramientos interiores o viguetas y bovedillas para entresijos.

II.6.1. Tipologías de sistemas constructivos

Resulta reseñable que casi la totalidad de las tecnologías (el 94%) incorporan en todo o en parte la prefabricación. El moldeo racionalizado en obra del hormigón es bastante menos frecuente (el 29%) y menos aún otros sistemas no tradicionales. Estos últimos son, en general, técnicas industrializadas no tradicionales, como morteros proyectados sobre mallas metálicas o vegetales, cerramientos livianos de varias capas, etc. La construcción tradicional ocupa, en cambio, un lugar importante, participando en casi un 60% de las técnicas catalogadas.

II.6.2. Principales materiales empleados

Al analizar los principales materiales utilizados por las distintas soluciones industrializadas -en ocasiones se señala más de un material- los resultados son mayoritarios para el hormigón (un 72% de los casos señala el hormigón armado y un 11% el hormigón); la madera (un 30%); el acero (un 19%); albañilería (un 14%); el ferrocemento o argamasa armada se señala en un 6% de los casos y otros materiales (entre los que se incluyen fibrocementos, plásticos, aceros especiales, etc.) suponen un 54%. (Figura 2.37).

II.6.3. Antigüedad de las técnicas utilizadas

Siguiendo con el mencionado análisis de Kruk, en lo referente a la antigüedad, o mejor dicho el tiempo

3 El análisis que sigue está elaborado o reproduce parcialmente sobre la documentación recogida por el Proyecto CYTED XIV.2, al realizar uno de sus objetivos, el "CATÁLOGO IBEROAMERICANO DE TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS INDUSTRIALIZADAS PARA LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL" y de forma concreta sigue muy de cerca la información complementaria elaborada por el coordinador de dicho trabajo el arquitecto uruguayo Walter Kruk.

4 La procedencia de las respuestas analizadas es la siguiente: Argentina (4), Brasil (21), Colombia (1), Costa Rica (12), Cuba (19), Chile (23), España (1), Perú (4), República Dominicana (3), Uruguay (17), Venezuela (19). Si las consideramos por regiones, encontramos que 65 corresponden al Cono Sur (Argentina, Brasil, Chile y Uruguay), 54 al Caribe (Colombia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana y Venezuela) y 5 a otros (España y Perú).



en uso de las técnicas encuestadas, ya que no resulta factible conocer con precisión cuándo se desarrollaron como tales tecnologías, los resultados son los siguientes: 60 casos son posteriores a 1980; 21 durante la década de los setenta; 12 durante los sesenta y 7 eran anteriores a 1960. (Figura 2.38). Resulta moderadamente esperanzador el que 60 casos sean técnicas relativamente recientes. Coincidimos con Kruk en que dada la fuerte interrelación con el contexto cultural, podría considerarse que este florecimiento está influido por la mejora de la formación técnica de profesionales y empresarios, por su creciente compromiso con la problemática habitacional y por la maduración y perfeccionamiento de las propuestas técnicas.

II.6.4. Inversión realizada

Se eligieron tres parámetros para medir la utilización más o menos intensiva del capital: el tipo de plantas de prefabricación empleadas, el tipo de equipos utilizados en el montaje y el peso máximo de los elementos. Los equipos pesados implican por lo general un fuerte uso de capital y la búsqueda de una reducción de costos variables y de mano de obra. (Ver resultados recogidos en la Tabla 2.3). Resultan dignos de comentario los valores que arrojan la proporción de plantas fijas -el 61% de los casos-, así como la importancia del montaje manual -el 52% de los procedimientos constructivos-, lo cual confirma una loable adecuación de las tecnologías em-



pleadas a las circunstancias del medio y en particular a las tipologías dominantes de viviendas de una planta. En lo relativo al tipo de mano de obra utilizado en planta, sobresale la alta proporción de casos de especialización en planta lo cual es lógico si se tiene en cuenta lo reducido del sector *construcción industrializada*: *prefabricación*. (Figuras 2.39 y 2.40).

II.6.5. Perfil de la empresa latinoamericana de industrialización de viviendas

No es fácil delimitar los contornos del retrato robot de la empresa-tipo latinoamericana representativa de la muestra estudiada. No obstante, con las reservas del caso, se apuntarán los siguientes rasgos deducidos de los valores medios:

- El usuario de las técnicas industrializadas es una **empresa constructora** privada que trata de abarcar diversos tipos de demandas aparte de la de viviendas (escuelas, locales públicos, servicios, etc.) y de abarcar todo el proceso (proyecto, producción, transporte, montaje, acabados, promoción) bajo el control de la empresa.
- La técnica ha sido incorporada hace menos de 10 años para la construcción específica de viviendas, habiendo entrado en la actividad impulsado por **una primera realización de importante volumen**.
- Utiliza fundamentalmente la **prefabricación en hormigón armado para estructura y cerramientos** en combinación con soluciones tradicionales para la cimentación y la cubierta.
- Incorpora materiales o instalaciones no convencionales, combinando la **prefabricación con el moldeo racionalizado *in situ*** de losas u otros componentes de la vivienda o del edificio.
- Posee una **planta fija** de producción en la que ha realizado una inversión relativamente modesta y realiza el montaje manualmente o con medios auxiliares y de elevación livianos.
- Utiliza **procesos intensivos en mano de obra** no especializada pero siempre en el contexto de la economía formal.

Figura 2.39 y 2.40.- Dos aspectos de viviendas-tipo industrializadas a base de distintos sistemas constructivos representativos de lo que suelen ser las VBC industrializadas en América Latina. Parque de exposición y difusión de Minuto de Dios en las afueras de Bogotá, Colombia. (Fotos J. Salas).

II.6.6. Algunas deducciones de cara al futuro

El material analizado respecto al presente de la infraestructura existente de la construcción industrializada en Latinoamérica permite, no sin riesgo, el apuntar algunos rasgos de futuro:

- La innovación tecnológica se manifiesta sólo moderadamente al alza en Latinoamérica, como lo demuestra el alto número de empresas (el 60%) con tecnología relativamente recientes, posteriores a 1980.
- La falta de estabilidad del mercado y de las políticas de vivienda lleva a la necesidad de buscar períodos cortos de amortización y bajas inversiones en plantas y equipos de montaje.
- El desarrollo de las posibilidades de materiales vernáculos, el diseño de nuevos materiales o la incorporación de variedades de los tradicionales, constituyen otra estrategia importante.
- La documentación recogida permite comprobar una naciente transferencia regional, transferencia horizontal Sur-Sur, con adaptaciones a las variadas condiciones locales o de empleo.

II.7. EL MANIFIESTO CYTED: EN DEFENSA DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA VIVIENDA LATINOAMERICANA

Por tratarse de las conclusiones del trabajo colectivo de un grupo de expertos profesionales, pertenecientes a varios países de América Latina, y considerando que la vigencia de su contenido impregnará las principales aportaciones de este libro, nos parece de interés reproducir textualmente en la página siguiente, el llamado Manifiesto CYTED o "Declaración Latinoamericana sobre la Industrialización de la Vivienda de Interés Social" en cuya elaboración participamos en 1992:

Tabla 2.3

ALGUNOS RESULTADOS CUANTITATIVOS SOBRE LAS TIPOLOGÍAS DE "INDUSTRIALIZACIÓN" UTILIZADAS EN LATINOAMÉRICA

	Número de Casos	Proporción (%)
1.- Tipo de plantas de producción		
Fija	95	61
Móvil	35	22
A pie de obra	26	17
2.- Tipo de montaje		
Con grúa	39	28
Con equipo liviano	28	20
Manual	72	52
3.- Peso máximo de elementos		
Mayor de 1.000 kgs.	28	42
Entre 180 y 1.000 kg.	16	24
Menor de 180 kg.	22	33
4.- Tipo de mano de obra requerida(*)		
Especializada en planta	95	59
No requiere mano de obra especializada en planta	65	41
Especializada en obra	29	28
No requiere mano de obra especializada en obra	75	32

(*) Especializada: Cuando requiere más de 6 meses de práctica en ese oficio o tarea.

Fuente: Elaborada sobre los datos de la encuesta CYTED coordinada por W. Kruk.

Bibliografía

- (1) Julián Salas: *Tres realizaciones prefabricadas en Dinamarca, a una década de su ejecución*, Informes de la Construcción, nº 337. IETCC, Madrid, 1981.
- (2) Lucien Kroll: *Composants: Faut-il industrialiser l'architecture?*. Edit. Secorema, Bruselas, Bélgica, 1987.
- (3) Peter Kellet, *La experiencia inglesa con tecnologías industrializadas para viviendas sociales*, Actas de la Asamblea CYTED sobre Construcción Industrializada, I.P.T. de Sao Paulo, Brasil, 1992.
- (4) *La Grande Borne a Grigny*, Edit. Hachette, París, 1972. Emile Aillaud: "Une ville: Essai de reponse".
- (5) J. Curman & Associates: *A prefabricated low-rise housing estate*, West Orminge, Boo Municipality, 1969, Estocolmo, Suecia.
- (6) Julián Salas: *Alojamiento y Tecnología: ¿Industrialización Abierta?* Edit CSIC - Instituto E. Torroja, Madrid 1982. 169 páginas.
- (7) Julián Salas: *Construcción Industrializada: Prefabricación*, Edit. Universidad Nacional a Distancia - Esc. Edificación, 312 páginas. Madrid, 1987.
- (8) Walter Kruk, Proyecto CYTED XIV.2: *Catálogo Iberoamericano de Técnicas Constructivas Industrializadas para Vivienda de Interés Social*. CYTED - Uruguay, Montevideo, 1993.

MANIFIESTO CYTED

EN DEFENSA DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA VIVIENDA LATINOAMERICANA

PRIMERO:

Entendemos que ante la gravedad de la carencia de vivienda de las familias de menores ingresos en Latinoamérica, no es posible ignorar el contexto cotidiano de nuestro trabajo, ni permanecer insensibles ante el futuro inmediato del hábitat latinoamericano que nos apremia permanentemente.

SEGUNDO:

Reivindicamos la conveniencia de apoyar y fomentar los procesos y técnicas industrializadas como soluciones acordes para enfrentar los grandes volúmenes de obra por construir.

TERCERO:

Reafirmamos el convencimiento de que no hay industrialización más factible que la que se cimienta y construye sobre las bases de la realidad existente en el sector.

CUARTO:

Los procesos de industrialización idóneos, han de gestarse a partir de nuestras capacidades y materializarse con los medios de que disponemos en nuestros países. Estamos convencidos de que el sensato equilibrio entre concepciones innovadoras y procesos industrializados generará respuestas actuales y factibles.

QUINTO:

Resulta urgente apoyar y fomentar dentro del ámbito latinoamericano: la creación y desarrollo de tecnologías propias y apropiables; los procesos de asimilación y adaptación al medio de tecnologías foráneas, así como los esfuerzos encaminados a convertir las llamadas tecnologías apropiadas en tecnologías que sean competitivas en condiciones de mercado.

SEXTO:

Pese a que América Latina cuenta con profesionales, empresas, técnicas y realizaciones destacables, puede afirmarse que de forma global aún está por desarrollarse la industrialización de la vivienda. Estamos convencidos de que las futuras soluciones, en modo alguno podrán ser ajenas a la realidad del contexto social latinoamericano. Las distintas opciones tecnológicas requieren aprender del sector informal y dar respuestas válidas y coherentes.

SÉPTIMO:

Llamamos a realizar una reflexión propia sobre la industrialización de la vivienda para los pobres de Latinoamérica, que aporte soluciones impactantes y no paliativas.

*Los abajo firmantes, estamos convencidos de que los problemas del Sur
-y la vivienda es uno de los graves-
o se enfrentan desde el Sur o se perpetuarán ante la falta de soluciones propias.*

PROGRAMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO - CYTED:

Proyecto de industrialización de la vivienda de muy bajo coste.

Sao Paulo, Brasil, 1992

INDUSTRIALIZACION: CONCEPTOS Y HERRAMIENTAS

III.1. TECNOLOGÍA: EL CONCEPTO Y SU PRÁCTICA

No nos parece este el lugar adecuado para un acercamiento en profundidad a lo que es o se entiende por tecnología, pero sí nos parece necesario matizar un concepto tan importante que de algún modo estará presente a lo largo de todo el texto. Optamos por abordar de una manera muy concisa y esquemática, en forma de tablas-resumen, seis aspectos concretos del tema: el producto tecnológico, el mercado, la distribución, la promoción, el precio y la negociación de la tecnología. (Tablas 3.1 a 3.6).

El conjunto de las seis matizaciones, alejadas de lo que más adelante de forma aplicada llamaremos tecnología de la construcción, puede suponer una buena base en la que cimentar el concepto de tecnología.

III.2. PRECISIONES SOBRE TECNOLOGÍA HABITACIONAL

Entendemos la tecnología en el campo habitacional no sólo como la define el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española "...conjunto de conocimientos propios de un oficio mecánico o arte industrial". Tampoco como un conjunto de máquinas, herramientas o equipos materiales -lo que llamaríamos hoy *hardware*, pese a las connotaciones de prestigio, modernidad y progreso que se le asigna a esta percepción en el sector de producción de viviendas. Pensando en Latinoamérica, valoramos muy positivamente los aspectos de organización, planificación, racionalización de procesos, programación... aspectos más *blandos* de una tecnología que en su conjunto se acercan a lo que puede entenderse como *software*, pero para el que preferimos acuñar para nuestro contexto un barbarismo inventado: *ordware* como plasmación práctica del orden. Como síntesis de lo anterior, y sin llegar a formularlo como defini-

ción, abordaremos la tecnología habitacional como diversas combinaciones de procesos, equipos y conocimientos.

Aceptamos, sin entusiasmo, el concepto de *transferencia tecnológica*. Estaríamos más conformes con denominarlo pura y llanamente importación-exportación o compra-venta de tecnología. En cualquier caso, ese mercado de tecnologías nace de la desigualdad existente entre los que la poseen y los que no la tienen. A nivel macro, la transferencia surge de la desigualdad entre países desarrollados y subdesarrollados.

Proponemos diferenciar entre *transferencia vertical*, cuando el trasvase se hace desde el campo de la teoría al de la práctica y *transferencia horizontal*, cuando ocurre de un sector a otro, entre diferentes países, o incluso entre empresas. Suele tener un sentido unidireccional: del poderoso al débil.

Aceptamos como válido, en los sectores que afectan a la ciudad (planeamiento urbano, vivienda, transportes, servicios...) el concepto de *código genético de las tecnologías*, en el sentido en el que lo acuñó K. Reddy (1) al afirmar "que toda opción tecnológica parece disponer de un código genético, de tal forma que cuando en condiciones favorables consigue implantarse en un nuevo medio, tiende a reproducir las condiciones socioculturales en las que se gestó".

Rechazamos por equívoca y conceptualmente nociva la denominación de *tecnología apropiada*. No conocemos tecnología alguna que genéricamente sea merecedora de tal calificativo. Apriorísticamente, no debe darse tal denominación si antes no se ha contrastado con resultados favorables su adecuación a un determinado contexto y circunstancias. En el sector vivienda en Latinoamérica, hemos abusado del empleo de esta denominación. La concurrencia de algunas características *emblemáticas* (como el empleo intensivo de materiales autóctonos; utilización de mano de obra semi-voluntaria o sub-remunerada; participación activa de futuros usuarios...) incluso marginando otro tipo de criterios, en nuestra opi-

Tabla 3.1

EL PRODUCTO

Conjunto de conocimientos susceptibles de ser transferidos a otros (en forma de patente; "know-how" organizativo, de producción o comercial; el diseño, los cálculos o los planos de un producto; la asistencia técnica para el desarrollo de una patente; la formación y entrenamiento del personal; etc.)

EL CEDENTE:

- habrá de explicitar y documentar los productos tecnológicos que desea transferir;
- la familiaridad con una tecnología, en ocasiones, dificulta su definición;
- deberá contemplar la necesidad de realizar operaciones de adecuación / adaptación a nuevas condiciones de utilización;
- no debe descuidar la protección de sus derechos ante terceros.

EL RECEPTOR:

- **habrá de concretar cuales son sus necesidades de apoyo externo y en que productos tecnológicos pueden concretarse:**
 - a.- la tecnología propia del fabricante del producto;
 - b.- la del fabricante de las máquinas y equipos necesarios;
 - c.- la ingeniería y/o organización de la planta de producción.
 - d.- otras.

Tabla 3.2

EL MERCADO**MERCADO IMPERFECTO:**

- no es un mercado de oferta continua sino puntual;
- la cantidad de tecnología que se ofrece no depende del precio;
- no se cede a cualquier posible receptor que pueda pagarla;
- fuerte desequilibrio entre oferta (escasa) y demanda (alta)

MERCADO POCO TRANSPARENTE:

- **cuando se necesita de conocimientos concretos, no es fácil detectar la oferta potencial y menos aún la adecuada;**
- **la oferta, cuando se explicita, lo hace para un número muy limitado de usos;**
- **el precio no se fija por las reglas del mercado, sino generalmente caso a caso;**
- **el precio no es un dato de partida sino una variable cambiante durante la negociación.**

Tabla 3.3

LA DISTRIBUCIÓN

- POR TRATARSE DE UN "PRODUCTO INTANGIBLE", EN UN MERCADO COMO EL DESCRITO, LOS CANALES DE DISTRIBUCIÓN SUELEN SER ESCASOS EN NÚMERO Y POCO SOFISTICADOS.

ALGUNOS CANALES DE DISTRIBUCIÓN:

- a.- **Intermediarios tecnológicos (agentes o "brookers"):** canales de distribución y/o búsqueda para la compra / venta de tecnología;
- b.- **Bancos de datos (recopilaciones, portafolios de tecnologías: sectoriales; regionales; de una empresa; ... gratuitos o no);**
- c.- **Catálogos de tecnologías (variaciones impresas de los bancos tecnológicos);**
- d.- **Entidades promotoras con/sin fines de lucro.**

Tabla 3.4

LA PROMOCIÓN

Las empresas y/o instituciones potenciales demandantes de tecnologías suelen tener “antenas de captación” para detectar tecnología libre (gratuita): catálogos; publicaciones; revistas especializadas; seminarios; ferias de muestras; contactos con científicos o tecnólogos; contactos con proveedores o competidores;...

- TRADICIONALMENTE:
Mediante los servicios de los bancos de negocios; registros de patentes; organismos públicos o privados; oficinas comerciales de embajadas u oficinas nacionales de promoción...
- MÁS RECIENTEMENTE:
Jornadas de transferencia de tecnologías; “business centres”; rondas de negocios; “show-rooms”;...

Tabla 3.5

EL PRECIO

(Sin duda uno de los componentes más difíciles de acotar; suele fijarse como resultado de cada operación)

PARA EL RECEPTOR:

- La tecnología debería tener un bajo precio ya que (a diferencia de cualquier bien físico) se vende sin perder su posesión;
- los costos directamente imputables por planos, manuales, sesiones de entrenamiento de personal, prototipos, plantas piloto,...
- para otros, el valor de la tecnología debería ser aquel que para un volumen de negocio posible -en base a ella- asegure un margen de contribución que permita alcanzar la rentabilidad objetivo.

PARA EL CEDENTE:

- oportunidad para resarcirse de una parte de los gastos de I+DI invertidos;
- el coste que le supondría generar la tecnología al receptor;
- un valor función de la evaluación del mercado y de los probables beneficios del receptor;
- un canon o regalía equivalente a lo que significa para el cedente los gastos de I+DI en relación con su cifra de negocios;
- la valoración más alta que pueda conseguir.

Tabla 3.6

LA NEGOCIACIÓN

- la negociación de una compra / venta de tecnología (un intangible) presenta las dificultades propias de la negociación de cualquier servicio (consultoría, seguros, programas de software, formación, ...);
- en las operaciones de transferencia se adquiere una “promesa”: la de poder alcanzar con ella unos determinados objetivos;
- la confianza cedente-receptor lleva en ocasiones a la inversión conjunta: “si tan buena es, si tan seguro está... hagámoslo juntos”;
- la información correcta y suficiente por el cedente al receptor, es el camino para generar confianza e iniciar otra etapa de la negociación, la firma de una carta de intenciones,...
- entre las cláusulas que suele recoger el contrato aparecen las de: exclusividad, valoración, moneda de pago, área de actuación, duración, posibilidad de exportación, mejoras, impuestos, idioma, arbitraje, causas de fuerza mayor, ...

nión, de gran peso específico (relación costo/calidad; durabilidad de lo ejecutado; niveles de desperdicio de recursos; facilidad para la apropiabilidad y reproductibilidad; posibilidad de utilización en escalas y volúmenes diversas, etc...) ha sido, en no pocos casos, suficiente razón como para adjudicar la categoría de tecnología *apropiada*.

No hay razones objetivas para el optimismo, pero sí es de justicia señalar que en el terreno de los conceptos hay avances importantes. Merece la pena apuntar que desde 1976, año en que se celebró Hábitat I en Vancouver (Canadá), hasta la fecha, algunos postulados vanguardistas de entonces son hoy planteamientos obvios, asumidos por casi todos y que constituyen postulados incorporados al discurso oficial de muchos gobiernos latinoamericanos. Conceptos básicos sobre aspectos tecnológicos también han calado entre los responsables de los temas de vivienda y planeamiento urbano. A modo de ejemplos, recogemos en la Tabla 3.7. cuatro muy concretos, que nos llamaron la atención hace más de dos décadas en Hábitat I.

Hemos manifestado nuestro frontal rechazo a la utilización no matizada de la denominación tecnología apropiada. No obstante, hemos de reconocer que así es reconocida y aceptada en toda Latinoamérica, y es por ello que, resignados, recogemos en las Tablas 3.8 y 3.9 algunas matizaciones sobre las características de una tecnología apropiada y señas de identidad de estas tecnologías.

En base a su dilatada experiencia desarrollada en el CEVE de Córdoba, los arquitectos Graciela B. de Buthet, Aurelio Ferrero y Dante Pipa (2), matizan que la expresión *tecnología apropiada* no encierra en sí

Tabla 3.8

CARACTERÍSTICAS DE UNA TECNOLOGÍA APROPIADA (*)

- No debe generar dependencia de sí misma (es un medio, no es un fin).
- Debe ser respetuosa de la cultura donde se inserta, integrarse armoniosamente y desarrollarse a partir de los recursos de aquella y del propio medio. Servir como una herramienta para la creatividad.
- Debe permitir adaptaciones locales; ser de fácil aprendizaje, favoreciendo su apropiabilidad.
- Debe ser intensiva en mano de obra, es decir, generadora de empleo con alta productividad.
- Debe emplear materiales regionales y herramientas de fácil obtención, fabricación o transformación regional.
- Debe guardar una relación adecuada entre sus componentes básicos, para servir a los objetivos para los cuales se la formula.
- Debe favorecer el desarrollo de las economías regionales.
- No debe prescindir de las tecnologías locales, sino interpretarlas, incorporarlas, racionalizarlas, enriquecerlas, NO SUSTITUIRLAS por tecnologías exogeneradas.
- No debe transformarse en una receta universal de utilización indiscriminada, ignorando las diferentes realidades de cada situación.

(*) Graciela B. de Buthet, Aurelio Ferrero, Dante Pipa, CEVE, Córdoba (Argentina) (2)

Tabla 3.7

CUATRO IDEAS-FUERZA SOBRE ASPECTOS TECNOLÓGICOS, TOMADOS POR EL AUTOR EN HÁBITAT I Vancouver (Canadá), 1976.

- La simple adopción de técnicas occidentales (materiales y/o procesos) no favorece -en general- la solución de la vivienda de las capas más deprimidas.
- Es imperativo diseñar o adecuar tecnologías adaptadas a las condiciones económicas, sociales, culturales, medioambientales, etc. de cada comunidad.
- Es prioritario frenar la salida de divisas causada por la importación de materias primas, materiales semielaborados, componentes y sistemas constructivos, para fortalecer la producción autóctona del hábitat.
- Las normas y reglamentos, basados directamente en modelos del mundo desarrollado, hacen la vivienda inaccesible a las capas populares.

misma valores absolutos sino que califica a la tecnología en función de los fines u objetivos para los que es usada, siendo de mayor o menor efectividad en relación a ellos y llaman *apropiada* y *apropiable* a la tecnología buscada. Apropriada como condición para poder satisfacer una necesidad determinada, concreta, definida, en el momento adecuado, con objetivos precisos, en armonía con las demás necesidades y en dirección a un desarrollo integral.

Las dos características anteriores llevan implícita la adecuación al momento histórico, que va cambiando y haciendo que lo que es útil hoy puede no serlo mañana. En este sentido, muchos de los desajustes en la transferencia de tecnología están ligados a la falta de identificación con un momento determinado, por lo que este tema debe estar muy presente en la etapa de diagnóstico. Proponen los arquitectos cordobeses que hay etapas del desarrollo de una sociedad en las que prima *valorizar* lo propio; otras, en las que está preparada para *incorporar* paulatinamente nuevos conocimientos; otras de *consolidación* de la capacidad de hacer; otras en donde hay más autodeterminación para *arriesgar* combinaciones con libertad, etc.

Tabla 3.9

RECOPIACIÓN DE IDEAS Y CRITERIOS SOBRE TECNOLOGÍA APROPIADA

Tecnología Apropriada:

Tecnología sencilla

(basada en una masa de conocimientos populares)

Tecnología intermedia

(con un nivel medio entre lo tradicional y lo avanzado)

Tecnología de poco costo

(relación: inversión/salario anual, del orden de 1/1 y 3/1)

Tecnología blanda

(no destruye, procura un equilibrio con el medio)

Tecnología asimilable

(transforma lo adquirido, lo adapta, incluso lo supera)

Tecnología de escala adecuada

(entre la pequeña y la gran escala)

III.3. INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN: CONCEPTOS Y ALTERNATIVAS

El concepto de industrialización de la construcción tiene diversas acepciones. Una definición aceptable puede ser "la utilización de tecnologías que sustituyen la habilidad del artesano por el uso de la máquina" (Blachère, 1977). Ciertamente, es posible extender el concepto no sólo al uso de máquinas o herramientas, sino también a las *tecnologías blandas*: formas de racionalización del conjunto de procesos y de la organización de las obras, que acerquen la gestión de la construcción a las prácticas propias de la producción industrial. Adaptando la definición mencionada a la producción de insumos, con una referencia menos literal al reemplazo de mano de obra por maquinaria, podemos hablar de un proceso de incorporación de insumos o componentes con un creciente valor agregado en fábrica, en función de obtener resultados homogéneos y predecibles en cuanto a calidad, costos y plazos de construcción. Frecuentemente se ha asimilado el concepto de industrialización con los procesos de prefabricación cerrada que tuvieron auge en las décadas pasadas en varios países de la región (Cuba, México, Argentina, Chile y Venezuela, entre otros). Estas experiencias intentaron reemplazar la construcción tradicional con diversas alternativas tecnológicas -ligeras y/o pesadas-, orientadas hacia la producción de unidades habitacionales en instalaciones industriales, para su posterior montaje en obra. Esta práctica se ha reducido significativamente en los últimos años y, con la excepción de Cuba -que por diversas causas ha paralizado el uso de estas tecnologías- no llegó a traducirse en un elevado número de soluciones.

Más allá de la crisis que experimentó la construcción en la década de 1980, y que afectó particularmente a estas industrias que difícilmente podían adaptarse a una reducción significativa de la demanda, este tipo de experiencias evidenció algunas limitaciones propias. Por una parte, se tradujo en soluciones habitacionales rígidas y homogéneas, de baja flexibilidad para los distintos contextos geográficos y humanos, sin que necesariamente se lograra mejor calidad que en la construcción tradicional. Por otra parte, se tendió a expresar como una alternativa de reemplazo de la empresa constructora tradicional, como una invasión de la industria en el campo de aquella, lo que dificultó la introducción generalizada de estas tecnologías.(3)

Los avances tecnológicos, en particular la incorporación de la computación en el diseño y producción de elementos de construcción, tenderán a eliminar algunas de las limitaciones de la práctica tradicional de la prefabricación, orientándola hacia una modalidad abierta merced a la utilización de componentes compatibles de distinto origen. Los distintos grados y tipos de prefabricación constituyen una expresión específica de la industrialización de la construcción, la cual, en términos más generales, evoluciona hacia el reemplazo de ciertas faenas tradicionalmente realizadas en obra (creciente utilización del hormigón premezclado y de las armaduras semiarmadas, por ejemplo) y al empleo de insumos más elabora-

dos (vigas y losetas, morteros predosificados), lo que permite combinar las ventajas propias de la producción industrial (especialización de la mano de obra, optimización de las condiciones de trabajo, control de las condiciones de producción, homogeneidad de los productos) con la flexibilidad de su aplicación a distintos tipos de construcciones.

Del trabajo de CEPAL: *La producción de la vivienda en América Latina y el Caribe* (4) hacemos nuestra la siguiente síntesis de carácter globalizador que perfila un marco de desarrollo válido:

- I) Las perspectivas que ofrece la superación de los desequilibrios macroeconómicos y la necesidad de los países de enfrentar los retrasos existentes en el campo de la construcción.
- II) Las tendencias de modernización de la gestión pública y de diversificación de sus políticas.
- III) La creciente demanda de calidad y la exigencia de desarrollar un marco regulatorio que privilegie un adecuado rendimiento de los productos utilizados en la construcción.
- IV) Las nuevas tendencias que exhiben los procesos de industrialización del sector, son factores que, en lo esencial, configuran un positivo contexto para el desarrollo industrial de la producción de materiales para la construcción habitacional.

III.3.1. Industrialización: alternativas

El desarrollo tecnológico no se refleja fielmente en el proceso de producción de alojamientos en el primer mundo, donde se puede apreciar un fuerte desfase en su evolución respecto al sector industrial convencional. Si estableciésemos un paralelismo entre los medios y procedimientos técnicos utilizados en uno u otro, observaríamos que los conceptos de tolerancia e intercambiabilidad aplicados en las primeras décadas del siglo pasado, en el sector industrial, no se aplican en la construcción de alojamientos hasta la aparición de los primeros desarrollos de W. Gropius y Wachsmann, en 1930, (Figura 3.1) heredando las experiencias racionalizadoras de las técnicas experimentadas con anterioridad en la época de las grandes construcciones metálicas y de otras experiencias aisladas como la de Brodie en Liverpool en 1904 o Coignet en París en 1891 (Figura 3.2). El desfase tecnológico del sector construcción no implica, sin embargo, un retraso homogéneo en todo el proceso productivo sectorial.

Años atrás, en el inicio de la década de los ochenta, podía detectarse en algunos países (Venezuela, México, Argentina...), una presión exterior para vender patentes extranjeras, en parte obsoletas en los países de origen. La utilización masiva de estas tecnologías incapacitaría a técnicos y usuarios para elaborar sus propias alternativas y entrañaría importantes conflictos sociales al empujar los desarrollos urbanos en direcciones ya en crisis, desde los años sesenta, en los países industrializados.

América Latina necesita alternativas propias para el desarrollo industrial de la construcción de alojamientos, que eviten los inconvenientes mencionados derivables de la colonización tecnológica. Fase pre-

via sería la selección de criterios para direccionar el futuro, orientar la industria y las inversiones hacia un camino adecuado, con la estructura económica, social y cultural propia de cada país y momento específico. (5)

Se asocia frecuentemente industrialización con vivienda de emergencia y prefabricación, y ésta con una visión muchas veces deteriorada del gran panel prefabricado, con el que se ejecutaron la mayoría de las realizaciones masivas. Se asocia de igual modo prefabricación con cesantía laboral y provisionalidad de las construcciones. Es obvio que ello no es así, pero en cualquier caso estos criterios son resultado de una concepción simplista del fenómeno de la industrialización que es preciso matizar.

No entraremos en lo que significa de modo genérico industrializar, aun cuando todos podamos identificar las características bajo las que se presenta: mecanización, racionalización, aumento de productividad, necesidad de capital fijo, control, organización taylorista, etc.

En cualquier caso, la industrialización podemos considerarla como el resultado de una determinada aplicación de tecnologías, que se materializan bien en el propio proceso de producción *-tecnología de proceso-*, o en el producto, la vivienda como tal, *-tecnología de producto-*. Estos dos aspectos de la industrialización los representa Turner en su libro *Tecnología y Autonomía* según el esquema reproducido en la Figura 3.3 en el que se aprecian en dos ejes perpendiculares la posible evolución desde una construcción convencional hasta una progresiva sofisticación de producto y/o proceso y que nosotros hemos ilustrado con imágenes de casos concretos.

De este sencillo esquema se deducen planteamientos muy diversos de política tecnológica, según se pretenda aumentar la productividad, manteniendo un mismo grado de prestaciones y acabados; garantizar unas prestaciones muy elevadas sin modificar el ritmo de producción; o tratar de conseguir ambas cosas a la vez.

En la Figura 3.4 hemos pretendido plasmar con imágenes, ejemplos reales de muy diversos *procesos* y *productos* tecnológicos, los conceptos recogidos en la Figura 3.3.

El techo absoluto de la industrialización mediante componentes está lejos, incluso en los países muy desarrollados aun cuando poco a poco crece el número de componentes y elementos que aparecen todavía descoordinadamente en el mercado. Estos componentes abarcan desde los de mayor número de prestaciones y, por tanto, de mayor valor añadido -los bloques técnicos o de servicios-, hasta la gama cada vez más amplia de elementos para el *bricolage* y la autoconstrucción que en varios países de América Latina aparecen como *supermercados de la construcción*.

La Sociedad Británica de Arquitectos concibe la industrialización de la construcción como "una organización que aplica los mejores métodos y técnicas al proceso integral de la demanda, diseño, fabricación y construcción" y también como "un número de actividades coordinadas en los campos técnico, económico y comercial".

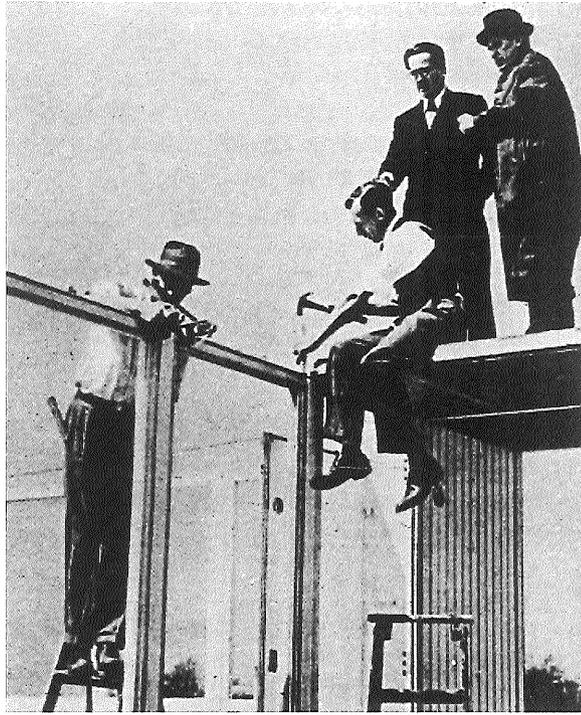


Figura 3.1.- Gropius y Wachsman dirigiendo en Long Island una de las primera realizaciones experimentales industrializadas con el sistema Packaged House.

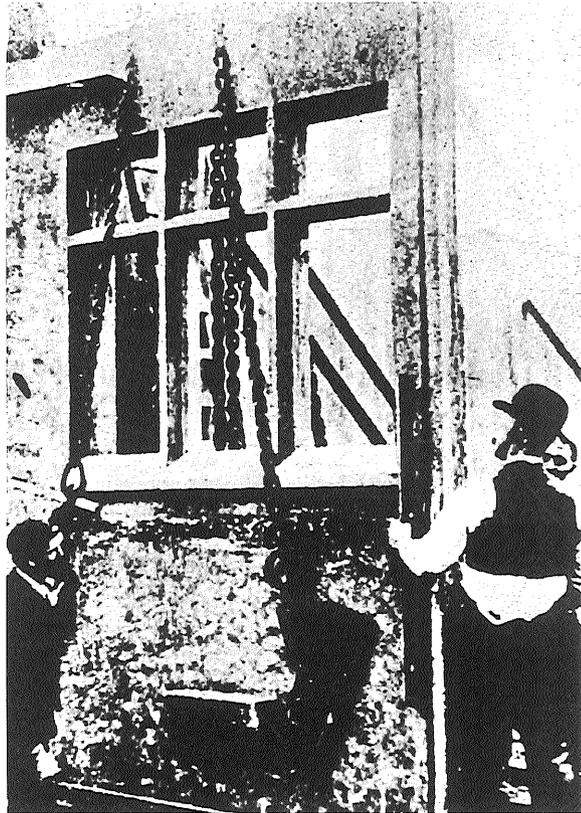


Figura 3.2.- Coignet, el ingeniero francés que daría nombre a uno de los sistemas de grandes paneles más utilizados, dirigiendo la colocación de un panel de fachada en París en 1891. Poco se ha avanzado en el siglo transcurrido.

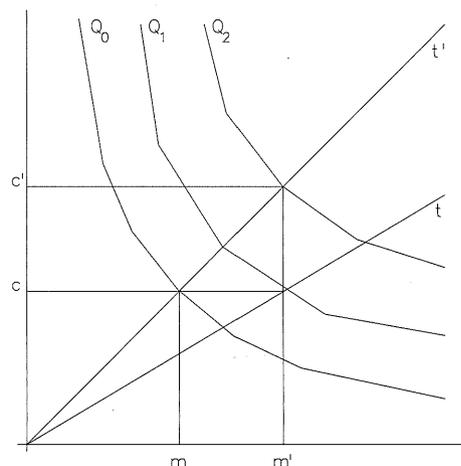


Figura 3.5.-

Figura 3.3.- Nueve posibles familias tecnológicas como resultado de las combinaciones entre tecnologías de productos y tecnologías de procesos.

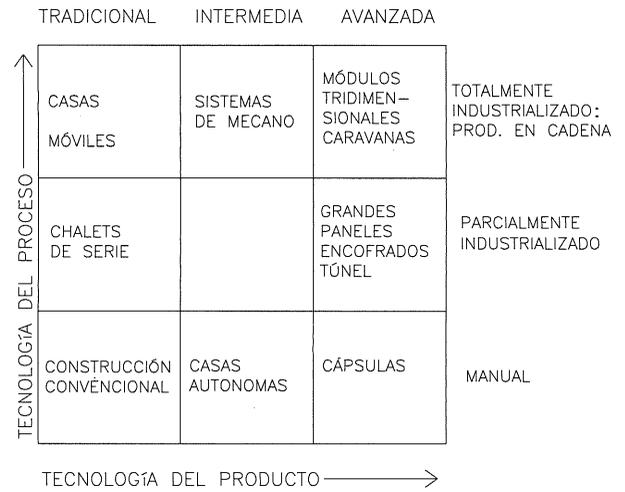


Figura 3.4.- Representación gráfica de la figura 3.3 mediante un montaje de nueve casos reales, representativos de diferentes grados de proceso/producto:

Figura 3.4.a.- Cadena de producción de elementos bidimensionales -procedimiento Caracola- para realizaciones de emergencia, campamentos, casetas de obra... proceso totalmente industrializado y producto tradicional. (Foto J.Salas).

Figura 3.4.d.- Vivienda unifamiliar tradicional de serie en cuya construcción se emplea un sistema encofrado de grandes paneles pesados de hormigón (Foto J.Salas).

Figura 3.4.g.- Vivienda unifamiliar sencilla: resultado tradicional mediante la utilización de un proceso manual-artesanal. (Foto J.Salas).

Figura 3.4.b.- Conjunto de viviendas realizadas por el arquitecto belga Lucien Kroll utilizando en su práctica totalidad elementos de origen industrial: proceso de industrialización intensiva y producto intermedio-avanzado que permite cambios en la posterior distribución de los espacios y reposición de los componentes. (Foto J.Salas).

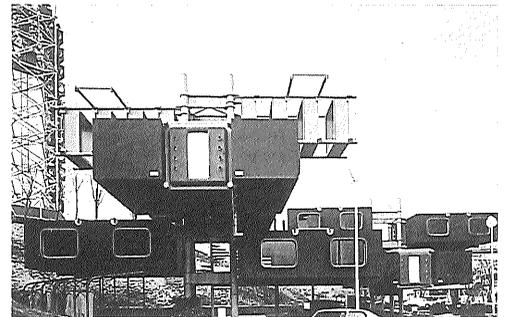
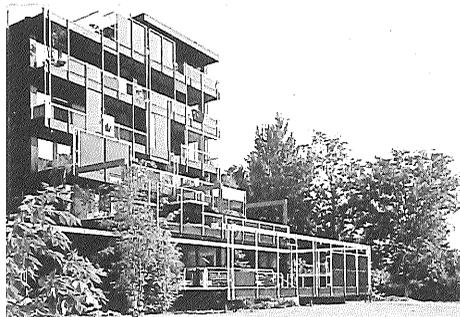
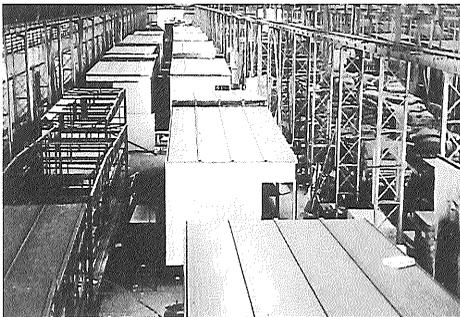
Figura 3.4.e.- Realización danesa de viviendas en bloques longitudinales de cuatro alturas con elementos industrializados del catálogo nacional utilizando productos y subsistemas de distintas procedencias. Típico caso de producto-proceso intermedio. (Foto J.Salas).

Figura 3.4.h.- Viviendas unifamiliares, duplex y triples adosadas, realizadas con elementos y subsistemas de mercado evolucionado. Producto intermedio ejecutado mediante proceso manual. (Foto J.Salas).

Figura 3.4.c.- Viviendas tipo cápsulas de la empresa japonesa Misawa Homes, en las que se emplean materiales no tradicionales y una estructura ligera de acogida para apilado de los elementos: proceso totalmente industrial y producto avanzado. (Foto J.Salas).

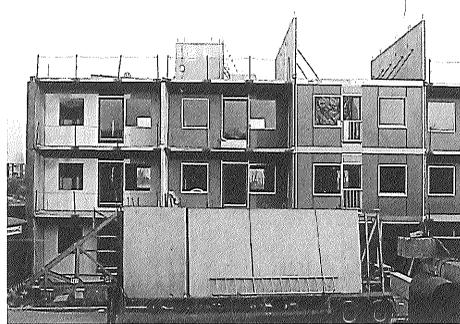
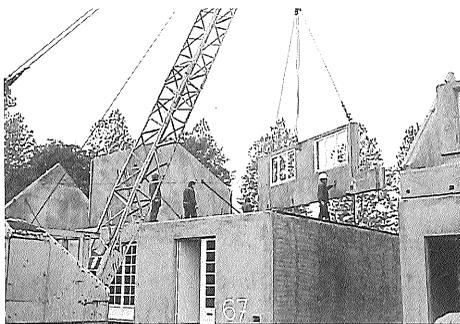
Figura 3.4.f.- Realización de viviendas prefabricadas con sistemas pesados de grandes paneles de hormigón: proceso parcialmente industrializado y producto intermedio-avanzado (Foto J.Salas).

Figura 3.4.i.- Típico proyecto-prototipo de carácter experimental -no industrializable- de viviendas cápsulas con materiales tradicionales y ejecución netamente artesanal, que puede proporcionar un producto "avanzado".



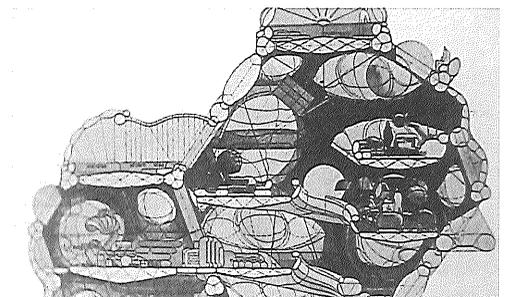
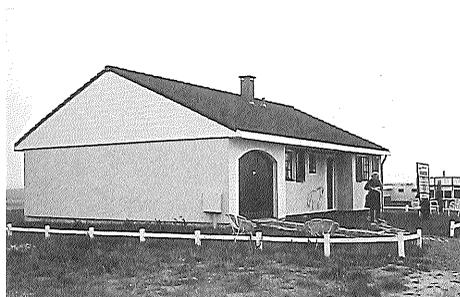
3.4b

3.4c



3.4e

3.4f



3.4h

3.4i

Intuimos que la utilización de procedimientos racionalizados o industrializados complejos en el campo de la construcción de alojamientos, es resultado de la existencia de factores de rentabilidad más que de la existencia de una determinada capacidad técnica. Un ejemplo claro de lo expuesto lo constituye la marcada influencia que la legislación laboral, la evolución del coste de la mano de obra o la coyuntura política tienen en la marcha de esta tendencia industrializadora.

Para que sea posible elegir entre distintas alternativas es preciso que éstas existan y disponer de criterios para conocer las repercusiones de la elección. En el esquema de la Figura 3.5 reflejamos de manera simplificada unas supuestas relaciones entre mano de obra (en el eje de abscisas), inversión de capital (eje de ordenadas) y productividad, variables que están presentes en toda opción industrializadora.

Las rectas t y t' representan distintos gradientes tecnológicos; las curvas Q_0 , Q_1 , Q_2 niveles de producción; c y c' cantidades de capital invertido, y m , m' de mano de obra empleada. De acuerdo con el esquema, un aumento del capital disponible de c a c' permitiría la adopción de una tecnología t' más sofisticada que la t ; aumentando el empleo de mano de obra m a m' pasaríamos del nivel Q_0 de producción al Q_2 . Sin embargo, también es factible, cuando la coyuntura lo aconseje, estudiar o utilizar tecnologías en las que sin aumentar el capital invertido c pero incrementando la mano de obra de m a m' lograr pasar del nivel Q_0 al Q_1 aumentando también la productividad.

III.4. ÍNDICES DE INDUSTRIALIZACIÓN Y NIVELES TECNOLÓGICOS

Casi todos los índices utilizados han surgido en un momento específico de la industrialización, correspondiendo con el auge de la prefabricación a base de grandes paneles. El concepto de índice tiene su razón de ser fundamental en los llamados *sistemas de la primera generación*, tratando de traducir a valores cuantitativos obsesiones productivistas propias de un momento y circunstancias determinadas que no hay por qué *heredar* en las actuales condiciones de Latinoamérica.

En todos los índices se aprecia especial interés en cuantificar el tiempo transcurrido en obra en relación con el transcurrido en fábrica, o bien la repercusión de la mano de obra total, matizando ésta según se aplique *in situ* o en fábrica. En general atienden a criterios productivistas olvidando evaluar prestaciones, calidades, costos y *performances*, magnitud de las inversiones, cualificación de la mano de obra y otros muchos factores que son cada vez más tenidos en cuenta, a medida que se enriquecen los objetivos productivos y entran en crisis los planteamientos básicos de las primeras políticas tecnológicas. Con carácter informativo y para que se analicen críticamente desde las condiciones específicas de la realidad de cada lector, se reproducen en la tabla 3.10 los distintos índices de prefabricación que proponíamos en el libro *Prefabricación: Teoría y Prácti-*

ca (6), (ver fórmulas recogidas como Tabla 3.10). En el Seminario de Prefabricación propusimos el siguiente índice:

$$i_6 = 100 / t_2 (t_1 + t_2)$$

llamando "t1" al tiempo de fabricación y transporte necesario para la realización de una unidad de medida de obra, generalmente horas-hombre/ m² de obra y "t2" al tiempo *in situ*. Cualquiera de los índices propuestos tiene más interés como herramienta para la comparación entre dos o más tecnologías o para el seguimiento *histórico* y progresión en el tiempo de una solución tecnológica determinada, que como índice o valor aislado de su contexto.

Con estos índices podremos en algunos casos estimar variaciones de productividad, del tiempo total de mano de obra, etc., pero no podremos sacar conclusiones ante problemas de adaptación a un contexto determinado, puesto que en ellos no se atiende la mayor o menor cualificación de la mano de obra local, consumo energético, calidad del producto ni, en general, las posibles especificaciones de la actuación.

En la Figura 3.6 recogemos con carácter orientativo posibles zonas de variación de los índices de industrialización calculados mediante el índice i_6 , para siete supuestos procedimientos constructivos representados en ordenadas. Cálculos realizados sobre parámetros de rendimientos-horarios, aceptados genéricamente como adecuados, se recogen a título de ejemplos en las Figuras 3.7 y 3.8. El primero de ellos responde a estimaciones propias en España. El segundo fue realizado por la National Building Agency y expone el tiempo total empleado en obra, expresado en horas-hombre, para los procedimientos más frecuentes en Inglaterra. En la Figura 3.8 el tramo grueso representa la zona de variación correspondiente al 80% de los casos, y los segmentos delgados al 20% de los casos extremos.

Los datos recogidos en la Figura 3.7 se refieren a estimaciones para viviendas de tipo medio en el contexto europeo (en torno de los 70 m² útiles; 3 dormitorios, bloques superiores a cuatro plantas; promociones superiores a 200 unidades; calefacción central, cocinas instaladas, agua caliente, parquet, empapelado, etc.), y tienen en cuenta las fluctuaciones existentes entre distintos países de la C.E.E., diferentes sistemas constructivos, circunstancias coyunturales, etc. Pueden considerarse válidos los valores dados en la figura como valores medios: 28, 22 y 16 horas-hombre/ m² respectivamente.

Hasta aquí, nos hemos referido al concepto global de industrialización tratando de cuantificar con un valor único su mayor o menor índice de industrialización. Más ajustado a la realidad y sin duda de mayor interés formativo nos parece la propuesta siguiente, que tomamos del trabajo de CEPAL (4) que divide el proceso constructivo en seis componentes o etapas fundamentales del mismo:

- Proyecto.
- Planificación y gestión.
- Materiales e insumos.
- Herramientas y equipos.
- Mano de obra.
- Control de calidad.

Tabla 3.10

$$\frac{\text{coste de (mat.primas + elaborac.)}}{\text{coste de (mat.primas+elaborac.) + coste de (montaje + acab.)}}$$

$$\frac{\text{tiempo en fábrica}}{\text{tiempo total (fábrica +obra)}} = \frac{t_1}{t_1 + t_2} = \frac{t_1}{T}$$

$$\frac{1}{\text{tiempo de fábrica}} + \frac{1}{\text{tiempo en obra}} = \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} = \frac{T}{t_1 \cdot t_2}$$

$$\frac{\text{coste de mano de obra total}}{\text{coste de mano de obra in situ}}$$

$$1.0 - \frac{\text{coste de la mano de obra}}{\text{precio total construc-coste materiales}} = 1.0 - \frac{L}{T - M}$$

Figura 3.6.- Clasificación orientativa de diferentes familias tecnológicas -en ordenadas- según el índice de industrialización obtenido mediante el algoritmo del Seminario de Prefabricación -valores en abscisas-.

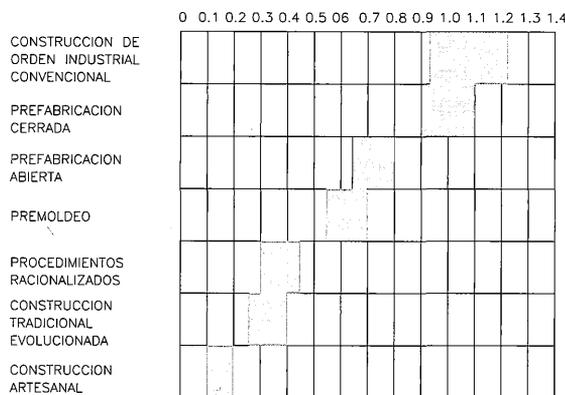


Figura 3.7.- Valores orientativos, referidos al mercado español de viviendas sociales en edificios en altura, de las medias en horas-hombre totales por metro cuadrado construido, según diferentes familias de tecnologías empleadas.

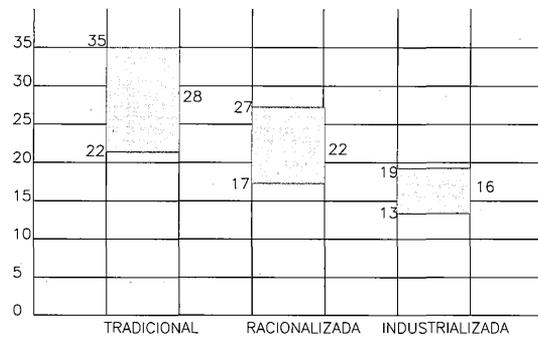
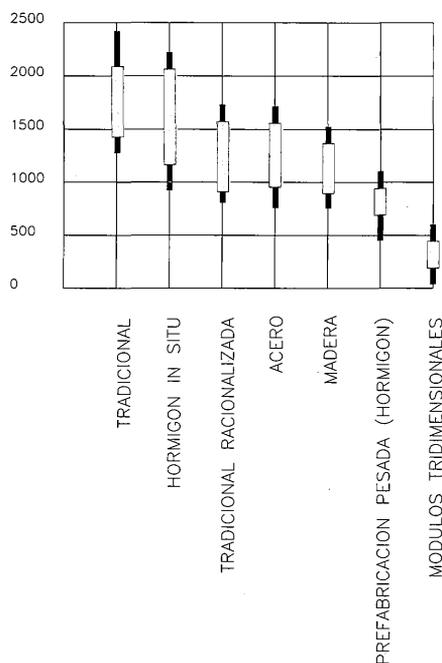


Figura 3.8.- Rendimientos -valores medios- en horas-hombre totales por vivienda en Inglaterra para diferentes tipologías constructivas.



Para cada una de las seis etapas establecen hasta cinco escalones distintos según su grado creciente de innovación (Tabla 3.11), grados que de forma muy sucinta se describen al pie de la tabla mencionada. La propuesta permite una disección del perfil innovador de la empresa constructora o incluso de una realización determinada, mostrando posibles fortalezas y debilidades. Puede utilizarse como una excelente herramienta, para comparar dos o más alternativas o empresas desde el punto de vista de sus grados de innovación o niveles tecnológicos. El método puede ganar en fiabilidad cuando se encomienda la evaluación a un grupo de expertos externos a la empresa o realización que se evalúa.

III.5. EL SISTEMA CONSTRUCTIVO

Hemos utilizado hasta el momento en diferentes contextos el concepto *sistema* aplicado a aspectos constructivos. Parece oportuno tratar de delimitar lo que entenderemos por sistema referido a la construcción de viviendas. Éste lo definiremos como una entidad heterogénea formada por *personas, medios materiales y conocimientos* de una determinada tecnología, que hacen posible la realización del acto de construir en todas, o la mayoría, de sus fases. En este contexto son muchas la etapas que hay que cubrir para completar un sistema que sea realmente acreedor de tal denominación. A título orientativo proponemos, en base a nuestra experiencia, las etapas que recoge la Tabla 3.12 en el proceso de desarrollo de un nuevo sistema constructivo.

En principio, consideraremos que se trata de un sistema constructivo cuando reúne de forma simultánea:

- Una tecnología propia que aporta una innovación real sobre las de carácter público existentes, avalada por la documentación legal pertinente.
- Un equipo humano capacitado para aplicar dichos conocimientos en todas sus fases.
- Instalaciones y equipos de fabricación -propios o externos- dotados para producir elementos de acuerdo a características específicas.
- Medios humanos y equipos, propios o externos, capacitados y adiestrados para realizar el montaje o instalación de los elementos.

De forma esquemática, pueden sintetizarse las ideas anteriores mediante la expresión:

$$\text{SISTEMA} = \text{TECNOLOGÍA} + \text{EQUIPO (HUMANO, DE PRODUCCIÓN Y DE MONTAJE)}$$

De la práctica del arquitecto cubano Bocalandro (7), adoptamos en forma de tabla las veinte etapas o hitos lógicos que de forma implícita o explícita han de superarse en el desarrollo de un sistema constructivo integral de viviendas (Tabla 3.13).

Por su carácter exhaustivo y su aceptación internacional por los países de la Unión Europea, nos ha parecido de interés recoger seguidamente la traducción al castellano de la lista de definición de los sistemas constructivos industrializados utilizada por la UEAtdc, en forma de nueve capítulos, apartados y

subapartados, que deben completarse para la total definición del sistema. Obviamente, la lista que sigue puede utilizarse en forma parcial para la definición de subsistemas e incluso componentes dejando sin cumplimentar los puntos que no procedan.

III.6. EL PROYECTO DE INDUSTRIALIZACIÓN

III.6.1. Introducción

Pretendemos dejar constancia en este apartado 3.6 de otro aspecto importante de la industrialización posible, el *proyecto de industrialización*, o si se quiere, de la industrialización del proyecto. Tenemos la intuición, fundada en hechos reales, de que vamos a abordar un ámbito que puede ser en muchos casos el primer paso para una industrialización prometedora y realista.

Nos ratificamos en la importancia del *ordware*. Invertir en racionalización, planificación de procesos, normalización, etc., es mucho más económico y está más en nuestra mano, que iniciar el camino de la industrialización mediante la adquisición de equipos, procesos o plantas llave en mano. El *ordware* suele ser resultado de la inversión en *neuronas* en equipos humanos, por lo que nos parece realista avanzar en América Latina por la senda de la racionalización del proyecto, condición imprescindible para industrializar e incluso un buen camino para iniciar procesos novedosos de industrialización.

No es un tema resuelto, tampoco disponemos de suficiente literatura especializada, y menos, de pautas de actuación. Es por ello que, tras dejar constancia de la alta prioridad que otorgamos al tema, pasamos a exponer tres vías complementarias que esperamos aporten al lector luces en este camino:

- a.-La experiencia práctica de una oficina técnica (8) que trabaja profesionalmente en este nicho de ejecución de proyectos de industrialización y de la que en gran parte hemos tomado los textos de los Puntos 3.6.2 y 3.6.3 dedicados a su teoría y práctica respectivamente.
- b.-El segundo trabajo, del que es autor el arquitecto Bocalandro de Cuba (7), se centra en algunos aspectos prácticos del diseño con sistemas prefabricados. Parte asumiendo la existencia del sistema como un todo previamente definido, aportando el autor criterios para la ejecución del proyecto de viviendas con estos sistemas, fundamentalmente a base de elementos prefabricados¹. (ver el Punto 3.6.4).
- c.-El tercer trabajo responde a otra filosofía global diferente. El enunciado del Punto 3.6.5: "Proyecto y tecnología", condensa de forma meridiana clara la idea de intentar aportar a cada proyecto tecnología, soluciones tecnológicas frescas no necesariamente desarrolladas con anterioridad, o si se prefiere, soluciones tecnológicas adaptadas a cada caso y proyecto concreto. Su autora, la arquitecta venezolana Yanez (10)

Tabla 3.11

DIAGRAMA DE ESCALONES DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA EDIFICACIÓN (NIVELES TECNOLÓGICOS)

Etapas del proceso de construcción		Niveles de Evolución Tecnológica				
		1	2	3	4	5
Proyecto	P	P1	P2	P3		
Planificación y Gestión	PG	PG1	PG2	PG3	PG4	
Materiales e Insumos	M	M1	M2	M3	M4	M5
Herramientas y Equipos	HE	HE1	HE2	HE3		
Mano de Obra	MO	MO1	MO2	MO3	MO4	
Control y Supervisión	C	C1	C2	C3	C4	

Niveles de evolución tecnológica: Proyecto (P):

- P1 Proyecto y planificación realizados con instrumentos manuales.
- P2 Proyecto y planificación realizados computacionalmente, programas de diseño asistido por computador (CAD) y otros.
- P3 Proyecto y planificación computacional, incorporada a los procesos productivos.

Planificación y Gestión (PG):

- PG1 Planificación y gestión verbales.
- PG2 Planificación y procedimientos escritos.
- PG3 Planificación y procedimientos computacionales.
- PG4 Planificación y gestión de aseguramiento de calidad.

Materiales e Insumos (M) :

- M1 Materiales básicos artesanales.
- M2 Materiales básicos artesanales e industrializados.
- M3 Materiales básicos industrializados.
- M4 Materiales básicos industrializados y componentes prefabricados.
- M5 Componentes prefabricados.

Herramientas y Equipos (HE) :

- HE1 Herramientas manuales.
- HE2 Herramientas mecanizadas.
- HE3 Herramientas computarizadas, robotizadas, telecomandadas.

Mano de Obra (MO) :

- MO1 Sin capacitación específica y uso intensivo de mano de obra.
- MO2 Con capacitación y responsabilidad específica.
- MO3 Mano de obra mayoritariamente especializada, que ejecuta especialmente faenas de montaje y armado.
- MO4 Mayoritariamente en el control y supervisión de los procesos.

Control y Supervisión (C) :

- C1 Sistemas de control manual y supervisión ocular.
- C2 Técnicas de control estadístico y ensayos.
- C3 Sistemas de control computarizados y ensayos acreditados.
- C4 Colaboración de sistemas externos de control acreditados.

Tabla 3.12

POSIBLES ETAPAS EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE UN "SISTEMA" CONSTRUCTIVO

1. Formación del equipo humano que ha de desarrollar e implementar el sistema.
2. Delimitación del mercado potencial al que se destina.
3. Análisis de los tipos de edificios que se pretenden realizar con el sistema.
4. Análisis y evaluación de la competencia existente.
5. Materialización inicial del *know how* propio del sistema.
6. Comprobación formal del diseño del sistema.
7. Ensayos a escala real y evaluación de resultados.
8. Decisiones sobre la gestión y organización.
9. Inicio de la producción.

Tabla 3.13

ETAPAS POSIBLES EN LA DEFINICIÓN COMPLETA DE UN "SISTEMA" INDUSTRIALIZADO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS	
Etapas	Contenidos
1	Definición de las premisas básicas del sistema. <ul style="list-style-type: none"> • Aspectos económicos. • Objetivos básicos. • Gama de materiales disponibles y otros industrializados. • Técnica a emplear. • Nivel tecnológico previsto. • Índices técnico-económicos a lograr. • Campo de aplicación arquitectónico. • Aspectos urbanísticos. • Aspectos ecológico sociales. • Otros.
2	Estudio bibliográfico de sistemas con premisas afines.
3	Definir y agrupar funciones y espacios del programa arquitectónico, determinando cuantitativamente y cualitativamente sus relaciones y frecuencia de empleo.
4	Seleccionar los principios de coordinación modular y la retícula a emplear. (Se sugiere 3M en el caso de la vivienda).
5	Dimensionar los espacios funcionales ajustándolos a la red modular seleccionada.
6	Dimensionar los componentes que conforman los espacios o células arquitectónicas funcionales, a partir de las premisas referentes a: <ul style="list-style-type: none"> • Manipulación. • Peso de los componentes. • Equipos disponibles de izaje y transporte. • Materiales a emplear. • Repetitividad y tipificación. Otros.
7	Definir los principios estructurales del sistema y las hipótesis correspondientes. <ul style="list-style-type: none"> • Sistema tridimensional. • Muros portantes. • Esqueleto. • Mixto.
8	Acotar el número de componentes tanto en pisos y cubiertas, como en muros portantes y divisorios. Las dimensiones elegidas deben ser submúltiplos de los espacios funcionales. Sus combinaciones permitirán conformar todos los espacios previstos. A modo de ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> • Grandes paneles y losas del tamaño de un local. • Pequeños paneles y columnas. • Paneles de altura de un piso y ancho variable entre 12 M y 60M. • Losas con luces variables y ancho de 12 M y 24 M. • Otros.
9	Estudiar posibles necesidades de intercomunicación entre espacios funcionales y también con el exterior (posición y dimensiones de puertas y ventanas).
10	Determinar las uniones y conexiones de los componentes, modulando su posición y tipificando los casos. Las juntas pueden ser: húmedas; soldadas; con pernos; por encaje; mixtas; y otros.
11	Diseñar estructuralmente el sistema, determinando la forma de estabilidad, refuerzo y dimensiones de los componentes, tolerancias, etc.
12	Solucionar las instalaciones eléctricas, hidrosanitarias y otras.
13	Estudiar y definir la tecnología productiva tanto en fábrica como en obra, teniendo en cuenta el concepto de flexibilidad tecnológica.
14	Realizar anteproyectos y proyectos experimentales que demuestren la capacidad de respuesta del sistema ante requerimientos arquitectónicos diversos (se sugiere la utilización de arquitectos e ingenieros no pertenecientes al equipo de concepción del sistema).
15	Proyectar y construir partes de la tecnología de forma experimental para comprobar y optimizar su funcionamiento.
16	Construir una o varias obras experimentales según sea la complejidad del sistema.
17	Realizar ensayos estructurales a componentes y módulos del sistema.
18	Corregir los proyectos, estudios e hipótesis a partir de las pruebas y ensayos
19	Elaborar la documentación del proyecto ejecutivo incluyendo: <ul style="list-style-type: none"> • Premisas, campo de aplicación y memoria descriptiva. • Catálogo de componentes y espacios volumétricos posibles. • Regla para el cálculo estructural y esquemas correspondientes. • Proyecto ejecutivo de componentes. • Catálogo de uniones.

Tabla 3.14

GUÍA PARA LA DEFINICIÓN DE UN SISTEMA CONSTRUCTIVO INDUSTRIALIZADO			
Clave	Título	Clave	Título
0.- CLASIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN		3.04.- Estanqueidad y control del aire: Juntas.	
0.01.-Tipo de documento.		3.05.- Térmica: Aislamiento térmico del conjunto. Capacidad térmica. Efectos de las condiciones del medio.	
0.02.-Número de clasificación		3.06.- Iluminación natural.	
0.03.-Palabras clave.		3.07.- Acústica: Ruidos interiores/exteriores. Calidad acústica.	
1.- INFORMACIÓN DE IDENTIFICACIÓN		3.08.- Salud y confort personal	
1.01.-Tipo de sistema.		3.09.- Mantenimiento.	
1.02.-Nombre comercial.		3.10.- Montaje.	
1.03.-Institución responsable de la información.		4.- DURACIÓN DEL EDIFICIO	
1.04.-Tipo de edificios y limitaciones.		5.- MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN	
1.05.-Construcciones anexas y trabajos exteriores.		5.01.-Control de calidad durante la construcción.	
1.06.-Exigencias estatutarias.		5.02.-Mano de obra y equipamiento: Tipo de trabajo y especialistas requeridos. Útiles y equipos de trabajo.	
1.07.-Cumplimiento de normas nacionales e internacionales.		5.03.-Trabajos preliminares fuera de la obra.	
1.08.-Certificación, aceptación y autorización		5.04.-Transporte a la obra y dentro de la obra.	
1.09.-Códigos de buena práctica y otras guías para la utilización del sistema.		5.05.-Almacenamiento en obra.	
2.- INFORMACIÓN DE LA DESCRIPCIÓN		5.06.-Trabajos preliminares en obra.	
2.01.- Construcción y concepción:		5.07.-Trabajos permanentes en obra: Método de construcción y de trabajo. Tratamiento de superficies.	
Cimentaciones.		5.08.-Medidas de protección: Inspección y mantenimiento. Prevención de accidentes. Limpieza. Eliminación de desechos.	
Fachadas, muros y tabiques.		6.- CONSIDERACIONES DE CONCEPCIÓN Y DETALLES	
Forjados.		7.- INSTRUCCIONES DE ACTUACIÓN EN SERVICIO INCLUYENDO MANTENIMIENTO	
Techos.		8.- INFORMACIONES ECONÓMICAS Y COMERCIALES	
Medios de acceso y subida.		8.01.-Compra y venta.	
Otras instalaciones.		8.02.-Transporte.	
Energía eléctrica.		8.03.-Consumo de materiales por pérdidas normales.	
Servicio de agua.		8.04.-Montaje e instalación: Horas-hombre para los procesos de montaje. Tiempos estimados. Costos de montaje.	
Drenaje.		8.05.-Costos durante la utilización del edificio.	
Calefacción, agua caliente y refrigeración.		8.06.-Costos de uso.	
Ventilación.		8.07.-Entrega y distribución.	
Iluminación.		8.08.-Condiciones de entrega (Garantías).	
Comunicaciones.		8.09.-Control de calidad. Métodos de comprobación: Tolerancias. Control de fabricación. Control a la salida de la fábrica. Control de aceptación del receptor.	
Movimiento de personas y mercancías.		8.10.-Grado de industrialización alcanzable por el sistema.	
Seguridad contra el fuego, robo y tormentas.		8.11.-Servicios técnicos de ventas y contratos.	
2.02.- Forma y dimensiones:		9.- REFERENCIAS A LA BIBLIOGRAFÍA Y A LAS CONSTRUCCIONES EXISTENTES	
Forma del edificio.			
Datos gráficos.			
2.03.- Relaciones espaciales con el entorno:			
Reglas modulares.			
Subdivisión del espacio.			
Posibilidades de establecer espacios suplementarios.			
Espacios para almacenar.			
Accesos para el mantenimiento.			
2.04.- Pesos y cargas:			
Cargas sobre la cimentación.			
Cargas muertas.			
Cargas en vacío.			
2.05.- Paramentos:			
Planeidad de superficies.			
Textura.			
Color y acabados superficies interiores / exteriores.			
Otras características que afectan a la apariencia.			
2.06.-Estructura interna.			
2.07.-Medio ambiente.			
3.- COMPORTAMIENTO EN SERVICIO			
3.01.-Comportamiento estructural.			
3.02.-Fuego. Estabilidad estructural ante incendios.			
3.03.-Seguridad personal.			

pertenece a OTIP y es bajo estas premisas de partida que han acumulado una gran experiencia de realizaciones.

III.6.2.El proyecto de industrialización: teoría

El proyecto de industrialización², es una herramienta que pretende la industrialización del edificio para reducir costos de construcción. Conforme a la metodología BSCP este proyecto se conforma de manera sistemática en base a los siguientes documentos unidos entre sí que forman un todo:

- a) Un documento que permite adaptar un proyecto de arquitectura a un constructor concreto, a sus formas de trabajo, medios técnicos, proveedores habituales, etc.
- b) Un documento que permita adaptar un proyecto de arquitectura a los materiales y a la mano de obra de la zona concreta donde se va a realizar (parece lógico pensar que para conseguir mejores costos hay que utilizar los medios humanos y materiales que se utilizan en el lugar).
- c) Un documento que permita optimizar el diseño para conseguir los mínimos costos. (Analizando el diseño se pretende que el edificio proyectado se pueda realizar con las soluciones más sencillas y menos costosas).
- d) Un documento que permita definir exactamente el edificio y evaluar el coste en función del constructor concreto.
- e) Un documento que defina cada una de las partes o piezas de que consta el edificio cumpliendo específicamente la normativa del lugar donde se va a ejecutar. Superadas las etapas anteriores, resulta el momento de definir exactamente todas las piezas de que constará el edificio con las instalaciones incorporadas.
- f) Un documento que defina qué moldes son necesarios para fabricar cada una de las piezas. A la hora de estudiar los procesos anteriores hay que tener en cuenta que cada pieza hay que fabricar-

1 En cierto modo, el trabajo de Bocalandro roza lo que Smith y Testa (9), hace ya varias décadas, bautizaron como el "proyecto invertido", es decir el que parte de una serie de elementos y detalles constructivos perfectamente estudiados y estandarizados por "el sistema industrializado", elementos, uniones, - plantas de viviendas y volúmenes de edificio - lo que lleva según los autores a que el proyecto arquitectónico en estos casos sea básicamente de planeamiento urbano. Se parte de planos 1/100; 1/10 e incluso 1/1 como datos predefinidos y se trabaja en la elaboración del proyecto con escalas 1/500; 1/100.

2 La descripción del "Proyecto de Industrialización" que se hace en los Puntos 3.6.2 y 3.6.3 es adaptación libre del autor a la vista de la documentación de la empresa española Building System with Concrete Panel S.L. (BSCP) que utiliza en forma práctica esta metodología para la construcción a base de sistemas prefabricados, bien con soluciones propias de BSCP, bien transformando proyectos de arquitectura "tradicionales" en Proyectos de Industrialización.

En cualquier caso, se trata de una adaptación libre de las partes que nos han parecido podrían ser de interés para el lector, en el contexto formativo que pretende este Capítulo.

la y que en muchos casos será más económico hacerlas en un molde que manualmente.

- g) Un documento que debe definir las uniones de las distintas piezas entre sí, que permita no solamente conseguir la estabilidad general del edificio, sino la continuidad de todas las instalaciones (pues de nada sirve todo lo anterior si no funcionan las uniones).
- h) Y, por último, un documento que defina la logística a emplear en las etapas de fabricación, transporte y montaje de todas las piezas de que consta el edificio para optimizar costes. Todo ello, en función del tiempo en que se pretende terminar la obra. Este documento se subdivide a su vez en tres por referirse a tres procesos distintos, es decir:
 - 1.- Piezas que hay que fabricar cada día (en función del tiempo de fraguado de cada pieza, y de su orden de montaje).
 - 2.- Piezas que hay que transportar cada día (para con seguir que a pie de obra estén ordenadas las piezas que se van a ir montando).
 - 3.- Orden de montaje de las piezas; y de las que hay que montar cada día (para poder planificar la obra día a día).

III.6.3.El proyecto de industrialización: práctica

Acotado en forma muy somera lo que entiende BSCP (8) por proyecto de industrialización, es el momento de analizar cómo se hace y de qué consta.

Cómo se hace:

Antes de iniciar la redacción del proyecto de industrialización, deben existir:

- a) Un solar concreto.
- b) Un proyecto de arquitectura.
- c) Un constructor.
- d) Un sitio para fabricar las piezas.

Ya que debe redactarse de acuerdo con la zona donde se va a construir, en conformidad con el proyecto de arquitectura, teniendo en cuenta los medios mecánicos y humanos de que dispone el constructor y conociendo el lugar donde se fabricarán las piezas. Para redactar un proyecto de industrialización hay que conseguir unificar los cuatro parámetros -solar, proyecto, constructor y sitio para fabricar-, y para ello hay que:

A) Analizarlos: estudiando cada uno de ellos para descubrir sus fortalezas, debilidades y posibilidades.

B) Conocerlos exhaustivamente: el objetivo del punto anterior es terminar conociendo en detalle los cuatro parámetros -suelo, proyecto, constructor y sitio para fabricar-, para encontrar las posibles incompatibilidades que pueda haber entre ellos (por ejemplo, no existe en el lugar donde se va a construir el árido previsto en el proyecto).

C) Compatibilizarlos: conocidas las incompatibilidades que pudieran existir entre los cuatro parámetros hemos de encontrar soluciones para que todos ellos se puedan ir homogeneizando, sustituyendo las dificultades por posibilidades reales.

D) Adaptarlos: una vez que se ha conseguido la compatibilidad de los cuatro parámetros hay que adaptarlos a las tecnologías que se van a aplicar para desarrollar el proyecto de industrialización. Todo ello es previo al inicio del proceso de realización del proyecto. Una vez conseguido puede iniciarse su confección debiendo cubrir con él necesariamente siete etapas para resolver los siete procesos analizados anteriormente:

- 1ª Adaptar el diseño del proyecto arquitectónico a un diseño similar compatible con las tecnologías empleadas.³
- 2ª Diseñar todas y cada una de las piezas con los acabados previstos y las instalaciones incorporadas.
- 3ª Diseñar los moldes necesarios para realizar las piezas.
- 4ª Diseñar los nudos, uniones y juntas entre las distintas piezas.
- 5ª Indicar el orden con que hay que fabricar las piezas para conseguir que no se produzcan estocajes de piezas sin transportar.
- 6ª Indicar el orden en que hay que apilar las piezas en cada camión y cuáles son las que deben llegar a pie de tajo, para que sólo estén en la obra aquellas piezas que hay que montar cada día.
- 7ª Indicar consecutivamente el orden de montaje de todas las piezas, además de qué piezas hay que montar cada día.

Como puede apreciarse se requiere un trabajo de gabinete preciso y el establecimiento de controles durante el proceso de confección de un proyecto de industrialización, ya que cualquier olvido o error puede producir pérdidas.

De qué consta:

Indicado cómo se redacta o elabora un proyecto de industrialización se trata ahora de describir los documentos que hay que confeccionar en cada una de las siete etapas indicadas anteriormente.

El objeto de dividir el proyecto de industrialización en siete documentos entrelazados entre sí pretende, entre otras cosas, dar la posibilidad de que se pueda utilizar cada uno de ellos de forma independiente. Los documentos de los que se compone un proyecto de industrialización mediante la metodología elaborada por BSCP son los que se detallan en forma muy resumida en la Tabla 3.15 en la que hemos recogido una imagen tipo de cada documento a modo de ilustración.

III.7. EL PROYECTO CON SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

III.7.1. Proyecto con sistemas prefabricados

El traslado a pequeños talleres o grandes plantas de producción de una parte de los trabajos de obra, constituyó un cambio novedoso en la forma de concebir la arquitectura.

El proyecto tradicional se limita a expresar espacios arquitectónicos, especificaciones y materiales a usar. La experiencia del constructor habituado a elaborar materias primas simples y materiales amorfos mediante trabajo artesanal no requería de mayor información. La prefabricación transformó en parte la forma de concebir el proyecto de arquitectura introduciendo los conceptos de normalización y tipificación de componentes elaborados previamente en fábrica o en obra, pero fuera del lugar definitivo que ocuparán en la edificación. También introdujo en parte, sólo en parte, métodos organizativos de la industria en la ejecución de obras, y creó industrias de apoyo, convirtiendo el montaje estructural en un proceso industrial.

Medidas preferentes

La forma y el tamaño de partes de la vivienda están unívocamente referidas a su uso por el hombre y al cuerpo humano (la altura de antepechos o de planos de trabajo, el largo de una cama, la profundidad de un armario, etc.) y sobre este tema se han publicado estudios exhaustivos. Aquí sólo señalaremos las dimensiones más comunes en las que se apoya la ejemplificación que se expone más adelante, agrupadas en: verticales y horizontales.

A modo de ejemplos puntuales y dada la prestigiosa práctica acumulada por Dinamarca en estos temas dimensionales/modulares, reproducimos en la Tabla 3.16 la lista de dimensiones preferentes para construcción adoptada por la norma danesa DS/R 1.075 y en la Figura 3.9 se recopila a modo de resumen las principales reglas de las dimensiones verticales normalizadas con arreglo a la DS 1.000.

Medidas preferentes verticales Los espesores de forjados terminados

(con suelo y techo incluidos) dependen de muchas circunstancias (materiales, luces de estructura, aislamientos, etc.), por lo que esa dimensión se considera como propia del sistema tecnológico empleado y por tanto puede considerarse como dimensión técnica, o amodular. Esto plantea dos posibilidades cuando los edificios son de varias plantas:

Dimensión suelo-suelo: Permite tramos iguales de escaleras y de elementos de fachada exteriores a los bordes de forjados. Suele fijarse entre 2,70 y 3,00 metros.

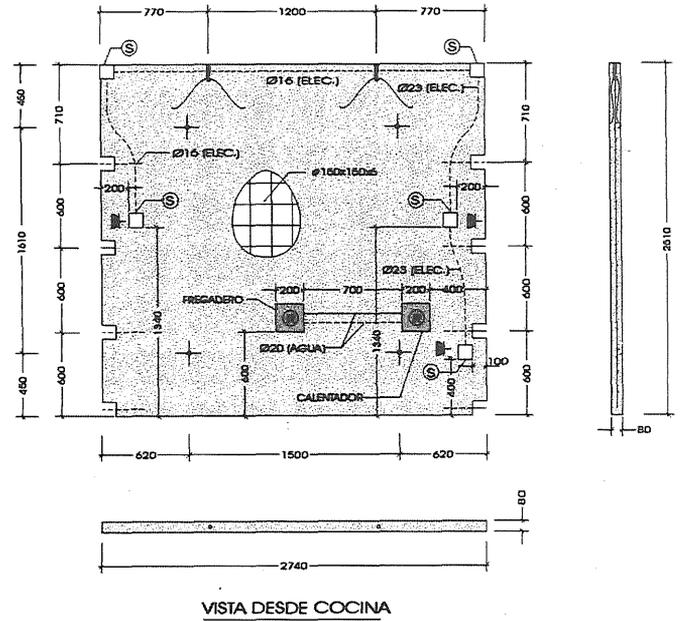
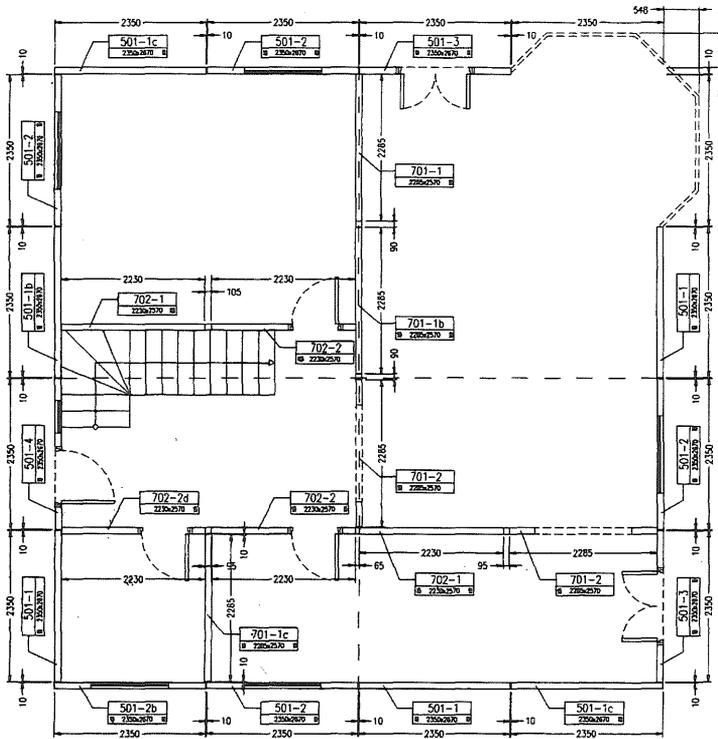
Dimensión suelo-techo: Permite igualar los tabiques y elementos de fachada interiores a bordes de forjados. Suele fijarse entre 2,40 y 2,70 metros como

3 Respetamos, pero no compartimos, este criterio propugnado por BSCP. En nuestra opinión tal y como hemos avanzado en la octava conclusión del apartado 2.4 y al elogiar la metodología de proyecto practicada por Aillaud (Punto 2.3.1) no se debe proyectar *en tradicional* para construir *en industrializado*.

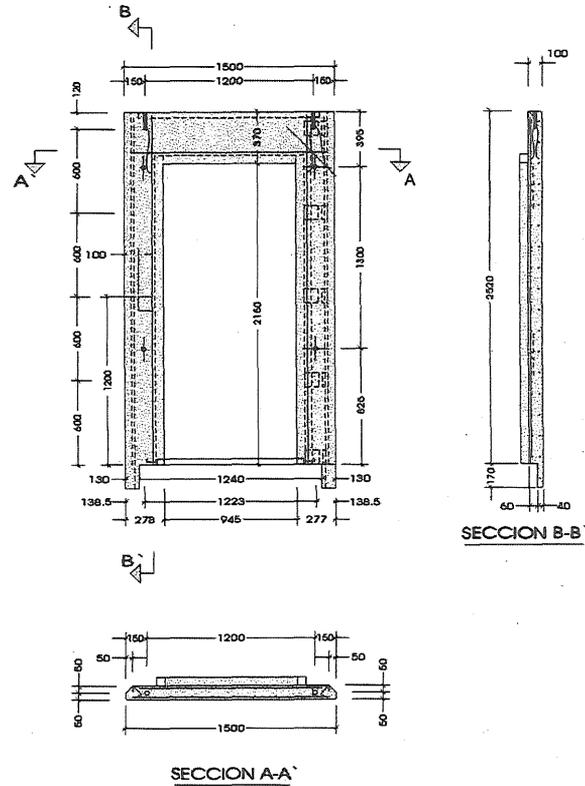
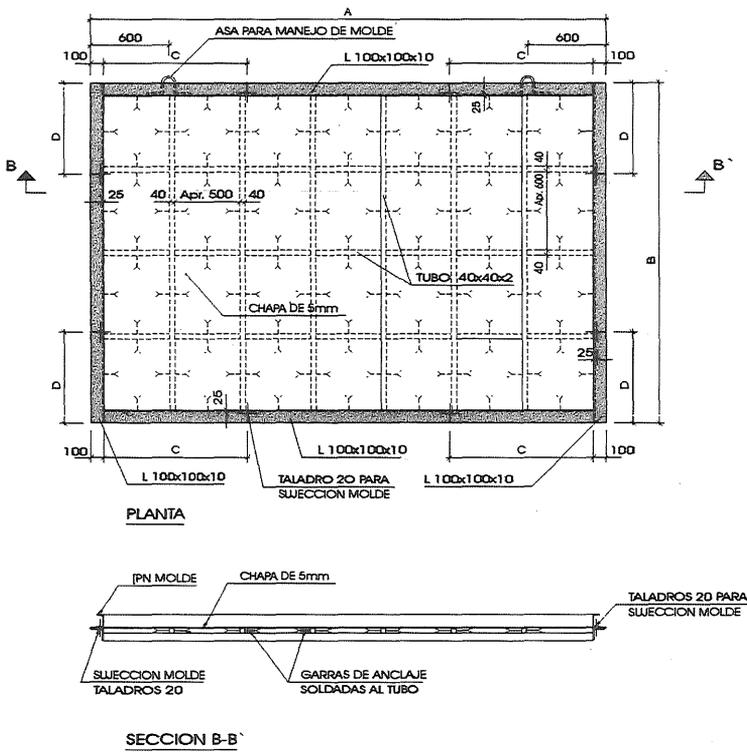
4 BSCP basa las distintas fases del "Proyecto de Industrialización" en la tecnología CERHC a base de grandes paneles de hormigón; no obstante, estima que la metodología y documentación que se explicita más adelante tiene validez orientativa para cualquier sistema constructivo, no necesariamente de hormigón ni de grandes paneles.

Tabla 3.15

CONTENIDO E ILUSTRACIÓN TIPO DE LOS SIETE DOCUMENTOS DEL PROYECTO DE INDUSTRIALIZACIÓN SEGÚN BSCP 4

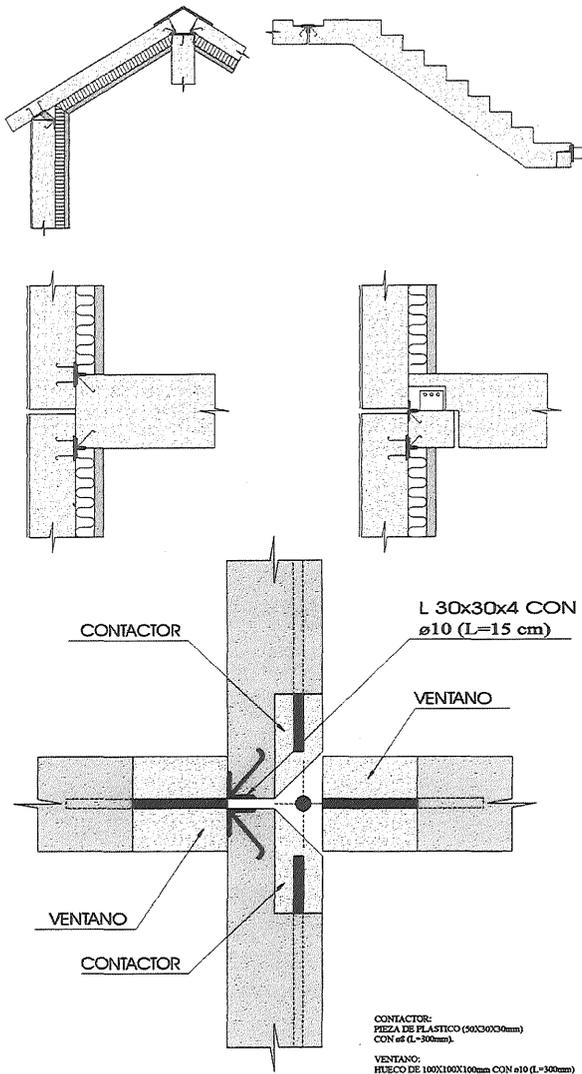


Documento nº 1: 4 Adaptación del proyecto de arquitectura al sistema constructivo determinado y de los planos que indican la situación de las distintas piezas para incorporar los por el arquitecto al proyecto de ejecución y por el promotor a la documentación de promoción y venta de las edificaciones.



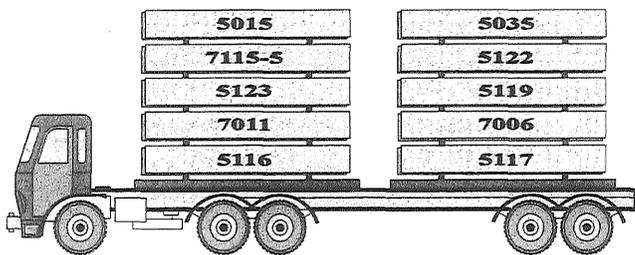
Documento nº3: Diseño de todos los moldes necesarios, para que el taller los construya y puedan realizar en ellos la fabricación de las piezas de las que se componen las edificaciones previstas en el proyecto de industrialización.

Documento nº 2: Diseño de las piezas con todos los acabados e instalaciones en el interior de cada pieza para incorporar los por el arquitecto al proyecto de ejecución y por el promotor a la documentación de promoción y venta de las edificaciones.



Documento nº 4: Definición de todos los nudos, apoyos y juntas de unión de las distintas piezas diseñadas y de los detalles constructivos para que el arquitecto pueda incorporarlos a las órdenes de la dirección facultativa y para que el fabricante pueda realizar el montaje de las piezas.

GRUA NUMERO: 2 **CAMIÓN NUMERO: 67**
AGRUPACIONES: C-2 dcha.



Documento nº 6: Órdenes diarias de transporte de piezas, para una correcta coordinación del fabricante y el constructor, de forma que lleguen a obra piezas que se vayan a montar en cada momento y en el mismo orden de montaje.

MESA PIEZA	A-1 5.008	A-2 5.011	A-3 5.134	A-4 7.017	A-5 7.005	A-6 7.120	A-7 7.104	A-8 7.002	A-9 7.002
MESA PIEZA	A-10 7.002	A-11 7.002	A-12 7.002	A-13 7.003	A-14 7.003	A-15 7.003	A-16 7.003	A-17 7.003	A-18 7.006
MESA PIEZA	A-19 7.006	A-20 7.011	A-21 7.011	A-22 7.112	A-23 7.109	A-24 7.110	B-1 5003	B-2 5003	B-3 5133
MESA PIEZA	B-4 5133	D-1 5116	D-2 5116	D-3 5019	D-4 5019	D-5 5013	E-1 5117	E-2 5117	E-3 5118
MESA PIEZA	E-4 5123	E-5 5128	E-6 7013	E-7 7013	E-8 7015	E-9 7014	E-10 7020	E-11 7021	E-12 7007
MESA PIEZA	E-13 7008	F-1 5032	F-2 5101	F-3 5114	F-4 5120	F-5 5122	G-1 5001	G-2 5103	G-3 5103
MESA PIEZA	G-4 5129	G-5 5132	G-6 5031	G-7 5131	G-8 5014	H-1 5037	H-2 5005	H-3 5005	H-4 5025
MESA PIEZA	H-5 5021	H-6 5023	H-7 5038	H-8 5007	H-9 5007	H-10 5113	H-11 7018	H-12 7012	H-13 7012
MESA PIEZA	H-14 5020	H-15 5012	H-16 7102	H-17 7102	H-18 7107	H-19 7107	H-20 7115	H-21 5009	H-22 5125
MESA PIEZA	H-23 7111	H-24 7105	H-25 7115	H-26 5012	H-27 5017	I-1 5119	I-2 5119	I-3 5016	J-1 5002
MESA PIEZA	J-2 7114	J-3 5004	J-4 5004	J-5 5034	J-6 5036	J-7 5112	J-8 7022	J-9 7116	K-1 2001
MESA PIEZA	K-2 2001	K-3 2001	K-4 2001	K-5 2001	K-6 2001	K-7 2001	K-8 2001	K-9 2001	K-10 2001
MESA PIEZA	K-11 2001	K-12 7004	K-13 7004						

Documento nº 5: Órdenes diarias de fabricación de las piezas que componen la obra gris con indicación de las piezas que sea preciso fabricar cada día y los moldes a utilizar para una correcta organización de la obra por el constructor y del fabricante en la producción de las piezas.

-Colocar armaduras pilares:

Nº	1	2	3	4	8	9	10	11
Nº	12	13	15	16	18	19	22	

-Hormigonar viga: 1017-1

-Encofrar y hormigonar pilares 23 y 28 (Parcial).

-Replanteo de tabiques zona hormigonada.

-Replanteo de tabiques zona hormigonada.

Nº	136	137	138	139	140
Nº	5034-1-1	5017-1-1	5012-1-1	5011-2-1	7012-5-1

-Encofrar y hormigonar pilares. 26-21-7-14-6-13-20-12-5-19-25-18-11-4

Nº	141	142	143	144	145	146
Nº	7009-2-1	7013-2-1	7017-1-1	7019-1-1	7015-2-1	7010-2-1
Nº	149	150	151	152	153	154
Nº	7009-2-1	7021-1-1	7016-1-1	5015-2-1	5011-1-1	1017-2-2

-Hormigonar vigas de contorno (Equipo de varios).

Nº	157	158	159	160	161	162
Nº	7009-2-1	7013-2-1	7017-1-1	7019-1-1	7015-2-1	7010-2-1

Documento nº 7: Órdenes diarias de montaje, para la coordinación del fabricante y del constructor en la obra.

medida general y en 2,10 metros como mínimo para zonas de uso esporádico (circulaciones o sectores de locales más altos).

Dinteles: 2,00 a 2,10 metros sobre el suelo para puertas, y como medida básica para todas las aberturas.

Antepechos: 0,90 metros como altura básica; pudiendo agregarse las de 0,60 metros y 1,50 metros para ampliar o restringir visuales, respectivamente. Otro grupo de medidas verticales, como las que se refieren al plano de trabajo de pie (1,83 metros), al plano de asiento (0,40 metros), o a otras alturas de uso corriente, afectarán más al equipo o mobiliario.

Medidas preferentes horizontales

Un primer grupo, definido y vinculado antropométricamente al uso, como pueden ser las profundidades de armarios y planos de trabajo en cocina (de 0,50 a 0,60 metros) constituyen medidas fijas, máximas y mínimas.

Un segundo grupo, muy determinado por el mobiliario o equipo y su área de utilización y circulación perimetral, lo constituye una serie de dimensiones

mínimas en dormitorios (camas), el aseo (aparatos sanitarios), el comedor (mesa y sillas), etc.

Un tercer grupo, para el que también se fijan mínimos, podría enunciarse como de definición espacial y está referido a las zonas de paso (vestíbulo y pasillos) y de estar (estancias o terrazas). Aunque se suelen justificar antropométricamente o funcionalmente (ancho del cuerpo en pasos, distancia al televisor, modos de sentarse, formación de grupos, etc.), es el conjunto de medidas más referidas a la definición espacial de la vivienda, en el sentido vivencial más completo de la palabra.

Si el primer grupo puede vincularse directamente a formas, tamaños y soluciones constructivas, los dos segundos no, ya que dependen fundamentalmente de la distribución de elementos divisorios para los que, en todo caso, se puede aproximar un ordenamiento dimensional a través de una disciplina modular.

Organización modular

Todas aquellas dimensiones de una construcción a las que se pueden adjudicar cotas derivadas de la antropometría o de una función bien definida, quedarían liberadas a decisiones de diseño.

A modo de sugerencias que tomamos del arquitecto Bocalandro (7), y pensando fundamentalmente en tipologías de viviendas en altura -departamentos-, hemos ordenado en la Tabla 3.17 cuatro criterios constructivos derivados de su dilatada práctica, criterios básicos de proyecto con sistemas prefabricados que enlazan con las ideas de racionalización, organización geométrica y dimensional encaminadas a perfeccionar las estrategias de industrialización (9).

Tabla 3.16

Lista de multimódulos preferentes M = 100 mm	Columnas duplicadas			
	1	2	3	4
	3			
Intervalo 3M	6			
	9	9		
	12		15	
	15			
	18	18		
	21			21
	24	24		
Intervalo 6M	30		30	
	36	36		
	42			42
	48	48		
	60		60	
Intervalo 12M	72	72		
	84			84
	96	96		
	120		120	
	144	144		
	168			168
	192	192		
	240		240	
	288	288		
Intervalo 48M	336			336
	384	384		
	480		480	
Intervalo 96M	576	576		
	672			672
	768	768		
	960		960	
Intervalo 192M	1152	1152		
	1344			1344
	1536	1536		
Etc.				

III.7.2. Diseño y tecnología

Existen países en los que determinadas normas o instituciones establecen requerimientos mínimos de área y de precios máximos de venta para diferentes niveles de ingreso de población. Ello puede ser una referencia para establecer los condicionantes de tipo económico que gravitarán sobre el diseño, tanto de las edificaciones como de la estrategia tecnológica a seguir.

La arquitecta Carmen Yanez⁵, define seguidamente algunos aspectos de diseño y tecnología basados en su concepción como binomio inseparable por la interacción que se produce entre ellos para lograr soluciones satisfactorias.

Señala Yanez como variables importantes a tener muy presentes:

- **La versatilidad**, es decir, la posibilidad de ofrecer soluciones a programas de necesidades distintos. Ello determina, en el caso de las tecnolo-

5 Carmen Yanez pertenece al equipo técnico-directivo de OTIP S.A. y cuenta con una dilatada experiencia en el desarrollo de soluciones y tecnologías industrializadas para viviendas unifamiliares y edificios en altura. Este punto lo tomamos en forma prácticamente textual de uno de sus trabajos expuestos en el Curso Teórico-Práctico sobre Construcción Industrializada organizado en Puerto Ordaz (Venezuela) 1992

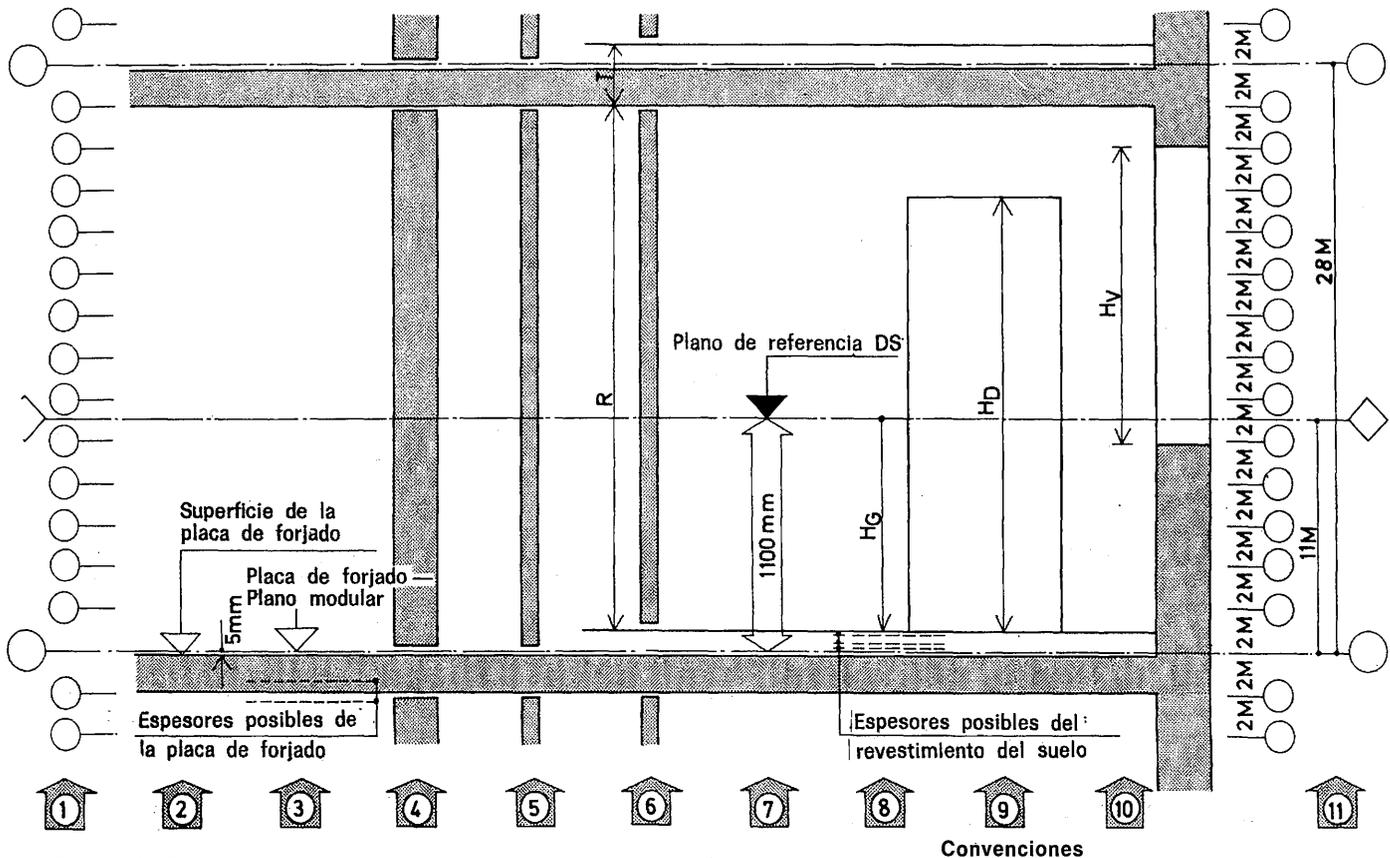


Figura 3.9.- Esquema-resumen de normas danesas relativas al dimensionamiento en la construcción de viviendas indicando la norma correspondiente y el enunciado de su contenido temático.

Convenciones

- | | | |
|---|--|-----------|
| ① | Módulo vertical de diseño, 2M | DS 1011,2 |
| ② | Módulo de la placa de forjado, 5 mm por debajo del plano modular | DS/R 1049 |
| ③ | Placa de forjado - plano modular. Elementos huecos de forjado. Los distintos espesores posibles de las placas de forjado se replantean hacia abajo | DS/R 1038 |
| ④ | Muros portantes interiores. La altura depende del espesor de la placa de forjado. | DS/R 1039 |
| ⑤ | Muros interiores no portantes. La altura depende del espesor de la placa de forjado. | DS/R 1042 |
| ⑥ | Tabiques desplazables. La altura está determinada por la altura de la habitación H. | DS 1000 |
| ⑦ | Dimensiones verticales de accesorios e instalaciones fijas a partir del plano de referencia. | DS/R 1046 |
| ⑧ | Superficies del suelo tomadas a partir del plano de referencia. | DS/R 1046 |
| ⑨ | Dimensiones para los huecos de las puertas. La altura del dintel depende de la altura del suelo. | DS 1028 |
| ⑩ | Dimensiones para los huecos de las ventanas, Hv. El hueco de la ventana debe ser modular, pero su colocación vertical no tiene que seguir necesariamente las líneas modulares. | DS 1003 |
| ⑪ | La altura del piso es 28 M (= R + T). Requisito de las normas de construcción. | DS 1000 |

gías industrializadas, los tipos y las cantidades de componentes de las viviendas.

Está bastante generalizada la creencia sobre la rigidez que le imprime al diseño el uso de tecnologías no tradicionales. La realidad es que se han concentrado muy pocos esfuerzos en la búsqueda de soluciones atractivas desde el punto de vista arquitectónico que cumplan con los objetivos de seguridad y bajo costo. A esto hay que añadir que los niveles de costos de los insumos de construcción se incrementan día a día, en tal magnitud que para lograr costos de construcción accesibles para la población de bajos ingresos se sacrifican en muchas ocasiones aspectos estéticos. Y que son, en definitiva, los que ocasionan la crítica fundamental y en parte el rechazo, que ha existido hacia las tecnologías industrializadas, y particularmente hacia la prefabricación. Resulta más atractivo para ciertos profesionales actuar en otros campos cuando se pretende obtener mayores beneficios económicos y reconocimiento en el ámbito profesional.

- **Las exigencias de seguridad** que deben satisfacerse mediante el planteamiento estructural determinan la configuración espacial de las viviendas. Hemos de ser conscientes de que la toma de decisiones desde las primeras etapas del proceso de diseño tiene influencia en la rigidez del conjunto estructural y que por lo tanto dichas decisiones deben ser tomadas con la participación de los diferentes profesionales que integran el equipo de diseño.

- **Las exigencias de durabilidad**, constituyen un factor determinante para la selección de materiales y su tratamiento.

Las tecnologías orientadas al desarrollo de nuevos materiales exigen un profundo conocimiento de las debilidades y bondades que éstos tienen para desarrollar estructuras eficientes y seguras desde el punto de vista de su comportamiento. En el caso de la vivienda de muy bajo coste tienen tanto peso específico como las de orden técnico, la factibilidad de producción y los costos finales.

Tabla 3.17

CUATRO CRITERIOS GENERALES PARA LA RACIONALIZACIÓN DEL PROYECTO CON SISTEMAS

Primer criterio: REGULARIDAD ESTRUCTURAL

Teoría y práctica demuestran la conveniencia y posibilidades que ofrece un ordenamiento riguroso del sistema portante, baste recordar sus ventajas constructivas más evidentes. Por un lado, para la construcción de la estructura en sí misma, permitiendo utilizar componentes constructivos y elementos auxiliares del modo más racional posible. Por otro, para la realización de otras partes del edificio para las que la regularidad de vanos puede significar una base apta para organizar las tareas de modo sistemático.

Segundo criterio: AGRUPAMIENTO, REGISTRABILIDAD Y AUTONOMÍA DE INSTALACIONES

- **El agrupamiento de instalaciones**, especialmente de aquellas que, por su inamovilidad (como bajantes de saneamiento, conductos de humos y montantes) comprometen la organización de la planta casi tanto como los elementos estructurales. Esta tendencia a centralizar lo más posible las conducciones principales está asumida en la construcción de viviendas por las ventajas económicas que reporta.
- **La registrabilidad de las instalaciones** que también está asumida, más en la teoría que en la práctica, tiende a facilitar las reparaciones y el mantenimiento a lo largo de su vida útil.
- **La autonomía de las instalaciones**, apareció como solución obligada cuando se equiparon con distintos servicios edificios construidos antes de que éstas se inventaran, o donde no estaban previstas. Allí, las tuberías gruesas de desagües se hacían bajar por patios o fachadas; las de menor diámetro se fijaban con grapas a las paredes, y las de electricidad o agua para calefacción, se llevaban a todas las habitaciones, también grapadas, por donde más convenía.
- **La solución de los bloques técnicos** (Ver el Apartado 10.1 en el que se aborda el tema en forma monográfica).

En cuanto a las conducciones, como las de electricidad, que deben discurrir por casi todos los paramentos, apuntan a la utilización de rodapiés u otras molduras preparadas al efecto, si se pretende una autonomía real de esos paramentos; o a los tabiques de doble hoja (como los de yeso-cartón) que permiten incluirlas con limpieza.

Tercer criterio: AUTONOMÍA DE LAS DIVISIONES INTERIORES

Al objeto de propiciar la racionalización, parece conveniente definir con claridad dónde termina la obra *gruesa* también llamada *dura*, más inamovible y diseñada en función de requerimientos genéricos y dónde comienza la obra de acabados o *blanda*, más flexible y sujeta a necesidades específicas. Conviene pensar en cómo delimitar entre una y otra.

Una primera aproximación consistiría en que los límites horizontales (suelo y techo) se realicen de tal modo que en un momento de la obra aparezcan terminados, o casi terminados, para que entre los dos se puedan colocar las divisiones interiores como una tarea lo más autónoma posible. Esta actitud hace necesario eliminar accidentes formales, como descuelgues de vigas, que puedan condicionar unívocamente algunas organizaciones interiores. Esta necesidad se hace bastante evidente cuando se trabaja con superficies reducidas, pero no debe tomarse como un axioma.

Cuarto criterio: INTERIOR DE LA VIVIENDA SEMITERMINADO

Desde el punto de vista que se viene desarrollando, respecto a la definición de la superficie interna de la vivienda, resulta obvia la proposición de que revestimientos, acabados y equipamiento de la misma, puedan quedar sujetos a las posibilidades económicas, necesidades o voluntad del futuro usuario. En la vivienda de bajo costo, suele ser frecuente que el técnico responsable del proyecto se vea en la tesitura de actuar antes que como técnico, como administrador de fondos escasos bajo el criterio de utilizarlos *como buen padre de familia*.

Proposiciones de esta naturaleza encuentran resistencias de todo tipo. Por parte de los promotores, que pueden hallar dificultades para definir el producto terminado; por parte de los arquitectos, que prefieren llevar la ejecución hasta sus últimas consecuencias y por parte de los usuarios, que pueden sentirse subestimados si se les entrega una vivienda inacabada o *desnuda*.

La concepción y proyecto de un sistema prefabricado no es tarea de un profesional aislado, sino resultado de un equipo pluridisciplinario en el que tendrían cabida arquitectos, sociólogos, urbanistas e ingenieros civiles, industriales, mecánicos, eléctricos, hidráulicos y otras especialidades.

El uso de materiales tradicionales como bloques de arcilla, concreto en sus múltiples opciones, acero y madera, entre los más usuales, no garantiza la eficacia de las soluciones si no están concebidas racionalmente. Una concepción racional significa el aprovechamiento máximo de sus propiedades físico-mecánicas, capacidades resistentes y, por supuesto, su disponibilidad en el área de actuación.

- **Los tiempos de ejecución** son un factor fundamental en la selección de la tecnología, por cuanto los problemas de déficit habitacional son apremiantes. En este punto la arquitecto Yanez (10) se cuestiona si es posible resolver, o disminuir, en términos cuantitativos el problema a corto plazo, con tecnologías tradicionales. La prefabricación presenta la ventaja de la producción en avan-

Tabla 3.18

COMPARACIÓN DE ESQUEMAS CONSTRUCTIVOS ESTRUCTURALES

Organización estructural	Características conceptuales	Adecuación
LONGITUDINAL	Deriva este esquema estructural de la construcción tradicional (no industrializada a base de grandes paneles). Fue empleado en las primeras construcciones prefabricadas. Debido a que los muros de fachada son portantes, suelen influir reduciendo las aberturas de los huecos de fachada.	Con la utilización de este sistema (muros de cruja), se crean espacios o habitaciones largas (profundas), libres de muros transversales, que pueden dividirse de acuerdo con las necesidades mediante tabiques ligeros no portantes. Resulta un sistema poco adecuado para la construcción de viviendas aunque muy apto para las construcciones longitudinales de red cruja. Su campo de aplicación más idóneo está en la realización de edificios escolares, hospitalarios, residencias, etc.
TRANSVERSAL	Conceptualmente responde a las necesidades planteadas por los nuevos sistemas, desdoblado las funciones portantes y aislantes (de todo tipo). En los elementos transversales se emplea hormigón de gran resistencia y en los de fachada materiales más idóneos con sus funciones aislantes térmico-acústicas.	Esta organización estructural es sin duda la más empleada en la construcción de viviendas en bloques rectangulares lineales. Permite variabilidad en la resolución de las fachadas tendiendo a que éstas sean autoportantes y colaboren en la transmisión de las acciones de viento.
CRUZADO	Ésta es la disposición característica de las construcciones a base de grandes paneles ya que conjuga los esquemas anteriores, especialmente en el caso de bloques de viviendas de planta sensiblemente cuadrada.	Es especialmente adecuado en las construcciones de viviendas tipo torre, por razones estructurales ya que la carga de los forjados se reparte en tres o cuatro paneles portantes de contorno ofreciendo gran rigidez especial. Es el tipo adecuado para las construcciones de cuatro o más viviendas por planta con escalera interior.

ce y la simultaneidad de operaciones. La producción de componentes, entendidos éstos como elementos compuestos con algún grado de elaboración para simplificar su ensamblaje, permite mantener un stock susceptible de ser utilizado en diferentes frentes de montaje de una misma obra.

- **Las formas de producción** de las viviendas van a influir en la toma de decisiones acerca de los tipos estructurales y las relaciones geométricas que deben adoptarse. El diseño mediante la aplicación de tecnologías industrializadas implica la consideración de aspectos adicionales a los que se tienen en cuenta en la construcción tradicional. Si se trata de tecnologías de prefabricación es fundamental tomar en consideración la ubicación de cada componente en la vivienda, su forma de ensamblaje en obra para analizar el comportamiento individual de cada componente y del conjunto, tanto desde el punto de vista de la conformación espacial como del comportamiento estructural.
- **El medio físico** en el cual se actuará debe ser considerado como variable por las condiciones de ubicación -medio urbano o rural- clima, tipo de suelos, riesgo de sismos u otras eventualidades, que pueden exigir consideraciones particulares en cuanto a la configuración física, los tipos estructurales y las formas de producción a adoptar.

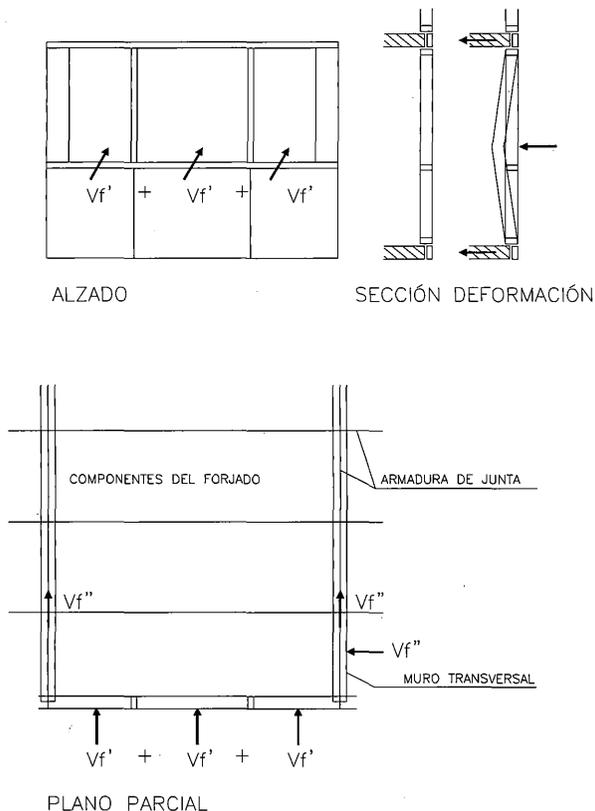


Figura 3.10

Tabla 3.19

IMPLICACIONES DEL TAMAÑO DE LOS ELEMENTOS EN LA REALIZACIÓN O SISTEMA CONSTRUCTIVO			
Respecto al:	Pros y Contras:	Elementos de grandes Dimensiones	Elementos de Pequeñas Dimensiones
Fabricante de Elementos	Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Menor número de máquinas diferentes y mayor facilidad de mantenimiento. • Facilidad de ejecución. • Menor necesidad de mano de obra por unidad de volumen de material prefabricado. • Elementos más económicos por unidad de volumen. • Economía de grandes series 	<ul style="list-style-type: none"> • Maquinaria e instalaciones más baratas. • Mayor radio de acción de las plantas de producción. • Facilidad para alcanzar pedidos de tamaños de series rentables. • Versatilidad de usos, especialmente por las posible aplicaciones en la construcción tradicional-racionalizada.
	Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none"> • Maquinaria, mantenimiento e instalaciones más costosas. • Menor radio de acción de las plantas productoras. • Dificultades de conseguir series económicamente rentables con pequeños objetivos. • Necesidad de demanda estable de adecuado volumen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor número de máquinas diferentes y dificultades de mantenimiento. • Necesidad de una extensa red de distribución, por lo general ajena a la producción. • La carencia de una disciplina modular restringe ciertos empleos y crea problemas entre elementos de distintas procedencias.
Constructor /Promotor	Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Considerable ahorro de mano de obra <i>in situ</i>. • Simplificación y control de la organización de obra. • Ahorro en materiales y ejecución de juntas. • Menor plazo de ejecución (de gran interés para el promotor). • Menor cantidad de equipo y utillaje. 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos ligeros de elevación, fácilmente amortizables. • Libertad para la organización de las fases de la obra.
	Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none"> • Maquinaria más pesada y cara. • Dependencia total del programa e incidencias del suministro de elementos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gran uso de mano de obra y en buena parte especializada. • Necesidad de un control riguroso de calidad de ejecución y de suministros de muy distintas procedencias. • Cuantiosas pérdidas de materiales por roturas, hurtos, sobrantes... • Mayores longitudes de juntas para ejecutar. • Mayor plazo de ejecución y entrega.
Técnico / Proyectista	Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de cara a mediciones y presupuestos. • Posibilidad de confeccionar proyectos con un alto grado de detalles estandarizados. • Facilidad para el control de la ejecución. • Evita improvisaciones y decisiones erróneas en obra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gran flexibilidad de aplicaciones. • Gran libertad en la conformación de formas y volúmenes.
	Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none"> • Notables implicaciones del sistema en las posibles soluciones del proyecto. • Peligro de caer en la repetición monótona y sistemática de soluciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de resolución de detalles en la obra. • Problemas estéticos en las fachadas ocasionados por el gran número de juntas. • Dificultades con los suministradores para la consecución de características y calidades específicas.

Tabla 3.20

EJERCICIO EN BASE A LA PLANTA DE LA FIGURA 3.11	SOLUCIÓN A BASE DE GRANDES ELEMENTOS Y CABINA SANITARIA		SOLUCIÓN A BASE DE PANELES MEDIOS DE 75 CMS DE ANCHO			
Número de elementos:						
Paramentos exteriores (fachadas)		5			30	
Muros y tabiques interiores		8			78	
Elementos de forjado		6			36	
Total elementos		19			144	
RATIO:						
Nº de elementos / m ² construidos		0,275			2,10	
TIPOS DE JUNTAS	Nº	Longitud Long. total		Nº	Longitud Long. total	
Verticales exteriores	10	3,00	30,00	28	3,00	82,00
Horizontales exteriores	5	2,60	13,00	15	0,87	13,00
Verticales interiores	18	3,00	54,00	86	3,00	258,00
Horizontales interiores	20	3,50	70,00	25	3,80	95,00
LONGITUD TOTAL JUNTAS			167,00			448,00
RATIO: LONGITUD TOTAL DE JUNTAS / M2 CONSTRUIDO						
			2,45			6,50

- **Las exigencias de confort** constituyen posiblemente la variable más polémica, por cuanto la asociación bajo costo-comfort parece una meta inalcanzable. Sin embargo, el planteamiento de dotar a la vivienda de los servicios mínimos -agua y electricidad- optimizando la ubicación y el diseño de las redes, abre la posibilidad de reducir costos en este renglón, sin sacrificar su calidad y eficiencia. Con estas economías se podrán satisfacer otros requerimientos como podrían ser el confort térmico o acústico, o lo más deficiente, en el caso de la vivienda económica, la escasez espacial.

III.7.3. Elección del esquema estructural

Cuando se proyectan viviendas en bloques -departamentos- el optar entre sistemas de esquema portante -longitudinal, transversal o cruzado-, es una de las decisiones claves en la elaboración/elección de un sistema constructivo. Es una decisión que implica razones de tipo arquitectónico, estructural, de producción y económicas.

En nuestra personal apreciación y sin carácter universal, el esquema portante transversal presenta algunas ventajas notables:

1.- *Razones de carácter arquitectónico:* El sistema transversal ofrece al proyectista una mayor libertad para la resolución de las fachadas. La solución de los cerramientos conlleva funciones fundamentalmente estéticas así como de aislamiento térmico y acústico. (Tabla 3.18).

2.- *Razones de tipo estructural:* Suele darse con gran frecuencia el esquema estructural a base de muros portantes transversales con arriostramiento longitudinal en los muros de remate de caja de escaleras y componentes ligeros de fachada cuya única función estructural es la de absorber los esfuerzos horizontales debidos al viento u otras acciones horizontales.

Los elementos de muro exterior han de ser aptos para transmitir las acciones horizontales a los forjados (Figura 3.10). El acoplamiento entre el muro exterior y el forjado debe diseñarse para transmitir acciones horizontales, incluyendo el anclaje de la fachada frente a la acción del viento. Los forjados actúan a modo de diafragmas continuos y transmiten esfuerzos a los muros de arriostramiento. Si se usan forjados realizados a base de elementos, las juntas entre ellos deben diseñarse para absorber los esfuerzos cortantes.

Ello se consigue, en parte, mediante juntas machihembradas y también mediante el armado de las juntas. Las acciones que actúan sobre los muros ocasionan el que éstos se comporten como ménsulas verticales o diafragmas empotrados en los cimientos. Por esta razón, los muros tienen que estar diseñados para resistir esfuerzos de flexión.

3.- *Razones derivadas del proceso de fabricación:* Las técnicas de producción de forjados de armado unidireccional permiten, con la utilización del pretensado y de los procesos de producción continuos, un despiece de gran flexibilidad en proyectos industrializados. (Ver Apartado 9.3).

4.- *Razones de tipo económico:* No son fáciles las comparaciones entre los distintos esquemas estructurales para edificios idénticos. Entre los casos longitudinal y transversal parece lógico deducir que

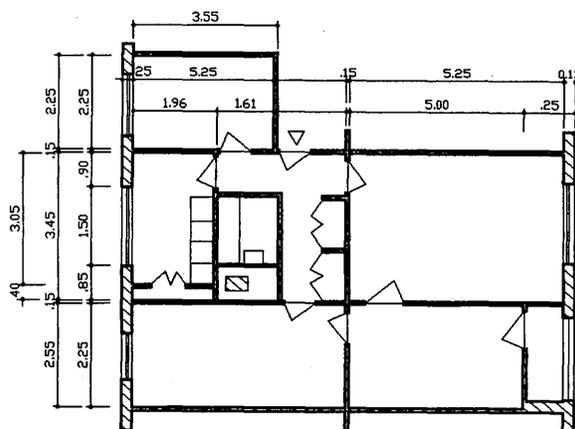


Figura 3.11.- Planta de una vivienda en un edificio de varias plantas realizado con grandes paneles prefabricados, utilizada a modo de ejercicio comparativo del tamaño de los elementos.

Tabla 3.21

PESOS EN TONELADAS PARA PANELES DE FACHADA DE 300 CENTÍMETROS DE ALTURA A BASE DE DOS CAPAS DE HORMIGÓN: UNA DE 20 CENTÍMETROS DE HORMIGÓN CON ÁRIDO LIGERO Y OTRA DE RECUBRIMIENTO DE 5 CENTÍMETROS DE ESPESOR DE HORMIGÓN NORMAL		
Longitud (en cm.)	Paneles ciegos (tn)	Paneles con un 25% de huecos (tn)
30	0,32	0,24
60	0,64	0,48
90	0,97	0,72
120	1,29	0,97
150	1,62	1,21
180	1,94	1,45
210	2,26	1,70
240	2,59	1,94
270	2,91	2,18
300	3,24	2,43
330	3,56	2,67
360	3,88	2,91
390	4,21	3,15
420	4,53	3,40
450	4,86	3,64

(*) Peso específico del hormigón normal: 2.400 Kg/ m³; hormigón ligero: 1.200 Kg/ m³.

incorporar la función portante a los paneles de fachada supone dotarlos de una mayor complejidad de funciones, que en los casos de viviendas de tipo muy económico, el sistema cruzado pueda presentar ciertas ventajas económicas y que para mayores niveles de presupuesto y prestaciones, los esquemas transversales apuntan buenos resultados.

III.7.4. Tamaño y peso de los elementos

No es sencillo teorizar sobre un tema que es eminentemente práctico y en el que concurren muchas variables. No obstante, unas pocas reflexiones sobre circunstancias concretas y una valoración de las ventajas e inconvenientes de diferentes opciones, vistas desde la óptica de los diferentes actores de la acción de construir (proyectistas, productores y constructores) pueden dar alguna luz al lector. Como primera orientación, suele darse por aceptable la afirmación de que la flexibilidad -en el sentido arquitectónico / espacial- de los sistemas constructivos es inversamente proporcional al tamaño de los elementos y directamente proporcional al número de ellos. Por otra parte, es claro que el número de juntas crece al disminuir el tamaño de los elementos y que la inversión (o coste de alquiler) en medios de transporte y elevación es función directa del peso y tamaño de los componentes, las implicaciones del número de juntas en el cálculo estructural puede ser importante... Son, pues, muchas las variables a tener en cuenta al fijar el tamaño/peso máximo de un sistema constructivo o una realización determinada. Con carácter meramente orientativo, nos hemos permitido agrupar en la Tabla 3.19 algunas posibles

implicaciones que reporta la decisión de optar entre:

- Elementos de grandes dimensiones (tamaño de un paño de habitación y peso superior a 2 toneladas).
- Elementos de pequeñas dimensiones (de manejo manual, incluso cuando es posible su manejo por varias personas auxiliadas de equipos elementales).

En la Tabla 3.19 se analiza de forma resumida cuáles son las implicaciones desde los puntos de vista del fabricante, del sistema, del constructor promotor y del técnico proyectista, de los distintos sistemas que emplean elementos de grandes o pequeñas dimensiones, incluyendo, globalmente, en el primer grupo los sistemas a base de grandes paneles y los de elementos espaciales, y en el segundo los de paneles de tipo medio y los de esqueleto.

Como conclusión cuantitativa sobre el tema, se han recogido en la Tabla 3.20 algunos datos reales sobre dos posibles soluciones para el apartamento tipo que responde a las características de la Figura 3.11. La primera es en base a un sistema longitudinal típico de grandes paneles, carpintería de huecos incorporada, losas de forjado tamaño habitación y cabina sanitaria completa. La segunda está calculada en base a un sistema de paneles medios de ancho 0,75 metros y altura suelo-techo para los elementos verticales y de longitud igual a la luz entre crujías en los horizontales, completados por elementos de dinteles y antepechos.

Como puede comprobarse, el número de elementos en el caso de paneles medios es 7,58 veces mayor que en el primer supuesto, y la longitud total de las juntas a realizar en obra es 2,68 veces superior.

Partiendo del supuesto de paneles de fachada compuestos de dos capas: una de 20 centímetros de hormigón ligero (mediante la utilización de arlita) y otra exterior de 5 centímetros de hormigón normal con revestimiento, conseguiríamos para paneles exteriores ciegos (piñones) y para los mismos con un 25% de hueco alcanzaríamos las dimensiones que se recogen en la Tabla 3.21.

El caso de los elementos de forjados está sujeto a más variables ya que la gama de posibilidades es más amplia. En trabajos posteriores (Ver Apartado 9.3) analizaremos:

- Losas macizas (tipo panel) tamaño habitación.
- Semi-losas para recibir capa de compresión:
- Losas aligeradas de tamaño medio.
- Elementos lineales resistentes de ancho considerable, etc.

No obstante, podemos afirmar respecto a los componentes de forjado, que salvo en el primer tipo de soluciones enunciadas con pesos inferiores a las 5 toneladas, pueden barrerse todas las gamas de luces y sobrecargas en viviendas.

Bibliografía

- (1) A. K. Reddy, *Background and Concept of Appropriate Technology*, documento UNIDO, Congreso India 1978
- (2) CEVE, Graciela B. de Buthet, Aurelio Ferrero y Dante Pipa, *Tecnología apropiada*, Córdoba, Argentina, 1993.
- (3) Gustavo Flores, *La tecnología, su transferencia y la industria de la construcción*, Rev. Tecnología de la Construcción, nº1, págs. 110 a 115 IDEC, Caracas, Venezuela, 1985
- (4) CEPAL: *La Producción de la Vivienda en América Latina y el Caribe*, 285 páginas. Santiago de Chile, 1996.
- (5) Horacio Berreta, *Vivienda y Promoción para las Mayorías*, Edit. Humanista, 365 páginas, Buenos Aires 1987.
- (6) Seminario de Prefabricación, *Prefabricación: Teoría y Práctica*, dos tomos, Edit. ETA, Barcelona 1974.
- (7) M. Bocalandro, *El Proyecto con Sistemas Prefabricados*, ponencia en el I Curso Internacional de Construcción Prefabricada, Puerto Ordaz, Venezuela, IDEC-OTIP, 1992.
- (8) Sistema BSCP: *Sistema constructivo con piezas de hormigón armado*. Dossier Informativo. Madrid, España, 1998.
- (9) Thomas Schmid y Carlo Testa: *Systems Building*, Edit. Artemis, Zurich, Suiza, 1970.
- (10) Carmen Yanez, OTIP: *Proyecto y Tecnología*, Publicaciones del Curso CYTED sobre Industrialización de la Construcción, en Puerto Ordaz, Venezuela, IDEC-OTIP, 1992.

COSTES: UN TEMA CRUCIAL EN LA VIVIENDA DE ESCASO PRESUPUESTO

IV.1. LA CONSTRUCCIÓN PREFABRICADA: NI MÁS CARA, NI MÁS BARATA

Parece oportuno, al iniciar el análisis de los costes de construcción, aclarar la relatividad (en el tiempo y el espacio geográfico) de los datos económicos. Por lo general, el número de variables es tan grande y tan estrechamente ligadas al lugar, al sistema monetario, al sistema de gobierno, etc., que hacen prácticamente inviable la comparación entre resultados procedentes de contextos diferentes. Por ello, dejamos constancia desde el inicio de nuestro escepticismo por igual ante el triunfalismo y el derrotismo del que muchos hacen gala frente a los resultados de la prefabricación en materia económica. En rigor, creemos que no es correcto afirmar -tampoco negar- de forma genérica que la construcción prefabricada-industrializada sea más barata o más cara que la tradicional.

Partiendo de la base de que los términos de comparación sean productos de igual calidad (unidades de obra, viviendas, escuelas, edificios industriales...), lo que ya es una acotación importante, nos vienen a la cabeza varias interrogantes ante la afirmación genérica de que la prefabricación produce economías, rebajando considerablemente los costes: ¿Para qué nivel de desarrollo nacional?, ¿índice de prefabricación?, ¿tipo de promotor?, ¿volumen de obra?, etc.

En lo que sigue, y valiéndonos del esquema plasmado en la Figura 4.1, trataremos de exponer nuestra convicción sobre la estrecha relación entre el coste de la construcción (vivienda), y dos parámetros fundamentales: nivel de desarrollo nacional e índice de prefabricación de la solución adoptada. Trataremos de analizar mediante tres supuestos de tipo práctico las paradojas que encierra afirmar: *la prefabricación / industrialización de la vivienda es más barata o más cara que...*

CASO A:

Supongamos un país, de los más avanzados tecnológicamente en este campo, de los que hoy conforman la Unión Europea. Supongamos a lo largo de este

punto que las condiciones de la realización que se analiza son las *normales* (no existe ninguna circunstancia extraordinaria como podrían ser la importancia crucial de reducir el factor tiempo; un volumen extremadamente grande del pedido; una anormal ubicación...). Sobre la figura, si aceptamos la curva 1 como representativa de la relación coste-índice de prefabricación, lo normal será estar situado en la zona cercana al punto "a", donde para un índice " i_1 " del orden de 0,6 (que para este país de la Unión Europea podemos suponer corresponde a una prefabricación abierta con un grado de montaje altamente racionalizado: empleo de losas de forjado, bloques técnicos, paneles de fachada diversos, cimentación tradicional, tabiquería industrializada, etc.), se da el coste mínimo C_1 que puede ser un 50% mayor que el mínimo del Caso B y hasta un 100% mayor que en el Caso C. Para un sistema o solución constructiva con un índice de industrialización mayor que el anterior, por ejemplo a base de elementos tridimensionales totalmente acabados y persistiendo las condiciones "normales", ese procedimiento tendrá un coste superior a C_1 . Luego no sería cierta la afirmación de que la prefabricación es más barata. Por el contrario, dado el nivel de salarios de ese hipotético país (legislación en materia de contratación laboral, accidentes laborales, protección contra las inclemencias atmosféricas, etc.), su legislación financiero-administrativa, reglamentación técnica y de control de calidad, etc, tratar de construir artesanalmente en ese país (lo que equivaldría a deslizar hacia la izquierda del punto "a" sobre la curva 1), sería más caro que hacerlo con un índice de prefabricación " i_1 ". Nos parece de interés resaltar, que consideramos la *presión legislativa y normativa* como uno de los medios más contundentes para impulsar la industrialización/prefabricación en los países de libre mercado como el que hipotéticamente consideramos. La permisión de llegada de mano de obra extranjera, en condiciones socioeconómicamente inferiores respecto a las del país receptor, puede ser una causa retardadora

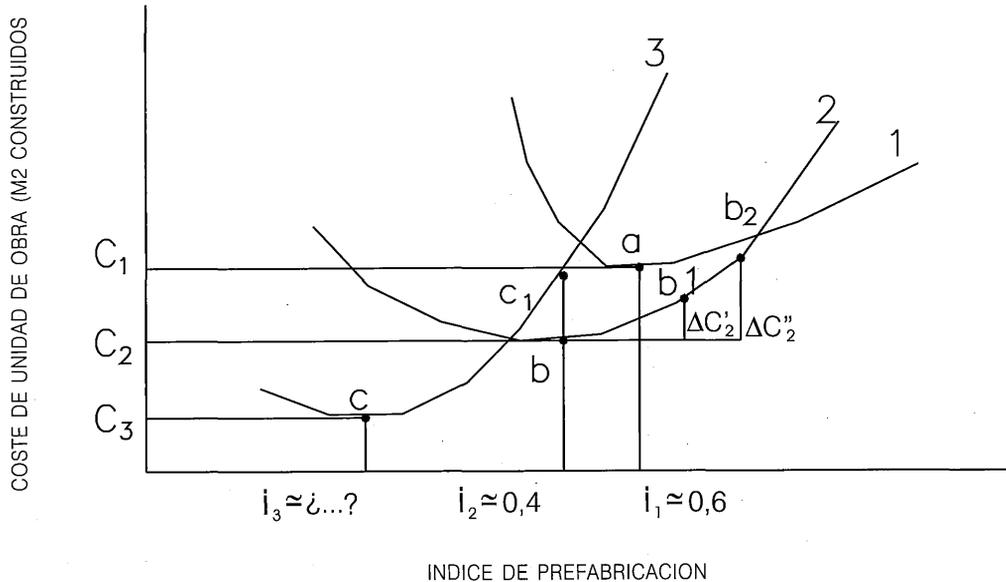


Figura 4.1.- Comparación hipotética de índices de prefabricación y costes unitarios de obra en tres supuestos.

en el desarrollo de la prefabricación, ya que ello implicaría un descenso de las ordenadas de la rama izquierda de la curva 1, que adoptaría la forma de la gráfica marcada en trazos y, por tanto, una baja de costes para índices de industrialización menores a " i_1 ".

CASO B:

Prevalciendo todos los supuestos anteriores, pero tratándose ahora de un supuesto igualmente hipotético, por ejemplo, una región avanzada de uno de los países que conforman el Mercosur, la curva coste-índice de prefabricación podría ser del tipo 2, presentando en "b" un coste mínimo C_2 para un índice de prefabricación " i_2 " acorde con el nivel tecnológico del país. Hemos supuesto " i_2 " del orden de 0,4 lo que equivaldría, por ejemplo, a una solución típica de prefabricación parcial y ejecución racionalizada. En cualquier caso, estamos hablando de soluciones bastante menos evolucionadas que las del caso anteriormente estudiado.

También partimos del supuesto de que $C_2 < C_1$, del orden de un 25% inferior, lo cual nos parece un supuesto lógico y admisible en el contexto de nuestro ejercicio.

Suponiendo que la curva 2 reflejase las condiciones de la región geográfica del país hipotético estudiado, ¿cómo interpretar que en alguna ocasión se construya mediante procedimientos con índices de prefabricación mayores que " i_2 "? La respuesta puede ser clara en algunos casos: las ventajas sociales, la estructura de la mano de obra o la facilidad que para la planificación general supone la prefabricación, pueden justificar y aconsejar en determinados casos el aumento del índice de prefabricación: $i_2 \rightarrow i_1$.

Siguiendo con el supuesto, para las situaciones "b" (sistemas prefabricación parcial) y "b₁" (sistemas a base prefabricación total), los incrementos de coste ΔC_1 y ΔC_2 pueden responder a otras razones que salen fuera de nuestros supuestos. En este caso hipotético, tampoco podría afirmarse que la prefabricación es más barata que la construcción tradicional.

CASO C:

Adoptando como país-tipo en este supuesto uno de los pertenecientes al área del Mercado Común Centroamericano, suponemos como índice de industrialización vigente " i_3 " (construcciones ejecutadas con un proyecto tradicional y empleando bloques de hormigón, viguetas prefabricadas para forjados, placas de asbesto-cemento, etc.), para obtener un coste mínimo C_3 , resulta lógico sacar algunas conclusiones derivadas de esta situación, a la que corresponde el punto "c" de la curva 3. La primera es que $C_3 < C_2$ y por supuesto mucho menor que C_1 . Es decir, que la construcción industrializada sería apriorísticamente más cara que la tradicional para las circunstancias del hipotético país centroamericano, que presenta una curva de gran pendiente a la derecha de su vértice, lo que se traduce en una gran rigidez en lo económico ante soluciones tecnológicas más sofisticadas que las normalmente empleadas en el medio. Otra consecuencia inmediata que se deduce del gráfico, es que para un índice " i_3 " (propio de las circunstancias de este país), los costos son muy inferiores a los que corresponderían en los países de los casos A y B.

Por otra parte, si una empresa de este hipotético país centroamericano se empeñase en construir a base de sistemas que permitiesen un índice " i_2 " de prefabricación, el empleo podría ser (recordemos la condición de partida de que nos referimos siempre a realizaciones teóricamente *normales*), más caro que C_3 . Otra consecuencia, confirmada en no pocos casos por la práctica, es que los países del caso C (países o zonas de actuación en vías de desarrollo), presen-

1 ITACA es el resultado de la fusión de varias organizaciones no gubernamentales colombianas que tras actuar durante varios años en el campo del hábitat, decidieron entrar en el mercado formal sin perder algunas de sus señas de identidad. Nos parece oportuna esta aclaración para ayudar a interpretar mejor los resultados de la realización que describimos y puede que para ilustrar a no pocas ONG's latinoamericanas que en estos momentos, tras un encomiable pasado, se debaten en la búsqueda de su mejor inserción en el futuro.

Figura 4.2.- Urbanización El Portal de Barandillas, constructora Ítaca, de Bogotá, Colombia. Vista general de las viviendas en duplex adosadas. (Foto J. Salas).



Figura 4.3.- Vista de detalles de las viviendas en proceso de construcción. (Foto J. Salas).



tan una curva coste-índice, cuya rama derecha tiene una acusada pendiente; es decir, que pequeños incrementos del índice de prefabricación suponen crecimientos fuertes de costes. En este tipo de países, la inercia al estancamiento tecnológico es muy acusada, lastrando el esfuerzo que supone cualquier intento tendente a acelerar los procesos de industrialización de la construcción de viviendas. Como conclusión globalizadora aparece la relatividad de la validez de afirmaciones genéricas de que la construcción prefabricada es más barata que la tradicional e igualmente incierta resulta la afirmación contraria.

IV.2. DESCOMPOSICIÓN DE COSTES: EJEMPLOS PRÁCTICOS EN VARIOS PAÍSES

En el análisis de costes hay que partir del hecho cierto de que no hay dos realizaciones idénticas, máxi-

me si hablamos de tipologías de viviendas distintas y en países diversos como son los casos que siguen. Hasta la terminología de los capítulos de costes es distinta. No obstante, hemos meditado sobre el tema y nos pareció que podía ser de interés aportar algunos datos fiables correspondientes a los siguientes casos:

- 1.- Realización del Portal de Barandillas en Zipaquirá (Colombia).
- 2.- Tres realizaciones en Belo Horizonte (Brasil), San Salvador (El Salvador) y Rancagua (Chile).
- 3.- Costos medios de diferentes tipologías de viviendas en Chile.

CONSTRUCTORA "ITACA" - REALIZACIÓN PORTAL DE BARANDILLAS ZIQAQUIRÁ - COLOMBIA: CONJUNTO DE 65 VIVIENDAS

Características de la Realización (Datos de abril de 1997)

- Lote promedio: $6 \times 14 = 84 \text{ m}^2$.
- Área construida a entregar: 84 m^2 .
- Total área construida: 110 m^2 .
- Valor: \$ 17.000.000 pesos colombianos (14.167 dólares).
- Valor por m^2 : \$202.000 pesos colombianos (168 dólares).

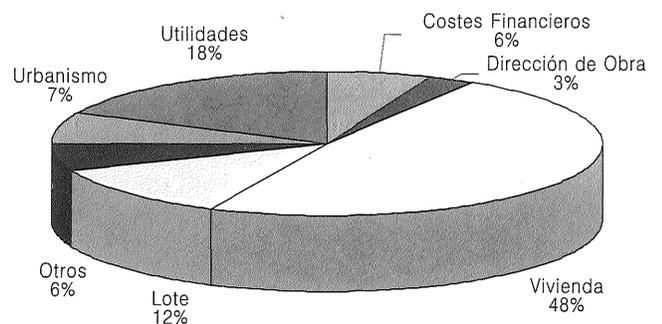


Figura 4.4 - «Portal de Barandillas» Costes porcentuales de los siete capítulos de gastos

IV.2.1. Realización del Portal de Barandillas, en Zipaquirá (Colombia)

Elegimos esta realización reciente de la constructora colombiana Ítaca¹ por considerarla, aquí y ahora, ejemplo de realización de viviendas dignas de bajo coste. Estas 65 viviendas presentan un intento de inicio de industrialización del proceso constructivo introduciendo algunos elementos prefabricados en base a un proyecto muy racionalizado. (Figuras 4.2 y 4.3).

Nos parece de interés señalar que el valor final resultante por metro cuadrado (168 dólares) se sitúa justamente en el intervalo delimitado por el salario mensual mínimo oficial en Colombia (138,3 dólares) y el salario mensual *real* (208,3 dólares). (Tabla 4.5). Este hecho lo consideramos en sí un gran logro, ya que supone la consecución de una meta que de antiguo venimos propagando: *conseguir en Latinoamérica viviendas cuyo precio de mercado por metro cuadrado sea equivalente al salario mensual mínimo oficial.*

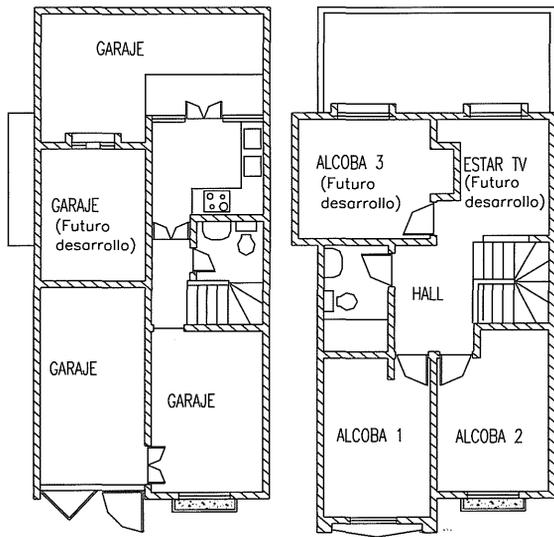


Tabla 4.1

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL COSTO POR UNIDAD DE VIVIENDA

Capítulos de Vivienda	Valores Porcentuales (%)
1.- Preliminares	2,40
2.- Cimentación	3,85
3.- Sobrecimiento	8,40
4.- Estructura	10,30
5.- Mampostería	15,00
6.- Instalaciones hidrosanitarias	1,90
7.- Redes hidrosanitarias	4,10
8.- Aparatos sanitarios	3,60
9.- Instalaciones eléctricas	5,20
10.- Cubierta	15,50
11.- Pañetes	0,60
12.- Pisos	10,00
13.- Enchapes	0,16
14.- Estuco	0,10
15.- Carpintería madera	0,50
16.- Carpintería metálica	8,90
17.- Cerrajería	0,70
18.- Vidrios	2,70
19.- Otros y varios	1,99
20.- Imprevistos	4,09

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Capítulos de Gasto:	Coste Porcentual:
1.- LOTE	12,47
2.- URBANISMO	7,06
3.- VIVIENDA	47,85
4.- DIRECCIÓN DE OBRA	2,95
5.- COSTES FINANCIEROS	6,00
6.- OTROS	6,03
7.- UTILIDADES	17,60

La Tabla 4.5 en el aspecto correspondiente a los costes del metro cuadrado construido expresados en número de salarios mínimos mensuales, y de forma gráfica la Tabla 4.16, arrojan resultados que en ningún caso ratifican la consecución del objetivo alcanzado por Ítaca. Téngase en cuenta que el valor medio del metro cuadrado construido de los once países estudiados en la Tabla 4.16 es de 2,44. Es decir,

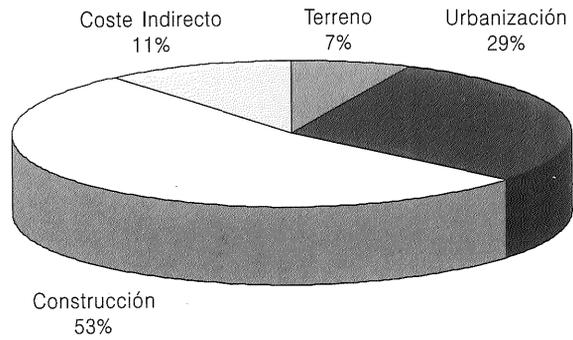


Figura 4.5.- Descomposición del precio final en tres grandes capítulos de la realización en Belo Horizonte (Brasil).

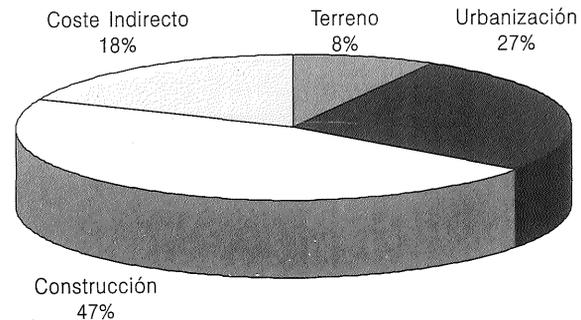


Figura 4.6.- Descomposición del precio final en tres grandes capítulos de la realización en San Salvador (El Salvador).

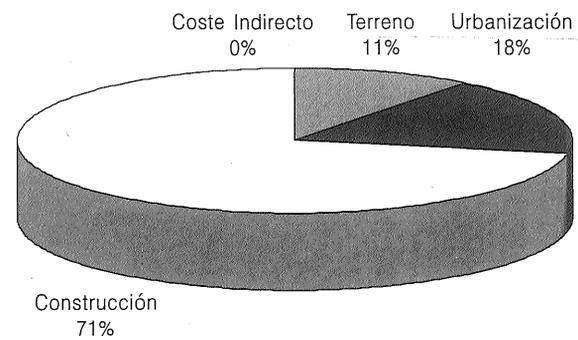


Figura 4.7.- Descomposición del precio final en tres grandes capítulos de la realización en Rancagua (Chile).

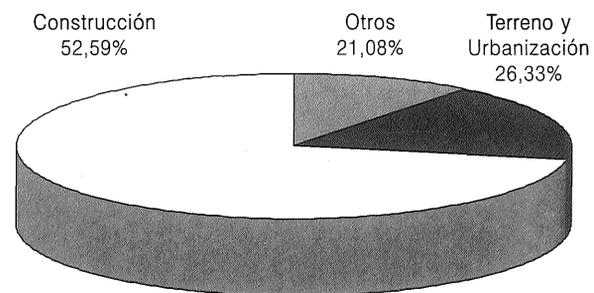


Figura 4.8.- Valores medios de la descomposición del precio final de las cuatro realizaciones de viviendas estudiadas.

un 244% superior al salario mensual mínimo oficial. Lo comentado es doblemente importante en un país como Colombia, que a juzgar por la Tabla 4.14 presenta el mayor ratio de número de salarios mínimos mensuales equivalentes al precio medio de mercado de un "departamento de 50 m²". Por otra parte, la Tabla 4.1 y su correspondiente gráfico, Figura 4.4, ilustran de la descomposición del coste total final en siete capítulos porcentuales que merecen un estudio detenido.

IV.2.2. Descomposición de costes de tres realizaciones de viviendas en Brasil, El Salvador y Chile

En la Tabla 4.2 se recogen datos relativamente recientes de tres casos concretos de descomposición de los capítulos de costes de construcción de conjuntos de viviendas de interés social en Belo Horizonte (Bra-

sil), San Salvador (El Salvador) y Rancagua (Chile). Pese a que se recomienda toda clase de precauciones en la utilización de estos datos, nos parece que su aportación global puede resultar de interés.

Las Figuras 4.5, 4.6 y 4.7 representan los valores porcentuales de los tres casos recopilados y la Figura 4.8 los valores medios de las cuatro realizaciones de viviendas estudiadas.

Pese a ser conscientes de que se trata de tres realidades muy distintas e incluso de capítulos de gastos que pueden no tener la misma interpretación, nos hemos permitido introducir en la Tabla 4.2 una columna con los valores medios de los tres casos, entre los que destaca el 47,85% que supone el capítulo "construcción", es decir, la materialización de la vivienda propiamente dicha. Para facilitar posterior-

res comparaciones, recogemos en la Tabla 4.3 los resultados arrojados por los cuatro casos mencionados, agrupando los capítulos afines bajo tres conceptos presupuestarios únicos:

- 1.- Terreno y urbanización.
- 2.- Construcción (vivienda).
- 3.- Costes financieros, utilidades y otros.

La Tabla 4.3 permite adelantar una conclusión que trataremos de matizar en los apartados que siguen: las posibilidades de industrialización de la vivienda son radicalmente distintas según sea la repercusión de la partida "construcción" sobre el total final del precio de venta de las viviendas. Asumiendo el altísimo riesgo que supone, nos atrevemos a concluir, a la vista de la Tabla 4.3, que para una realización en la que la "construcción" alcance un escaso 30% del

Tabla 4.2

DESCOMPOSICIÓN PORCENTUAL DE COSTES DE TRES REALIZACIONES DE VIVIENDAS SOCIALES EN BRASIL, EL SALVADOR Y CHILE (EN DÓLARES USA)										
Capítulos de Gastos	(A) Belo Horizonte¹ (Brasil) 1994 (Dólares 1994)			(B) San Salvador² (El Salvador) 1995 (Dólares 1995)			(C) Rancagua³ (Chile) 1995 (Dólares 1995)			(A)(B)(C) Valores Medios en %
	Costo Total	%	Costo m²	Costo Total	%	Costo m²	Costo Total	%	Costo m²	
Terreno	620,0	7,0	17,2	675,95	8,3	20,8	989,2	9,2	17,3	12,47
Urbanización	553,4	29,0	70,9	1.920,0	26,9	59,0	1.655,9	15,4	28,9	7,06
Construcción	4.699,3	53,3	130,5	3.311,3	46,4	102,0	6.726,5	62,8	117,4	47,85
Coste indirecto	947,3	10,7	26,3	1.492,4	18,4	46,0				6,00
Utilidad de la empresa				756,8	9,1	22,6				17,60
Gestión y administración							1.231,7	11,5	21,5	6,03
Diseño							100,6	0,94	1,7	2,95
Coste Total	8.820,0	100,0	254,0	8.136,6	100,0	250,3	10.711,0	100,0	187,0	100,0

(1) R. Gonçalves: "Documento sobre situação atual da habitação na Região Metropolitana de Belo Horizonte", 1994, inédito. Se trata de viviendas de 36 m². El coste indirecto comprende: el coste del proyecto, los intereses y los impuestos a la construcción.

(2) Oficina de Planificación Estratégica de El Salvador: "Propuestas para la transformación de los procesos de gestión de proyectos y análisis de casos en viviendas", 1995. El proyecto se refiere a 13 viviendas de 32,5 m² cada una y con un predio de 55 m². Los costos indirectos comprenden el diseño del proyecto, el coste financiero de las obras y los costes de gestión y administración.

(3) E. Torrealba, "Construcción de viviendas de bajo coste en Chile: el caso de Rancagua", CEPAL 1996. Se trata de 308 viviendas de 57,27 m² cada una y un predio de 105 m².

Tabla 4.3

RESUMEN DE DESCOMPOSICIÓN PORCENTUAL DE PRECIOS DE CUATRO REALIZACIONES EN TRES CAPÍTULOOS					
Capítulos de Costes	Colombia (Zipaquirá)	Brasil (Belo Horizonte)	El Salvador (San Salvador)	Chile (Rancagua)	Valores medios de las cuatro realizaciones
Terreno y Urbanización	19,53	36,0	25,2	24,6	26,33
Construcción	47,85	53,3	46,4	62,8	52,59
Costes Financieros, Utilidades y Otros	32,62	10,7	28,4	12,6	21,08

Tabla 4.4

INFORMACIÓN RELATIVA A LOS COSTOS DE LAS VIVIENDAS EN CHILE SEGÚN DIFERENTES TIPOS

Tipos	Superficie y Costo promedio 1995	Costo 1995 (Miles de dólares de 1994)	Costo en \$ por metro cuadrado construido	Equivalente en salarios mínimos por m ² construido (164 \$ /mes)
A	Vivienda de 200 m ² , que se transa en el mercado con una superficie mayor de 141 m ²	161,2	806	4,9
A B	Vivienda de 117 m ² , que se transa en el mercado con una superficie entre 101 y 140 m ²	66,6	569	3,5
B	Vivienda de 85 m ² , que se transa en el mercado con una superficie entre 71 y 100 m ²	45,0	529	3,2
B C	Vivienda de 50 m ² , que se transa en el mercado con una superficie entre 36 y 70 m ²	18,4	368	2,2
C	Vivienda de 40 m ² , vivienda básica	6,3	157,5	0,96
D C	Vivienda de 36 m ² , vivienda de subsidio rural	4,9	136	0,83
D	Vivienda de 21 m ² , vivienda progresiva, incluyendo I y II etapa con espacio habitable adicional	4,2	200	1,2

Fuente: Cámara Chilena de la Construcción: "Estructura del mercado habitacional 1990-1995", Santiago de Chile
FMI: "Estadísticas financieras internacionales", Anuario 1995, Washington D.

total su industrialización sería menos viable que en los casos en los que el capítulo "construcción" supere el 60% del precio final. Volveremos más adelante sobre el tema.

IV.2.3. Costos medios de distintas tipologías de viviendas en Chile

La Tabla 4.4 recoge siete niveles de costos distintos, y obviamente también de calidades diferentes, de siete tipologías medias del mercado de viviendas en Chile, estudiadas por la Cámara de la Construcción, que oscilan entre los 21 metros cuadrados construidos (tipo D) y los 200 metros cuadrados (tipo A), con una gama de costos por metro cuadrado que oscila entre 200 y 806 dólares para ambos casos.

IV.3. COSTES COMPARATIVOS EN ONCE PAÍSES LATINOAMERICANOS

Como punto de partida de este estudio comparativo de costes en once países de América Latina y España, se ha elaborado la Tabla 4.5, resultado de la colaboración de un conjunto de profesionales latinoamericanos pertenecientes al Programa CYTED. La tabla recoge, expresados en dólares americanos, los precios de mercado -agosto/septiembre de 1997- de siete partidas que nos parecieron representativas y de gran interés para un trabajo de costes comparativos. Son las partidas que figuran en la primera columna de la tabla mencionada. En algunos casos,

los valores recogidos son la media de dos estimaciones proporcionadas por dos fuentes distintas y en el caso de Venezuela son la media de los valores de Caracas y Maracaibo.

Pese a que la Tabla 4.5, como veremos en el Apartado 4.4, se elaboró con una finalidad distinta a la comparación de los datos recogidos, entendemos que aporta información que no debíamos pasar por alto. Es por ello, que hemos recogido en las Tablas 4.6 a 4.15 los resultados por países de los siete primeros capítulos de coste recogidos en la Tabla 4.5, cuya última columna proporciona los valores medios de 10 países, todos menos Cuba y España, que por razones bien diferentes distorsionarían los valores medios de la muestra. Cuba por las fuertes variaciones que supondría su inclusión con el resto de los países estudiados, ya que siguiendo la política oficial cambiaría, hemos adoptado 23 pesos cubanos como el equivalente a un dólar de EEUU. El caso de España se introdujo únicamente a efectos de referencia comparativa, pero no se han tenido en cuenta sus valores al obtener las medias, ya que se trata de una realidad socioeconómica y geográfica distinta al resto de los países de la muestra.

El precio de la bolsa de 50 kilos de cemento portland² presenta una concentración de valores en el entorno de los 5,5 dólares Tabla 4.6, presentando Argentina un máximo de 7,0 dólares y resultando un valor medio para los diez países de 5,78 dólares. Resulta destacable, aunque no sorprendente, la prác-

2 Cuando el peso de la bolsa de cemento en el mercado nacional era menor de cincuenta kilogramos, por ejemplo, 42,5 kilogramos, se realizó la correspondiente equivalencia.

Tabla 4.5

PRECIOS "MEDIOS DE MERCADO" EN DÓLARES USA EN ONCE PAÍSES LATINOAMERICANOS Y ESPAÑA.

Precios medios de los siguientes conceptos: (Agosto 1997)	Argentina (Córdoba)	Brasil (Sao Paulo)	Chile (Santiago)	Colombia (Bogotá)	Cuba (País)	España (Madrid)	México	Paraguay (Asunción)	Perú (Lima)	Salvador	Venezuela (Caracas)	Uruguay (Montevideo)	Valores Medios (Excluyendo Cuba y España)
1.- Bolsa de 50 Kg de cemento portland normal.	7,0	5,9	6,5	6,2	0,1	4,10	5,6	6,7	5,1	4,0	5,4	5,4	5,78
2.- Tonelada de acero en redondos para armado de hormigón.	576,0	518,0	572,9	450,2	18,4	612,0	451,3	558,0	504,0	523,8	531,3	806,8	549,2
3.- Metro cúbico de arena puesto en obra.	9,5	20,9	13,1	20,0	0,50	23,14	4,3	4,6	7,3	8,6	16,2	11,3	11,6
4.- Salario mensual mínimo oficial (incluidas cargas sociales) de obrero de la construcción sin especialidad.	400,0	354,5	164,1	158,3	5,2	615,0	279,2	232,5	369,0	111,4	225,3	728,5	302,3
5.- Salario mensual real (incluidas cargas sociales) de obrero de la construcción sin especialidad.	600,0	431,0	334,2	208,3	7,5	1.230,0	358,4	232,5	369,0	151,0	363,7	853,1	390,1
6.- Precio de mercado medio de una "casa" de interés social de 50 m ² de una planta.	25.000	13.636	22.689	20.830	494,5		40.000	18.604	15.000	9.143	7.070	45.000	21.697,2
7.- Precio de mercado medio de un "departamento" de interés social de 50 m ² (en edificio de varias plantas).	40.000	19.550	23.370	41.660	543,4	40.540		34.884	17.770	17.143	23.838	60.000	30.912,8
8.- Cociente entre las partidas 6 / 4.	62,5	38,5	138,3	131,6	95,1		143,3	80,0	40,	82,0	31,4	61,7	80,9
9.- Cociente entre las partidas 7 / 4.	100,0	55,1	142,4	263,2	104,5			150,0	48,1	153,9	105,8	82,3	122,3
10.- Cociente entre las partidas 5 y 1.	85,7	73,0	51,4	33,6	75,0	300,0	64,0	34,7	71,	37,7	67,3	158,0	67,6
11.- Cociente entre la partida 7: 50 y la partida 4.	2,0	1,1	2,8	5,3	2,1	1,3		3,0		3,1	2,1	1,64	2,44
Cambio del dólar en moneda local (agosto 1997).	1,0 Pesos	1,1 Cruzados	413,0 Pesos	1200,0 Pesos	23,0 Pesos	148,0 Pesetas	8,2 Pesos	2.150,0 Guaraníes	2,6 Intis	8,75 Colones	495,0 Bolívares	9,65 Pesos	

Fuente: Elaboración del autor en base a los datos gentilmente proporcionados por: Aurelio Ferrero (CEVE, Córdoba, Argentina) y Dante Domene (Córdoba, Argentina); Paolo Fonseca (CYTED, Brasil); J. Manuel Cortines (Cámara de la Construcción de Chile) y Hugo Pereira (arquitecto, Chile); Gabriel Gómez (ingeniero, Colombia); Maximino Bocalandro y Salvador Gomila (arquitectos, Cuba); Jorge Martínez Claverán (arquitecto, México); Silvio Ríos (CYTED, Asunción, Paraguay); Walter Kruk (CYTED, Montevideo, Uruguay); José A. Peña (OTIP, Venezuela) e Ignacio Oteiza (arquitecto, Maracaibo, Venezuela); Edín Martínez, FUNDASAL (El Salvador).

tica igualdad de precios tanto en el Norte como en el Sur, ya que el componente mano de obra es muy bajo en el proceso de producción de cemento.

Algo similar a lo anterior ocurre con el precio de la tonelada de **acero en redondos para armado del hormigón**, que presenta un valor medio de 549,2 dólares con una zona de variación muy estrecha, entre 500 y 600 dólares, sobresaliendo el caso realmente singular de Uruguay que supera los 800 dólares. La regularidad en los precios comentados, cemento y acero, se debe en parte a que se trata de producciones típicamente oligopolistas y en muchos casos de ámbito multinacional Tabla 4.7.

El precio del metro cúbico de arena puesto en obra presenta oscilaciones más que notables, sin

duda por la fuerte influencia del transporte, factor que no se acotó suficientemente a la hora de hacer las consultas en los distintos países. Arroja un valor medio para los diez países de 11,6 dólares por metro cúbico incluido el transporte. Tabla 4.8.

Gran interés a efectos comparativos y para los cálculos que más adelante se realizarán tiene el valor, expresado siempre en dólares USA, del **salario mensual mínimo oficial, incluidas las cargas sociales, de un obrero de la construcción sin especialización**. Entendemos que la definición es clara y que no admite divergencias fundamentales en su interpretación. La Tabla 4.9 muestra en forma gráfica el caso sobresaliente de Uruguay, que destaca sobrepasando con 728,5 dólares incluso a España y

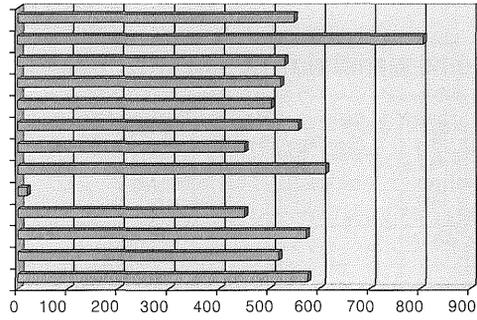
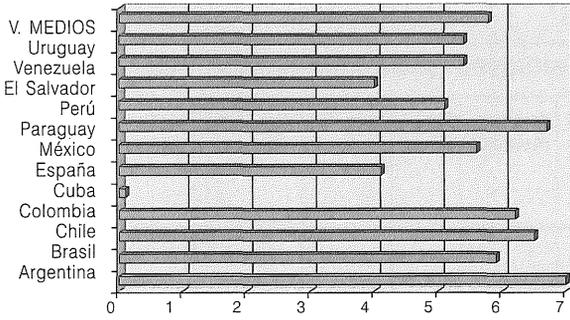


Tabla 4.6 Precio de la bolsa de Cemento Portland "normal".

Tabla 4.7 Precio de la tonelada de acero en redondos para armado de hormigón.

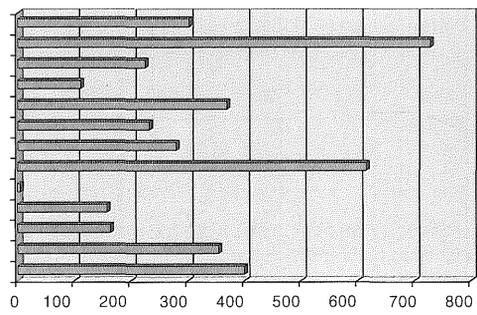
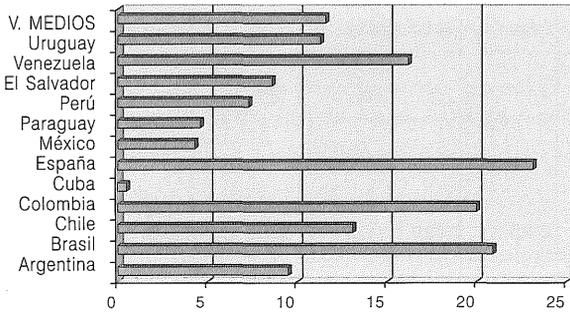


Tabla 4.8 Precio del metro cúbico de arenar puesto de obra.

Tabla 4.9 Salario mensual "mínimo oficial" (incluidas cargas sociales) de obrero de la construcción sin especialización.

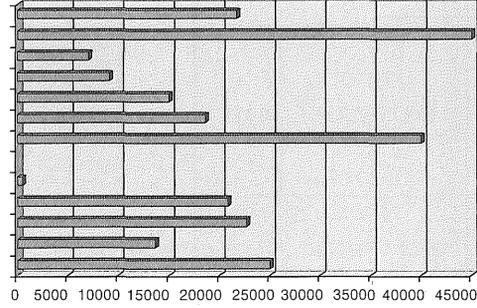
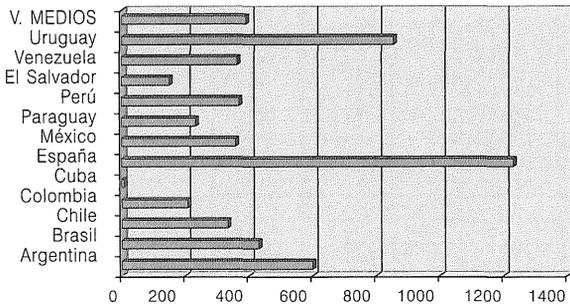


Tabla 4.10 Salario mensual "real" (incluidas cargas sociales) de obrero de la construcción sin especialización.

Tabla 4.11 Precio de mercado "medio" de una vivienda de interés social de 50m², de una planta.

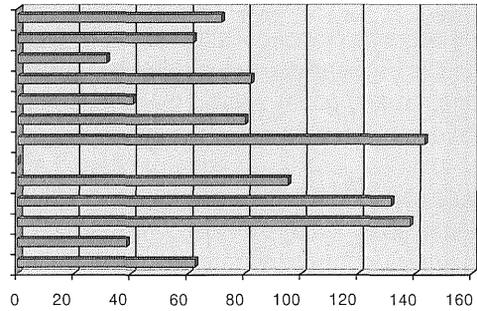
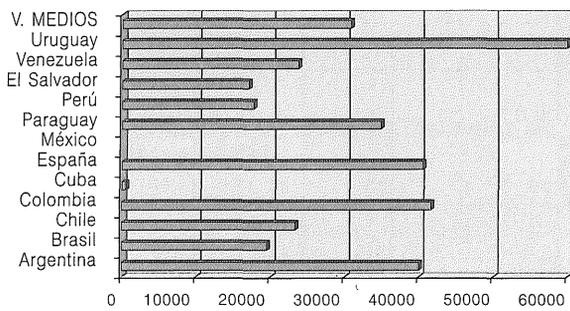


Tabla 4.12 Precio "medio" de mercado de una vivienda de interés social de 50m² (en edificio de varias plantas).

Tabla 4.13 Resultado del cociente de el precio "medio" de una vivienda de una planta entre el salario mínimo "oficial" de obrero.

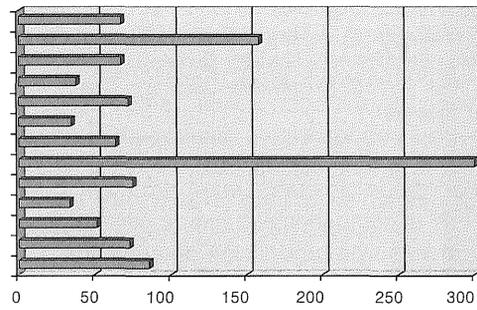
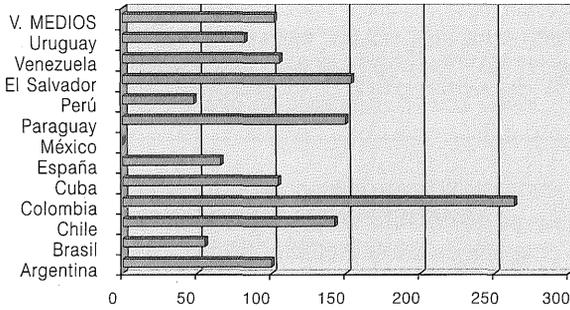


Tabla 4.14 Resultado del cociente del precio de mercado "medio" de un departamento y el salario mínimo "oficial" de obrero.

Tabla 4.15 Resultado del cociente del salario mensual "real" y el precio de la bolsa de cemento Portland "normal".

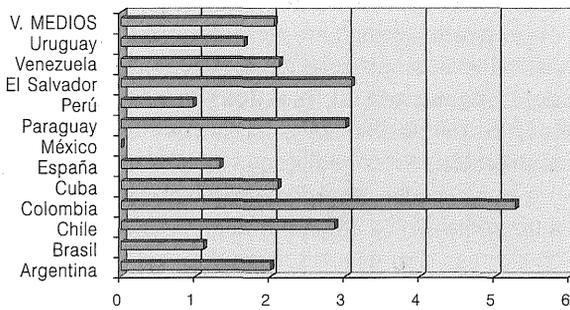


Tabla 4.16 Resultado del cociente entre el precio de mercado "medio" del metro cuadrado de departamento de interés social y el salario mensual "mínimo medio".

duplicando prácticamente a todos los países del Área. Igualmente, resulta sorprendente en sentido opuesto el caso chileno, sólo superado por el mínimo de El Salvador. La media de los diez países estudiados arroja un valor de 302,3 dólares / mes.

La Tabla 4.10, que recoge los **salarios mensuales reales**, guarda un cierto paralelismo con la anterior, arrojando un valor medio de 390 dólares/mes. Nuevamente destaca el caso de Uruguay, país en el que las cargas sociales sobrepasan el 65% del sueldo base. No cabe duda de que los valores reales medios aportados por los encuestados pueden ser más imprecisos que en el caso anterior de los salarios mínimos oficiales, por la carga de subjetividad que puede darse al interpretar lo que ha de entenderse como *salario real*.

Los precios medios de mercado de las viviendas de interés social de una planta, incluido el terreno, con una superficie construida de unos 50 metros cuadrados, lo que se conoce en forma genérica en la mayoría de los países latinoamericanos como *casas* y de las viviendas *-departamentos-* en edificios de varias plantas (bloques de apartamentos) de igual superficie que las anteriores, Tablas 4.11 y 4.12, admiten mayores divergencias en la interpretación de lo que se entiende por casa-tipo o por departamento-tipo ya que influyen considerablemente su ubicación, dotación o no de servicios públicos básicos y de transporte, superficie de la parcela y características del terreno, acabados que se incluyen en el precio, calidades de acabados, estructura antisísmica o no.... Es por ello que se advierte nuevamente sobre el cuidado con el que han de utilizarse a efectos comparativos los datos resumidos en las tablas que se comentan.

En los casos reflejados en las Tablas 4.11 y 4.12, los valores oscilan entre los 7.070 dólares de las casas en Venezuela y los 60.000 dólares de los departamentos en Uruguay; siempre en el contexto de referirnos a viviendas populares o de interés social. En cualquier caso, los valores medios arrojados por los diez casos (21.697 dólares para la casa y los 30.913 dólares para el departamento), dan cierta luz para delimitar en qué entorno nos movemos así como para establecer puntos de partida en las deducciones que se realizarán más adelante.

Hasta aquí los resultados de los valores de los siete capítulos estudiados en forma directa. Mayor interés y validez arrojan los resultados de algunas comparaciones entre los valores de diferentes ratios. En la Tabla 4.5 se recogía como valor 8 el **número de salarios mínimos equivalentes al precio de una vivienda-tipo (casa de interés social)**, y en la Tabla 4.13 se plasman estos valores según países.

Resultan llamativos los casos de Venezuela, Perú y Brasil, en la parte baja de resultados de la tabla, en el entorno de los 40 salarios mensuales mínimos por casa. En el otro extremo sobresalen México y Chile con 143,3 y 138,3 salarios mensuales respectivamente. Es decir, más de 12 años-salario para dos países que suelen tomarse como modélicos por los crecimientos de sus respectivos PIB, lo que hace que ratifiquemos una vez más que desarrollo y equidad no son valores sinónimos en Latinoamérica.

Como valor 9 de la Tabla 4.5, recoge el **número de salarios mínimos equivalentes al precio de un departamento-tipo**, valores que se plasman en la Tabla 4.14.

En este ratio, sobresale en forma destacada el caso de Colombia con 263,2 salarios por departamento, más de 21 años-salario! En el extremo opuesto aparece Perú con 48,1 meses, unos 4 años-salario. La media de la muestra estudiada es de 122,3 salarios mensuales, equivalente a más de 10 años de trabajo. Por tratarse de relaciones entre valores de un mismo país, resultan válidos a efectos comparativos los valores de Cuba, que arroja 104,5 salarios mensuales como equivalencia del coste del departamento y 95,1 salarios mensuales por casa.

El valor 10 de la Tabla 4.5, expresa el **equivalente del salario mensual real (incluidas cargas sociales) expresado en número de bolsas de cemento**.

Los valores de este ratio oscilan entre el mínimo de Colombia con 33,6 bolsas y el máximo de Uruguay con 158,0 equivalentes a los respectivos salarios mensuales. Se ratifica nuevamente la primacía de Uruguay respecto a los de la muestra en lo que a equidad social se refiere. Nos parece de interés, a efectos comparativos, señalar el resultado correspondiente a España con 300 bolsas de cemento como equivalencia al salario mensual *real*, o lo que es lo mismo, un 440% superior a la media de los once países estudiados que arroja 67,6 bolsas de cemento como equivalencia al salario mensual medio. Cuba se muestra algo por encima de la media con 75 bolsas. Nuevamente hemos de resaltar los bajos valores relativos que arrojan los casos de Chile y México.

La Tabla 4.16 muestra el equivalente en salarios mínimos mensuales del **precio medio por metro cuadrado de departamento** que arroja una media de 1,43 salarios mensuales, aunque con fuertes variaciones en la muestra estudiada.

Finalmente, en la Tabla 4.17 se recogen los *valores medios de los 10 países* (sin incluir Cuba ni España) de los siete capítulos y los tres ratios estudiados. En base a estos valores medios latinoamericanos se desarrollará en parte el trabajo que sigue.

IV.4. ¿ES POSIBLE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA VIVIENDA EN LATINOAMÉRICA HOY?

IV.4.1. Algunas cuestiones previas

No se tiene una respuesta concreta para la interrogante que da título a este apartado. Sería tan aventurado un sí como una negativa. No hay respuestas absolutas a este tipo de conjeturas pero pueden admitirse juicios acotados y, forzosamente, coyunturales (en el tiempo y la geografía) que han de matizarse en base a datos cuantitativos y circunstancias concretas de cada realidad. No hay en estos temas, ni puede haberlas, verdades absolutas. Nos ratificamos en la respuesta condicionada que dábamos en el Apartado 4.1.

La Tabla 4.18 recoge hasta diez posibles circunstancias que en nuestra opinión pueden influir de forma decisiva para conformar una respuesta aproximada al interrogante del título de este apartado. Evidentemente, no podrá ser la misma respuesta la que corresponderá a una región y circunstancia que se vea reflejada por los supuestos que se recogen en la izquierda de la columna (B) de la tabla, que la de otro país o contexto que fuese cercana a la opción de la derecha de dicha columna. Por otra parte, el interrogante planteado, obviamente, no puede tener la misma respuesta para una promoción de gran volumen de departamentos en una metrópoli del Mercosur, que para un supuesto de 200 casas en una zona rural de Centroamérica.

Al enjuiciar o evaluar los sistemas constructivos, las razones técnicas son importantes pero éstas se encuentran relegadas, casi siempre, por otro tipo de *circunstancias no técnicas* que pueden llegar a ser decisivas. Éste es realmente el mensaje que queremos transmitir introduciendo este intento de cuantificar la influencia de las "circunstancias externas". Puede ser de interés para el lector que trate de adaptar una matriz de características similares a la propuesta a las circunstancias concretas que concurren en su proyecto, empresa o país en el que ocupa su actividad profesional. Hipotéticamente, los valores totales de la evaluación propuesta en la Tabla 4.18 podrían oscilar entre un máximo de 45 puntos y un mínimo de 5. El máximo correspondería al caso en el que las 10 circunstancias propuestas obtuviesen la gradación de máxima importancia: "3 puntos", y que los factores de ponderación de todas las circunstancias fuesen los máximos, es decir "A=1,5". El mínimo sería para el caso en el que las 10 circunstancias tuviesen mínima gradación de importancia: "1 punto", y que los factores de ponderación de todas fuese igualmente mínimo, es decir: "C=0,50".

Conforme con lo anterior, pueden ser orientativos los criterios de valoración del contexto que se proponen en forma de Tabla 4.19. En ella hemos optado por tres niveles o grados de puntajes de las "circunstancias externas": hostil, neutral y favorecedor de los procesos tecnológicos de industrialización de la vivienda.

IV.4.2. Datos latinoamericanos para una cuantificación de los factores de coste

Una panorámica global de lo que ocurre en distintos países de Latinoamérica en lo referente a costes, nos pareció que pondría de relieve algunas singularidades propias de cada país y que podía enriquecer el conocimiento del lector en un tema muy propenso para establecer comparaciones.

De forma forzosamente esquemática, la Tabla 4.20 recoge las características fundamentales de dos *supuestos tecnológicos* que se enuncian para su comparación. Los cuatro apartados tratan de describir dos supuestos concretos, "A" y "B", que podrían ampliarse a otros supuestos "C", "D", etc. Los apartados que se describen se han agrupado en forma de:

1. Decisiones de partida del proyecto.
2. Características de la planta de producción.

Tabla 4.17

VALORES MEDIOS DE LOS CONCEPTOS EVALUADOS EN LOS DIEZ PAÍSES ESTUDIADOS (Valores correspondientes a Agosto de 1997)	
Conceptos evaluados	Valores medios en dólares de diez países (Sin incluir Cuba y España)
1.- Bolsa de 50 Kg de cemento portland normal.	5,78
2.- Tonelada de acero en redondos para armado de hormigón.	549,2
3.- Metro cúbico de arena puesto en obra.	11,6
4.- Salario mensual mínimo oficial (incluidas cargas sociales) de obrero de la construcción sin especialidad.	302,3
5.- Salario mensual <i>real</i> (incluidas cargas sociales) de obrero de la construcción sin especialidad.	390,1
6.- Precio de mercado medio de una casa de una planta de interés social de 50 m ² .	21.697,2
7.- Precio de mercado medio de un departamento de interés social de 50 m ² (en edificio de varias plantas)	30.912,8
8.- Cociente 6 / 4.	80,9
9.- Cociente 7 / 4.	122,3
10.-Cociente entre las partidas 5 y 1. Salario mensual en bolsas de cemento.	67,6
11.-Cociente entre (7: 50) y la partida 4: precio del m ² de departamento en salarios mensuales oficial.	2,44

Tabla 4.19

EVALUACIÓN DE LAS CIRCUNSTANCIAS EXTERNAS QUE PUEDEN INFLUIR EN LOS PROCESOS TECNOLÓGICOS

Circunstancias Externas	Puntajes	Valoración del Contexto
Con puntajes comprendidos entre:	5 - 19 20 - 30 31 - 45	Hostil Neutral Favorecedor

3. Cálculo inicial de necesidades de materiales básicos.
4. Equipos de transporte y montaje.

Supuesto "A":

Asumimos la contradicción que supone describir en el Supuesto "A" una tecnología que no es del interés prioritario de este trabajo: los sistemas cerrados a base de grandes paneles de hormigón. Se ha optado por ella, en aras a proponer un ejercicio de comparación global de costos del que puedan obtenerse enseñanzas didácticas y prácticas. Con el *Supuesto A* nos proponemos analizar, en los aspectos de costes, la producción de viviendas a base de grandes paneles de hormigón en el caso de transferir esta tecnología de forma mimética de Europa a un país de Latinoamérica. De forma inmediata, aparecen como conclusiones tres aspectos de importancia, especialmente cuando se trata de viviendas de muy bajo coste:

- La considerable importancia relativa de las materias primas (cemento, acero, materiales complementarios y accesorios).
- La alta repercusión de la amortización de la inversión (planta de producción y medios de transporte y elevación).

Tabla 4.18

**ALGUNAS CIRCUNSTANCIAS EXTERNAS QUE PUEDEN INFLUIR DECISIVAMENTE
EN LA VIABILIDAD DE LOS SISTEMAS INDUSTRIALIZADOS EN UN PAÍS, REGIÓN O EMPRESA LATINOAMERICANO (*)**

(A) Tipo de circunstancias que pueden influir en el empleo de sistemas industrializados:	(B) Gradación de importancia (i):			(C) Factor de ponderación (p): A / B / C	(D) Resultado de la evaluación = (i) x (p)
	3	2	1		
1.- Que las necesidades de viviendas del país (área geográfica) sean:	Abrumadoras	Medias	De reposición	A= 1,5	3,00
2.- Que el mercado del sector de vivienda en el que pretenden actuar sea:	Altamente subsidiado privada con subsidios	Mixto: empresa	Libre mercado a ultranza	A= 1,5	1,50
3.- Que el grado de cesantía laboral en el país o región sea:	Bajo (inferior al 7%)	Mediano (entre el 7% y el 15%)	Superior al 15%	B= 1,0	3,00
4.- Que los recursos humanos expertos en las tecnologías en cuestión sean:	Suficientes	Medianos	Nulos de hecho	C= 0,5	1,50
5.- Que las tipologías constructivas en el sector vivienda sean fundamentalmente:	A base de bloques en altura. Departamentos	Mixtas: departamentos y casas	Fundamentalmente casas dispersas	A = 1,5	3,00
6.- Que las disponibilidades de los recursos y materias primas básicas en la región (cemento, acero, aislantes...) sean:	Abundante Producción nacional incluso para exportación	Autosuficiente con ciertas carencias puntuales	Claramente deficitaria e importador	B= 1,0	2,00
7.- Que la vivienda de interés social sea en los programas de gobierno:	Una real prioridad con apoyos tangibles	Prioridad más	Irrelevante nominal que real	B= 1,0	2,00
8.- Que la capacidad instalada en el país de las tecnologías o sistemas que se pretenden utilizar sea:	Nula (primera actuación)	Media	Suficiente, incluso con capacidad cesante	C = 0,5	1,00
9.- Que las políticas y programas para el sector vivienda y construcción del país sean:	Estables, superando el mandato presidencial	Fluctuantes	Erráticas	A = 1,5	1,50
10.-Que los niveles de salarios medios mensuales (incluidas cargas sociales) para un obrero en el sector construcción sean:	ALTOS: Superiores a 400 dólares	MEDIOS: de 200 a 400 dólares	BAJOS: menores de 200 dólares	B = 1,0	2,00
11.-Otras circunstancias que en opinión del lector pueden influir. (Agregar las que se estimen razonables)...	¿?

TOTAL PUNTUACIÓN SEGÚN BAREMO:

22,00

(*) La gradación de importancia de las diferentes circunstancias -columnas "B" sombreadas-, los valores que figuran en las columnas "C" como factor de ponderación y la columna correspondiente a los Resultados de la evaluación = (i) x (p), son valores medios de un ejercicio académico realizado con un grupo de profesionales de la construcción en Córdoba (Argentina), aplicando la metodología para un determinado supuesto en dicha ciudad. Sólo tienen valor meramente pedagógico.

- La baja repercusión de la mano de obra (producción y montaje-construcción).

Los genes de las tecnologías europeas de grandes paneles, pretendieron responder a un reto claro: reducir mano de obra y, en particular, mano de obra especializada. En esta dirección, la prefabricación pesada ha aportado respuestas eficaces. Pero en Latinoamérica, las interrogantes y los objetivos son

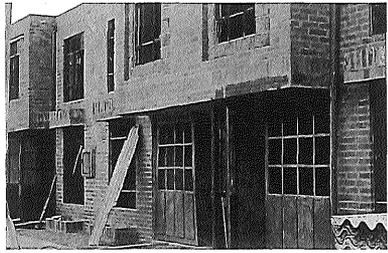
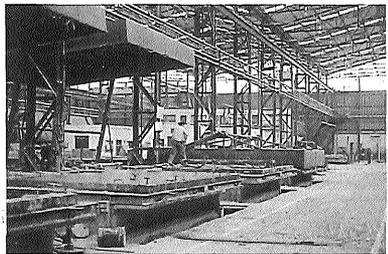
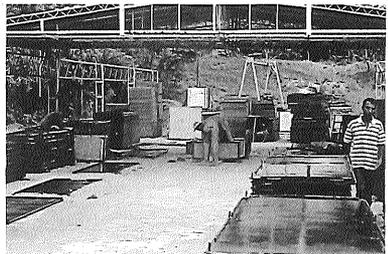
otros: ¿Cuáles son las razones básicas para el empleo de la prefabricación? ¿A qué coste? ¿Qué tipo de plantas de producción son las adecuadas? ¿Debe ser la reducción de mano de obra un objetivo prioritario?...

Supuesto "B":

Pretende reflejar una respuesta tecnológica de industrialización ligera más flexible y que represente com-

Tabla 4.20.

**SUPUESTOS DE PARTIDA PARA UN ANÁLISIS DE COSTES COMPARATIVOS
EN UNA OPERACIÓN DE VIVIENDAS INDUSTRIALIZADAS A BASE DE DIFERENTES SOLUCIONES TECNOLÓGICAS
(PROCESOS INDUSTRIALIZADOS)**

	Supuesto "A"	Supuesto "B"	"A"	"B"
1.-Decisiones de partida del proyecto:	<ul style="list-style-type: none"> • Se pretenden construir 2,500 viviendas sociales en forma de departamentos de 50 m² (de media). • En bloques de cuatro alturas, realizadas por una empresa del sector formal; • A un ritmo de 500 viviendas / año, durante cinco años. • Utilizando un sistema de grandes paneles prefabricados de hormigón, producidos en una planta de tecnología importada comprada bajo la modalidad llave en mano. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se pretenden construir 2.500 viviendas sociales en forma de casas de 50 m² (de media). • Casas en duplex, realizadas por una empresa del sector formal. • A un ritmo de 500 viviendas / año, durante cinco años. • Utilizando un sistema a base de bloques de hormigón de 40x20x20 cms, viguetas armadas, bovedillas y pequeños elementos complementarios, producidos con tecnología y equipos nacionales. 	 	
2.-Características de la planta de producción	<ul style="list-style-type: none"> • Fábrica que supone una inversión de 2 millones de dólares: La amortización de la planta repercute 800 dólares / vivienda o lo que es equivalente 16,0 dólares por m² construido. • Tecnología capaz de aportar entre el 60% y el 80% del coste total de construcción, (se adopta el 70%). • Plazo de amortización de equipos 5 años. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fábrica que supone una inversión de 300.000 dólares: La amortización de la planta repercute 120 dólares / vivienda o lo que es equivalente 2,4 dólares por metro cuadrado construido. • Tecnología capaz de aportar entre el 50% y el 70% del coste total de construcción, (se adopta el 60%). • Plazo de amortización de equipos 5 años. 	 	
3.-Cálculo inicial de las necesidades de materiales básicos	<ul style="list-style-type: none"> • 50 m² construidos por vivienda suponen unos 120 m² de paramentos (horizontales y verticales) realizables a base de paneles prefabricados. • Suponiendo espesores medios de los elementos de 12 cms. Se requieren 14,4 m³ de hormigón prefabricado por vivienda. • El peso de los elementos de una vivienda sería 36,6 tn. • En el supuesto de hormigones con 350 kg de cemento por m³, cada vivienda consume 5,0 tn de cemento equivalente a 100 bolsas de 50 kg • Para edificios de cuatro alturas, supondremos un consumo de acero de 80 kg por m³ de hormigón prefabricado: 1,15 tn de acero por vivienda. • Consumo aproximado de arena/grava: 12 m³ por vivienda. 	<ul style="list-style-type: none"> • 50 m² construidos por vivienda suponen unos 120m² de paramentos (horizontales y verticales) realizables con pequeños elementos unidos en obra. • Suponiendo espesores medios, de 12 cm con un 40% por hueco se requieren 8,6 m³ de hormigón prefabricado por vivienda. • El peso de los elementos de una vivienda sería 20,7 tn. • En el supuesto de hormigones con 350 kg de cemento por m³, cada vivienda consume 3,0 tn de cemento equivalente a 60 bolsas de 50 kg • Para viviendas de dos alturas, supondremos un consumo de acero de 80 kg por m³ de hormigón armado: 0,7 tn de acero por vivienda. • Consumo aproximado de arena/grava: 7,2 m³ por vivienda. 	 	

	Supuesto "A"	Supuesto "B"	"A"	"B"
4.-Equipos de transporte y montaje	<ul style="list-style-type: none"> • Se necesitan camiones para transportar 2 viviendas/día, 73 tn/día. • Se supone que el radio de acción de la actuación es de un ciclo/día: 50 kms. • Se utilizaría una grúa-torre de 60 m-tn. y otra auxiliar. • Se estima una inversión total en equipos de transporte y montaje de 0,5 millones de dólares: La amortización de los equipos 	<p>supone 200 dólares por vivienda o lo que es equivalente 4,0 dólares por m² construido.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se necesitan camiones para transportar 2 viviendas/día, 42 tn/día. • Se supone que el radio de acción de la actuación es de un ciclo/día: 50 kms. • Se utilizarían dos pequeñas grúas manuales. • Se estima una muy pequeña inversión total en equipos de transporte y montaje: La amortización de los equipos supondría unos 20 dólares por vivienda o lo que es equivalente 0,33 dólares por m² construido. 		

parativamente con el *Supuesto A* un fuerte ahorro en inversión capaz de compensar el posible incremento de mano de obra.

El lector relativamente novicio en estos temas podrá documentarse en sucesivos capítulos sobre lo que entendemos por *Supuestos A y B*. En el primer caso, los apartados 6.3.1.- "Parámetros de una planta de producción de grandes paneles para 1.000 viviendas/año" y 8.7.- "Plantas cubanas de producción Gran Panel IV" aportan información suficiente para acotar dicho *Supuesto A*. Por otra parte, los apartados 8.6. "Plantas polivalentes": sistema venezolano Sancocho y 8.2.- "Equipos para la producción de bloques" suponen dos posibles casos prácticos encuadrables dentro del *Supuesto "B"*.

En la Tabla 4.20, en base a experiencias del autor, se recogen en forma sintética los principales parámetros cuantitativos de ambos supuestos teóricos que nos permitirá un ejercicio de análisis comparativo.

En base a los valores medios de los diez países de la muestra estudiada -Tabla 4.17- se ha elaborado conforme a los *Supuestos A y B*, la Tabla 4.21, que tiene un valor medio generalizador.

Partiendo de los contenidos de la Tabla 4.21, que como ya se ha dicho son aplicables únicamente a un hipotético caso medio de los diez países estudiados, se pueden calcular de forma parecida los valores correspondientes a cada uno de los once países de los que se disponen de datos tanto para el *Supuesto A*, como para el *Supuesto B*, siempre en base a las hipótesis de partida que se establecieron en la Tabla 4.20.

Al objeto de no dispersar al lector con los distintos casos nacionales -los once países mencionados u otros posibles optamos por continuar los apartados que siguen refiriéndonos siempre a un caso hipotético medio de los diez estudiados, ya que lo que se pretende con este capítulo es el desarrollo de una metodología para el análisis de casos.

En base a los resultados totales³ calculados para las partidas *industrializadas* que suponen valores de 3.706,6 y 2.948,9 dólares por vivienda (departamento y casa respectivamente) en los *Supuestos A y B*, lo que equivale a repercusiones por metro cuadrado construido de 74,13 y 58,98 dólares respectivamente, y teniendo en cuenta que los supuestos tecnológicos propuestos aportan el 70% y 60% respectivamente del coste total de construcción completamente acabada, se ha elaborado la Tabla 4.22 que recoge únicamente los costes de construcción industrializada y de los acabados. Pero estas soluciones tecnológicas, industrializadas o no, hay que situarlas en un contexto concreto, es decir, en un terreno urbanizado y en un entorno de costes financieros y de otro tipo "así como de las utilidades -beneficios- propios de una actividad que por lo general es lucrativa".

Con la intención de delimitar en forma amplia diferentes escenarios reales de lo que pueden suponer desde el punto de vista de los costes las partidas "terreno urbanizado", "construcción" y costes financieros, utilidades y varios", se han previsto cuatro hipotéticos entornos que han quedado reflejados desde el punto de vista cuantitativo en la Tabla 4.23. En todos ellos pueden aplicarse tanto los *Supuestos A* como *B*.

Hasta el presente, hemos contemplado únicamente costes de *construcción* mediante supuestos industrializados ("A" y "B" respectivamente) resultando los valores que resume la Tabla 4.22. Ahora bien, esas soluciones constructivas han de situarse en un terreno urbanizado concreto y en un contexto mercantil determinado. Siguiendo con nuestro ejercicio

³ Se entiende, de acuerdo con la Tabla 4.21, que adoptamos los costes totales antes de añadirle un 30% de incremento en concepto de costes financieros, utilidades y varios a lo que suele conocerse como "construcción gris".

metodológico, vamos a delimitar cuatro hipotéticos supuestos en los que insertar las soluciones constructivas definidas en la Tabla 4.22.

Los cuatro supuestos que hemos denominado: "Uno", "Dos", "Medio" y "Universal" cuyos valores porcentuales para las partidas se recogen en la Tabla 4.23, responden a los siguientes criterios:

- Terreno y urbanización.
- Construcción.
- Costes financieros, utilidades y otros costes.
- Supuesto "Uno": contexto con escasa incidencia del coste de construcción en el precio de venta final: 33% P.
- Supuesto "Dos": contexto con alta incidencia de la construcción en el precio de venta final: 60% P.

- Supuesto "Medio": media de las cuatro realizaciones latinoamericanas estudiadas en la Tabla 4.3 que arrojan una incidencia media de la construcción del 52.59%P.

- Supuesto "Universal": a modo de ejercicio para el lector, la construcción incide en un hipotético Y% sobre el precio final de venta Y% P.

En base a los cuatro supuestos de la Tabla 4.23, se ha elaborado la Tabla 4.24 resultado de asignar a "P" (precio final de venta del metro cuadrado construido) cuatro valores como precio de venta: 150; 300; 600 y P dólares por metro cuadrado construido. Mediante estas cuatro alternativas se pretende abarcar la realidad de este sector de mercado en Latinoamérica, apareciendo dieciseis opciones o al-

Tabla 4.21

APLICACIÓN PRÁCTICA PARA LOS SUPUESTOS TECNOLÓGICOS "A" Y "B" DE REPERCUSIÓN DE COSTES EN EL CASO DE ADOPTAR LOS VALORES MEDIOS DE LOS DIEZ PAÍSES ESTUDIADOS QUE SE RECOGEN EN LA TABLA 4.17.
(Todos los valores en dólares USA)

Capítulos de repercusión (*):	Supuesto "A"		Supuesto "B"	
	Repercusión por apartamento de 50 m ² (sólo parte industr.)	Repercusión por metro cuadrado	Repercusión por casa de 50 m ² (sólo parte industrializada)	Repercusión por metro cuadrado
1.- Amortización de la planta para la producción	800	16,00	120	2,40
2.- Repercusión del cemento (100 y 60 bolsas x 5,78 dólares)	578	11,56	346,8	6,94
3.- Repercusión del acero de armar, sin preparar (1,15 tn y 0,7 tn x 549,2 dólares)	631,6	12,63	384,44	7,69
4.- Repercusión de la arena y grava (12 m ³ y 7,2 m ³ x 11,6 dólares)	139,2	2,78	83,52	1,67
5.- Amortización de los equipos de transporte e izado	200,00	4,00	20,0	0,40
6.- Mano de obra para la producción de los elementos de un departamento / casa (300 horas-hombre x 303,3 \$: 160 horas-mes)	568,9	11,38	568,9	11,38
7.- Mano de obra para el transporte y montaje de los elementos de un departamento /casa con los acabados básicos 180 y 400 h-h x 390,1 \$:160 horas-mes)	438,9	8,78	975,25	19,50
8.- Materiales, accesorios y complementos de los elementos prefabricados (aislamientos, juntas, anclajes, enlucidos,...) partida global	350,0	7,0	450,0	9,00
Σ ocho partidas precedentes	3.706,6	74,13	2.948,9	58,98
30% de costes financieros, utilidades y otros	1.112,5	22,24	884,67	17,69
TOTAL	4.818,58	96,37	3.833,6	76,67

(*) Se trata de la llamada construcción gris, es decir, de elementos prefabricados/industrializados tal y como salen de fábrica montados en obra, pero sin acabados ni elementos complementarios, ni instalaciones, lo que podríamos denominar vivienda semilla.

Tabla 4.22

SUPUESTOS DE COSTES TOTALES=COSTES DE LA CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA (BRUTA) + COSTES DE ACABADOS Y EQUIPOS

	Supuesto "A" (G.i. = 70%)		Supuesto "B" (G.i. = 60%)	
	Coste Vivienda en Bruto (Departamentos)	Coste m ² (Casas)	Coste Vivienda en Bruto	Coste m ²
Repercusión de la parte prefabricada/Industrializada (70% en el Supuesto "A" y 60% en el Supuesto "B")	3.706,6	74,13	2.948,9	58,98
Aportación de los acabados y equipos	1.588,54	31,77	1.965,93	39,32
Total costes de construcción vivienda acabada	5.295,14	105,4	4.914,83	98,3

ternativas de costes que recoge la Tabla 4.24 desglosadas en las siguientes partidas:

- Terreno y urbanización.
- Construcción.
- Costes financieros, utilidades y otros costes.

IV.4.3. Algoritmo para el cálculo del coste de construcción de la parte industrializada

Siguiendo minuciosamente los *Supuestos A* y *B* recogidos en la Tabla 4.20, se han expresado los valores de lo aportado por los procesos de industrialización respectivos a cada supuesto en forma de algoritmos sencillos en función de las siguientes variables: precio de la bolsa de cemento (P1); precio de la tonelada de acero (P2); precio del metro cúbico de árido puesto en obra (P3); salario mensual mínimo "oficial" (S1) y salario "real" (S2), resultando los algoritmos que se recogen en la Tabla 4.25.

Un paso importante para la validez del proceso metodológico que se propone, consiste en estimar o medir con precisión -en base a la práctica de cada sistema- su grado de industrialización (g.i.), enten-

diendo por tal el cociente entre el precio de las partidas de construcción directamente imputables al procedimiento/sistema industrializado y el precio final total de la construcción totalmente acabada tal y como se pone en el mercado. Téngase en cuenta que se trata de costes de construcción en ambos casos, es decir, sin incluir las partidas "terreno y urbanización" ni "costos financieros, utilidades y otros costes".

La Tabla 4.26 completa la 4.25 y recoge los resultados del proceso desarrollado para valores de "g.i." que hemos estimado en base a experiencias precedentes en 0,70 y 0,60 para los supuestos tecnológicos "A" y "B" respectivamente. Para otros supuestos distintos (Supuesto "C") sería sencillo determinar mediante una metodología parecida a la de la Tabla 4.21, un algoritmo de cálculo y un valor aproximado del grado de industrialización (g.i.) que nos permitiría estimar el precio de construcción.

La Tabla 4.27 recoge en forma de nueve conclusiones, las recomendaciones operativas resultantes de cruzar los resultados de la evaluación del contexto externo (Tabla 4.18) y la comparación de los costes de construcción resultantes (P x Y %) con los de mercado C (Tabla 4.24).

IV.4.4. Análisis de resultados y conclusiones

De la información elaborada en este capítulo, se desprenden algunas conclusiones de tipo general. Antes de abordarlas nos permitimos insistir nuevamente ante el lector recordando que dichas conclusiones no son directamente aplicables a casos específicos, sino que cualquier aplicación requiere un proceso propio de elaboración. Tómese lo expuesto más que como conjunto de resultados, como un intento de proceso metodológico. Enfatizando el carácter generalista de nuestras conclusiones, estas serían:

1. La lección global que nos dictan los datos manejados es que como profesionales tenemos un largo y fructífero camino por recorrer en el ahorro de materiales y en el diseño de tecnologías autóctonas capaces de rebajar la repercusión del capítulo de amortizaciones. Aquí y ahora, las tendencias respecto de la mano de obra irían más en el sentido de la consecución de racionalización, calidad y eficiencia.

Tabla 4.23

REPERCUSIÓN DE LAS PARTIDAS DE COSTE EN CUATRO SUPUESTOS DISTINTOS				
Partidas fundamentales en las que se reparte el precio de venta de una vivienda	Supuesto "uno" 1/3; 1/3; 1/3 (33%; 33%; 33%)	Supuesto "dos" 1/5; 3/5; 1/5 (20%; 60%; 20%)	Supuesto "medio" tabla 4.3	Supuesto "universal"
Terreno y urbanización	33,33%	20,00%	26,33%	X %
Construcción	33,33%	60,00%	52,59%	Y %
Costes financieros, utilidades y otros costes	33,33%	20,00%	21,08%	Z %
Precios de venta final por m ² construido en dólares	"P"			

Tabla 4.24

**DESGLOSE PRÁCTICO DE CUATRO PRECIOS DE VENTA POR METRO CUADRADO EN DÓLARES
DE LAS TRES PARTIDAS DE COSTE SEGÚN CUATRO SUPUESTOS**

	Supuesto "Uno" 1/3; 1/3; 1/3 (33%; 33%; 33%)				Supuesto "Dos" 1/5; 3/5; 1/5 (20%; 60%; 20%)				Supuesto medio de las cuatro realizaciones de la Tabla 4.3 (26,33%);(52,59%);(21,05%)				Supuesto cualquiera: "Universal" (X%; Y%; Z%)
	Supuestos de precios de venta por m ² construido				Supuestos de precios de venta por m ² construido				Supuestos de precios de venta por m ² construido				"P"
	150	300	600	"P"	150	300	600	"P"	150	300	600	"P"	
Terreno y urbanización	50	100	200	0,33P	30	60	120	0,20P	39,5	79	158	0,263P	X x P/100
Construcción	50	100	200	0,33P	90	180	360	0,60P	79	158	316	0,526P	Y x P/100
Costes financieros, utilidades y otros costes	50	100	200	0,33P	30	60	120	0,20P	31,5	63	126	0,211P	Z x P/100

2. Los supuestos no justificados aunque basados en experiencias previas estimando la parte industrializada en un 70% y 60% respectivamente del precio total de construcción, no es tarea sencilla de conseguir, aunque sí factible. Estamos hablando siempre de viviendas de interés social, y por tanto, carentes de sofisticaciones y equipos o acabados costosos. ¿De qué serviría un proceso industrializado avanzado de producción y acabados ejecutados con mano de obra tradicional, desorganizada y sin planificación? La sintonía y armonización, desde la fase de proyecto, entre la parte industrializada (70% ó 60%

Tabla 4.25

**ALGORITMOS DE CÁLCULO DE LOS VALORES DE LA PARTE APORTADA
POR LA INDUSTRIALIZACIÓN AL METRO CUADRADO CONSTRUIDO
SEGÚN LOS SUPUESTOS EXPLICITADOS EN FUNCIÓN DE LOS
COSTES UNITARIOS QUE FIGURAN AL PIE**

Supuesto "A" $P_i = 27,00 + 2,00 \cdot P_1 + 23\% P_2 + 24\% P_3 + 37\% S_1 + 22\% S_2$

Supuesto "B" $P_i = 11,80 + 1,20 P_1 + 14\% P_2 + 14\% P_3 + 37\% S_1 + 5\% S_2$

CLAVES: P₁ = precio bolsa de cemento; P₂ = precio Tn redondos; P₃ = m³ de árido; S₁ = salario mensual oficial; S₂ = salario mensual real.

Tabla 4.26

**GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN ESTIMADO (g.i) (*) Y ALGORITMO DE CÁLCULO DEL COSTE
DE CONSTRUCCIÓN DE LA PARTE INDUSTRIALIZADA**

Supuestos estudiados	Supuesto Tecnológico (A)	Supuesto Tecnológico (B)	Supuesto Tecnológico (C)
Grado de Industrialización (g.i.)	g.i. = 0,70	g.i. = 0,60	g.i. = ¿?
Coste de la parte Industrializada (P _i)	$P_i = 27,00 + 2,00 \cdot P_1 + 23\% P_2 + 24\% P_3 + 37\% S_1 + 22\% S_2$	$P_i = 11,80 + 1,20 P_1 + 14\% P_2 + 14\% P_3 + 37\% S_1 + 5\% S_2$	P _i = ¿?
Coste de Construcción (C)	$C = P_i/0,70$	$C = P_i/0,60$	$C = P_i/g.i.$

(*) Grado de industrialización: expresado como valor porcentual de la aportación de la construcción industrializada al total del coste de construcción.

según el caso) y la de acabados-construcción (30% y 40% respectivamente) resulta imprescindible.

3. Los costes de la parte industrializada (3.706,6 y 2.948,9 dólares) según se trate de departamentos ejecutados mediante el Supuesto A o de casas de dos alturas a base de pequeños elementos, según el Supuesto B, pueden descomponerse para su me-

**VALORES CORRESPONDIENTES AL CASO MEDIO
DE LOS DIEZ PAÍSES ESTUDIADOS**

	Supuesto "A"		Supuesto "B"	
	dólares	%	dólares	%
Amortizaciones	20,00	26,97	2,80	5,35
Materiales	33,97	45,82	25,3	42,30
Mano de Obra	20,16	27,19	30,88	52,36
TOTALES	74,13	100%	58,98	100%

Tabla 4.27

RECOMENDACIONES OPERATIVAS			
Proceso	$C > P \times Y \%$	$C = P \times Y \%$	$C < P \times Y \%$
Contexto			
Hostil	Ni el contexto ni el tipo de proceso parece idóneo. Congelar la idea parece el consejo oportuno.	Los riesgos parecen excesivos. Congelar la idea con la vista en el futuro.	Pese a que el proceso parece idóneo, resultaría oportuno esperar condiciones más favorables.
Neutro	Adecuar la tecnología para bajar costes resulta prioritario.	Los riesgos son altos, ya que tanto la coyuntura como el proceso parecen medianamente idóneos.	Iniciar el proceso tecnológico pero con la atención puesta en la evolución del mercado.
Favorable	Parece necesario replantearse radicalmente el tipo de tecnología o el segmento de mercado en el que se pretende construir.	Resulta necesario introducir modificaciones en el proceso para bajar costos de construcción.	Las condiciones de contexto y el tipo de proceso resultan óptimas para iniciar esta forma de construir.

por análisis en los capítulos fundamentales: amortizaciones, materiales y mano de obra.

4. La repercusión de la parte industrializada, 3.706,6 dólares o 2.948,9 dólares, según los casos estudiados, se diluye en el precio final de venta en función de las condiciones de mercado. Tomando como válidos los precios medios de venta de departamentos y casas en los diez países estudiados (Tabla 4.5), -30.912,8 dólares y 21.697,2 dólares respectivamente-, las repercusiones serían del 12,0% y 13,59% reflejando una preocupante similitud en estos resultados entre lo que ocurre en América Latina y en los países del Norte.

5. De los tres supuestos precios de venta por metro cuadrado construido (Tabla 4.24): 150; 300; 600 dólares, vamos a comentar el caso intermedio -300 dólares/metro cuadrado- que es en nuestra opinión el que mejor refleja la realidad media latinoamericana. En base a este supuesto llegamos a las siguientes conclusiones:

A.-Los 74,13 dólares por metro cuadrado de la parte industrializada del Supuesto "A" (Tabla 4.21) supondría costes de construcción totales de 105,9 dólares por metro cuadrado (Tabla 4.22). Por tanto:

- No sería viable en el Supuesto "Uno" (105,9\$ > 100\$).
- Sería muy viable en el Supuesto "Dos" (105,9\$ < 180\$) ya que supondría bajas del orden del 41%.
- Sería bastante viable en el supuesto "Media de cuatro realizaciones "latinoamericanas" -105,9 dólares frente a los 158 dólares-, lo que supondría ahorros del orden del 33%.

B. Los 58,98 dólares por metro cuadrado de la parte industrializada del Supuesto B (Tabla 4.21) permitiría costes de construcción totales de 98,3 dólares, por lo que sería viable su utilización en los tres supuestos del párrafo anterior y serían válidas las tres conclusiones anteriores.

6. La lección que aporta la Tabla 4.24 es de gran importancia y permite diferentes lecturas. Si la situación en la que se actúa en un caso práctico concreto es más cercana al "caso medio de cuatro realiza-

ciones latinoamericanas -3ª columna- que del Supuesto "Uno" -primera columna-, resulta posible repercutir parte de las bajas conseguidas en los costes de construcción al precio de venta, con beneficio claro para los usuarios. Por esta razón, cuando el precio final de venta no está determinado pura y simplemente por el mercado -viviendas cooperativas, actuaciones municipales o estatales, intervenciones de ONG o cooperación internacional...- las soluciones industrializadas pueden jugar un importante papel en el abaratamiento de la vivienda.

7. Es preciso reconocer que no hay suficientes experiencias en América Latina de realizaciones de gran escala en el subsector de la vivienda de interés social realizadas mediante sistemas industrializados. El caso cubano, por su singular sistema contable y por su contexto específico desde el punto de vista coste del terreno, costes financieros y especialmente utilidades, no aporta resultados cuantitativos extrapolables a otras realidades latinoamericanas. Tampoco, hasta donde llega nuestra información, se ha estudiado este tema en profundidad, por lo que no podemos valernos de esta riquísima fuente de realizaciones a gran escala.

8. Asumiendo el altísimo riesgo que supone toda hiper simplificación en un contexto tan amplio -todos los países de América Latina-, con repercusiones de precios tan dispares (Tabla 4.5); supuestos tan diversos (Tabla 4.20); etc., en aras a estimular la reflexión personalizada que pretende el texto, nos permitiremos aventurar como conclusión final:

- Que para realizaciones de adecuado volumen (de 200 a 500 unidades año) y demanda mantenida en el tiempo (3 a 5 años).
- En determinados contextos, expresados mediante puntuaciones superiores a 30 puntos del baremo adoptado en la Tabla 4.18.
- Para actuaciones de viviendas con descomposición de factores de precio final de las características de mercado del Supuesto "Dos" o similares (20%; 60%; 20%).

- Con soluciones tecnológicas industrializadas -no necesariamente a base de grandes paneles- capaces de aportar un 60% del precio global de construcción.
- Para realizaciones de viviendas de interés social tipo departamentos de unos 50 metros cuadrados en bloques de varias alturas con precios de venta medios del orden de 20.000 dólares, y/o para vi-

viendas tipo casa con precios de venta medios del orden de 15.000 dólares:

... NOS ATREVEMOS A CONCLUIR EL CAPÍTULO AFIRMANDO QUE LOS PROCESOS DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN LATINOAMÉRICA, TIENEN ANTE SÍ UN PRÓSPERO PORVENIR EN CONTEXTOS Y CIRCUNSTANCIAS SIMILARES A LOS ACOTADOS MÁS ARRIBA.

RESUMEN DEL PROCESO DESARROLLADO EN CINCO ETAPAS

Etapa 1.- (Tabla 4.18)	Evaluar y ponderar en forma cuantitativa las circunstancias externas de contexto.
Etapa 2.- (Tabla 4.20)	Definición del supuesto tecnológico concreto que se utilizará y determinación del grado de industrialización.
Etapa 3.- (Tabla 4.21)	Cálculo del coste unitario de la aportación del proceso industrializado.
Etapa 4.- (Tabla 4.24)	Definición del supuesto de mercado en el que insertaría la construcción.
Etapa 5.-	Toma de decisiones operativas. (Metodología similar a la adoptada en la Tabla 4.27).

SEGUNDA PARTE

HERRAMIENTAS PARA LA INDUSTRIALIZACIÓN POSIBLE



LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LOS MATERIALES BÁSICOS

V. 1. LA IMPORTANCIA DE LOS MATERIALES EN LAS VIVIENDAS DE BAJO COSTE (VBC)

V.1.1. Introducción

La lógica de los costes de construcción en el Sur no es reflejo cabal de lo que ocurre en el Norte, sino una imagen distorsionada y grotesca. Pero incluso en los países del Sur, las diferencias entre lo que suponen los materiales en los sectores formal e informal llegan a ser extraordinarias.

Lamentablemente, dos materiales tan representativos e importantes en construcción como son el cemento y el acero estructural, no matizan en sus precios cuando se destinan al Primer o Tercer Mundo, todo lo contrario. H. Houben (1) cita trabajos del Banco Mundial en los que se constata que en bastantes países africanos el precio del cemento para los constructores es de dos a tres veces superior al pagado por el Estado y que en el mercado negro del mismo país, el precio llega a ser de seis a nueve veces mayor.

En el Capítulo anterior, las Tablas 4.6 y 4.7 nos hablan claramente de la constancia de los precios unitarios de los dos materiales aludidos en prácticamente todos los países de Latinoamérica. El problema está en el bajo poder adquisitivo de los que más los necesitan, que produce las disparidades reales que con toda claridad muestra la Tabla 4.15. Mientras que un obrero del Norte puede adquirir con un salario mensual más de 300 bolsas de cemento, un asalariado centroamericano sólo puede adquirir unas 30. Los técnicos no podemos desconocer esta realidad al proyectar con estos materiales.

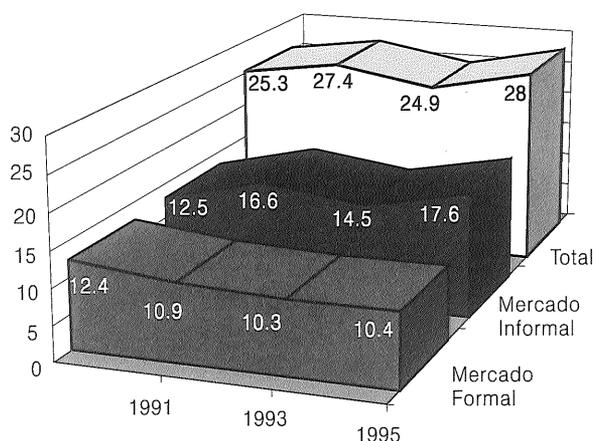
Aun siendo contundentes las razones argumentadas en pro de la importancia de los materiales, en su re-

lación con la vivienda social, hay otra razón que en no pocas ocasiones nos lo recuerda a lo largo y ancho de América: las capas populares, los marginales, etc., ahorran acopiando pequeñas partidas de materiales para su futura ampliación o nueva construcción. Ellos no tienen acceso al ahorro formal, no conocen sus reglas de juego, pero sí saben lo que les cuesta una bolsa de cemento, un centenar de ladrillos, una puerta o un aparato sanitario.

Por otra parte es claro, que en América Latina, el gran consumidor de materiales es el llamado sector informal. Valgan como botón de muestra los datos que aporta la Associação Brasileira de Cimento Portland, la poderosísima ABCP: desde 1989 hasta la fecha, el consumo de cemento en Brasil ha sido superior en el sector informal que en el formal y atribuye el incremento de ventas ocurrido entre 1993 y 1995, del orden del 20,5%, al incremento del consumidor formiga. El sector informal brasileño consume más del 60% del cemento producido (Figura 5.1).

La producción y abastecimiento de materiales para la construcción ha sido tradicionalmente poco considerado en los modelos o estilos predominantes de intervención política del sector de la vivienda. Tenemos la impresión, hablando de forma global, que la estructura industrial ha acumulado retrasos que es preciso revertir para despejar uno de los obstáculos que se oponen al crecimiento de la producción de viviendas y que es causante de sus altos precios relativos.

Las singularidades de un mercado tan extenso como el de materiales de construcción son extraordinariamente amplias. La Tabla 5.1, que tomamos literalmente del trabajo de la CEPAL Los materiales de construcción: base industrial de la producción de viviendas (2), nos parece una excelente radiografía de esa amplia realidad. Poco tiene que ver la tecnología empleada, la estructura societaria, la forma de distribución del producto, la conformación de sus precios, etc., del aluminio para marcos de ventanas con la de los bloques de hormigón. El primero responde a una es-



vienda. Estos sectores han sido contabilizados hasta ahora como una variable exógena que extiende el déficit cualitativo y la ocupación irregular del suelo urbano. De allí que un cambio importante sea integrar esta área de la producción habitacional al mercado formal de insumos y construcción, y considerar el potencial del sector informal para apoyar la gestación de mercados habitacionales con una oferta crecientemente competitiva y diversificada. Coincidimos plenamente con el trabajo de CEPAL (2) mencionado cuando, al referirse al sector de los materiales de construcción, afirma que: «... Adquieren importancia los ajustes normativos, la investigación tecnológica y la asistencia técnica encamina-

Figura 5.1.- Evolución de las cifras de ventas de cemento (1985-1995) en Brasil en los sectores formal e informal y totales nacionales. (Datos de la ABCP, en millones de toneladas).

Tabla 5.1

AMÉRICA LATINA: RASGOS PREDOMINANTES DE LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES

TIPO DE INSUMO	ESTRUCTURA	CARACTERÍSTICAS GENERALES
<ul style="list-style-type: none"> ● Aluminio ● Acero ● Vidrio ● Cemento 	Monopolio u oligopolio concentrado	<ul style="list-style-type: none"> ● Grandes plantas de una o pocas empresas, con alta relación capital / producto. Producción homogénea. ● Largo período de maduración de las inversiones. ● Fuertes barreras técnicas y económicas para la entrada de nuevas empresas. ● Baja sensibilidad de los precios a las variaciones de a demanda. Se responde con cambios en el grado de utilización de la capacidad productiva.
<ul style="list-style-type: none"> ● Asbesto-cemento ● Tubos plásticos ● Tableros y planchas de madera 	Oligopolio relativo	<ul style="list-style-type: none"> ● Características similares al caso anterior, menos acentuadas. ● Cierta grado de diferenciación de calidad de los productos. ● Liderazgo de empresas grandes, con poder para establecer el nivel de precios.
<ul style="list-style-type: none"> ● Cerámica ● Pinturas ● Componentes de hormigón 	Mercado competitivo con tendencia oligopólica	<ul style="list-style-type: none"> ● Plantas de tamaño mediano con relación capital / producto más reducida. ● Diferencias en calidad de los productos. ● Menores barreras de entrada, más dependientes de los canales de comercialización existentes.
<ul style="list-style-type: none"> ● Madera aserrada ● Bloques de hormigón 	Mercado competitivo	<ul style="list-style-type: none"> ● Predominio de empresas pequeñas y medianas. ● Inexistencia de barreras de entrada. Tecnología difundida. ● Importantes diferencias de calidad de los productos. ● Las fluctuaciones de la demanda producen efectos diversos (cambios en los precios, tasas de ganancias, número de empresas).

Fuente: José Manuel Cortínez: *Los materiales de construcción: Base industrial de la producción de vivienda. Cuarta parte de «La producción de la Vivienda en América Latina», CEPAL, Santiago de Chile, 1996.*

estructura de tipo monopolístico con unos pocos centros de producción, mientras que el segundo caso refleja fielmente un mercado competitivo. Dada la acentuada heterogeneidad del mercado y de la estructura productiva latinoamericana, las estrategias nacionales no deberían basarse sólo en las empresas de gran tamaño o en el desarrollo de los agentes del sector productivo formal. Estamos persuadidos de la crucial importancia de tomar en cuenta también la actividad informal autoprodutora de alojamientos, así como el segmento artesanal de producción de insumos constructivos, a los que corresponde parte importante de las acciones de vi-

dos a mejorar la elaboración y aplicación de materiales y técnicas regionales o locales. Es perfectamente posible difundir el progreso técnico hacia este sector, con miras a obtener menores costos, mayor calidad y generar empleo más calificado y mejor pagado, mediante un proceso de formalización de aquellas actividades que muestren tener potencial para un mayor desarrollo. Este progreso de carácter múltiple, que tiene sus bases en las ventajas comparativas propias de las culturas tradicionales, de ciertas localizaciones geográficas y principalmente de la disponibilidad temporal de mano de obra, necesita ser impulsado con programas de transferencia de tecnología y

fondos de inversión orientados a estimular la creación de una plataforma empresarial amplia, en la que participen también las pequeñas y medianas empresas y un sector artesanal competitivo».

V.1.2. Industria de productos para la construcción: tendencias

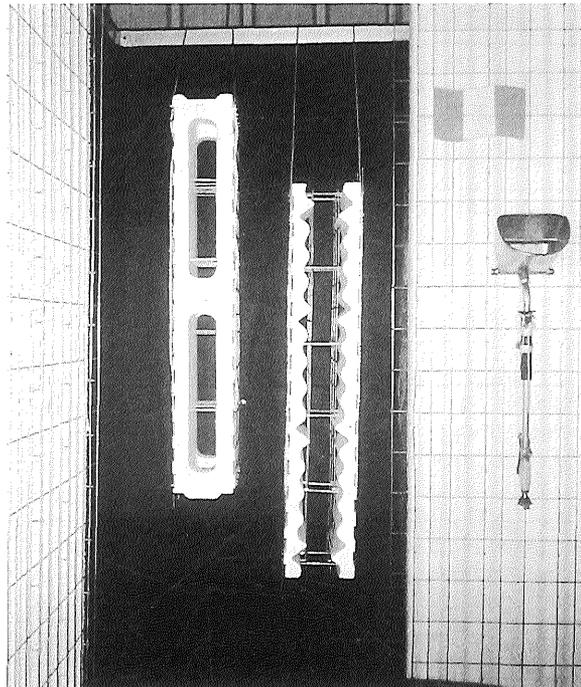
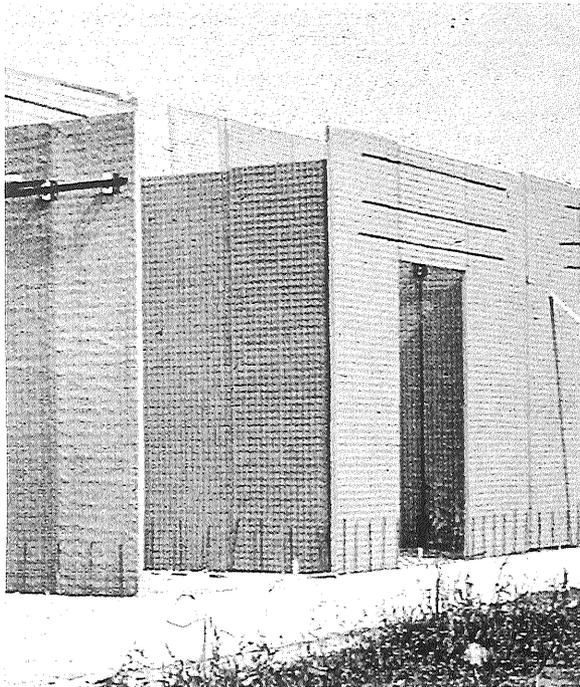
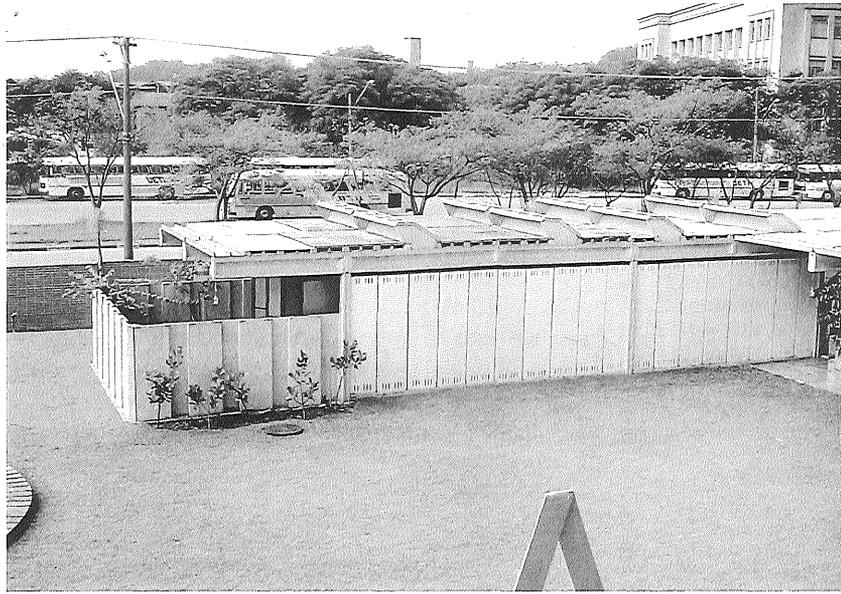
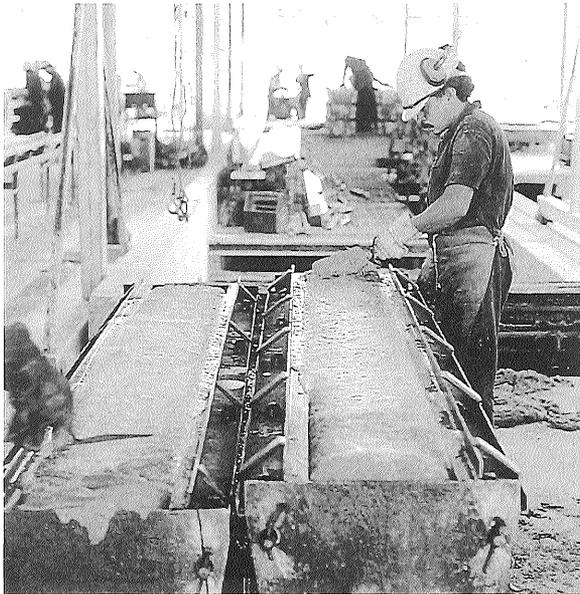
La apertura de las economías latinoamericanas ha dado impulso a la competencia industrial, lo cual, junto con la diversificación de la oferta, está permitiendo que los mercados nacionales vean cubiertas

sus necesidades en los períodos de alza de la actividad. El aumento de las importaciones ha favorecido el quiebre de los mercados cautivos y de los monopolios tradicionalmente existentes en determinados materiales. No obstante esos efectos favorables, la industria (de materiales, herramientas y equipos de construcción), si bien con notables diferencias entre países, muestra debilidades que la sitúan por debajo de su umbral productivo y obstaculizan la aplicación de métodos de construcción más eficientes. Debido a las características del proceso, se ha verificado una cesión de mercados nacionales, especialmente visible en el peso de las importaciones de materiales y componentes destinados a la edifi-

TABLA 5.2

SÍNTESIS DE PROPUESTAS DE CAMBIOS Y SUS IMPACTOS POTENCIALES EN EL SECTOR CONSTRUCCIÓN LATINOAMERICANO		
OBJETIVOS	MEDIOS	IMPACTO ESPERADO
Oferta de mejoramiento	<ul style="list-style-type: none"> • Créditos para compra de materiales. • Fomento de las pequeñas y medianas empresas. • Tecnología especializada. 	(-) Costo unitario. (-) Demanda del suelo. (+) Vida útil del parque habitacional.
Estabilizar la construcción	<ul style="list-style-type: none"> • Estructuración de sistemas de financiamiento (ahorro institucional, mercado de crédito y subsidio de la demanda). • Adaptación del marco legal para integrar al sector financiero. 	(+) Escala de operaciones y captación de recursos privados. (+) Estabilidad y mejor cobertura socioeconómica. (+) Interrelación con el crecimiento económico.
Fomentar la competitividad del sector informal	<ul style="list-style-type: none"> • Regularización de la vivienda informal. • Programas de tecnología y crédito. • Asistencia técnica. • Fondos de inversión productiva. 	(+) Volumen de obra y empleo local. (+) Redistribución del ingreso. (+) Diversidad de oferta e industria. (+) Cobertura territorial.
Aumentar el atractivo económico del sector	<ul style="list-style-type: none"> • Modernización institucional de la administración y de los permisos de obra. 	(-) Costos de gestión. (+) Rapidez de ejecución. (+) Interés del sector privado.
Ofertar viviendas a los sectores medio-bajos	<ul style="list-style-type: none"> • Desgravación de la construcción de viviendas de bajo costo. • Progresividad del sistema de subsidios. 	(+) Diversificación. (+) Volumen de obras.
Elevar la calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Priorizar el rol del diseño en la ejecución de proyectos. • Desarrollar sistemas de fiscalización, de inspección técnica y de aseguramiento de calidad. 	(+) Satisfacción del usuario. (+) Transparencia del mercado. (-) Costos de mantenimiento.
Desarrollo de la base industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Políticas de fomento de la producción de materiales, equipos y herramientas. • Internalizar criterios productivos en los diseños y especificaciones de obras promovidas por el Estado. 	(-) Dependencia externa. (+) Abastecimiento del mercado. (+) Productividad. (+) Posibilidad de exportación.
Coordinar la política de vivienda con el desarrollo urbano regional	<ul style="list-style-type: none"> • Modernización del sistema municipal. • Planes de suelo urbano y densificación. • Fomento de la participación social. • Subsidios y exacciones diferenciadas. • Focalización territorial. • Internalización de los criterios medioambientales. 	(+) Equilibrio entre distribución y población. (+) Interacción entre vivienda y desarrollo regional. (-) Concentración urbana. (+) Democracia en el funcionamiento de la ciudad. (-) Extensión territorial y externalidades. (-) Segregación socioespacial.

Fuente: Elaborado por CEPAL, sobre la base de la investigación mencionada (2).



cación para segmentos de altos ingresos, como también en el bajo promedio regional de los volúmenes y valores de exportación del sector vivienda. En varios rubros, la participación desmedida de las importaciones repercute negativamente en la estructura de costos, toda vez que muchas veces se importan insumos básicos que podían ser reemplazados por productos nacionales o materiales alternativos. Este marco parece dar cuenta de una debilidad del parque industrial regional para cubrir adecuadamente los grandes incrementos de la demanda (CEPAL, 1994). En el plano de la distribución espacial, las plantas muestran deficiencias de cobertura. Por la gravitación de los costos de transporte, esta particularidad de la industria eleva los costos de comercialización de los productos y afecta negativamente a una parte significativa de la demanda, lo que explica en buena medida la práctica de recurrir a materiales artesanales sustitutos.

El equipo de técnicos latinoamericanos autor del trabajo mencionado es partidario de que los distintos gobiernos, a fin de fomentar y apoyar un suministro

suficiente de materiales básicos de construcción de producción local, asequibles y duraderos, deben:

a) Alentar y apoyar, cuando proceda, el establecimiento y la expansión de pequeñas industrias locales y ecológicamente racionales dedicadas a la fabricación de materiales de construcción, así como la expansión de su producción y comercialización, recurriendo a incentivos legales y fiscales, concesión de créditos, proyectos de investigación y desarrollo y campañas de información.

b) Cuando proceda, adoptar políticas y directrices para favorecer la competencia leal en el mercado de materiales de construcción, con una mayor participación de las partes locales interesadas, y estableciendo mecanismos públicos para aplicar esas políticas y directrices.

c) Fomentar el intercambio de información y de tecnologías adecuadas de construcción ecológicamente racionales, asequibles y accesibles y facilitar la transferencia de tecnología.

d) Prestando la debida atención a las necesidades en materia de seguridad, volviendo a formular y

Figura 5.3.- Detalle del proceso de producción de elementos de argamasa armada en la planta municipal de Sao Paulo, Brasil, lamentablemente cerrada a los pocos años de iniciar una prometedora andadura técnica. (Foto J. Salas).

Figura 5.4.- Un típico proceso de producción de viviendas mediante paneles aislantes con malla electrosoldada sobre los que se proyecta mortero en obra. (Foto J. Salas).

Figura 5.2.- Construcción para uso docente de carácter experimental realizada a base de argamasa armada en los terrenos de la ABCP. (Foto J. Salas).

Figura 5.5.- Uno de los «stand» en la Feria de la Construcción de Guatemala, 1998, ofreciendo sistemas ligeros a base de elementos de estiropor. (Foto J. Salas).

Figura 5.6.- Las estructuras y componentes metálicos no tienen fácil entrada en los subsectores de VBC en Latinoamérica. Algunos intentos en Colombia, Venezuela y México se encuentran a nivel de prototipos aún no comercializados. (Foto J. Salas).



Figura 5.7.- Vivienda semilla del CEVE a base de paneles cerámicos del sistema BENO. (Foto J. Salas).



Figura 5.8.- Los paneles ligeros de hormigón presentan muy diversas variantes en prácticamente todos los países latinoamericanos. La imagen muestra el proceso de ejecución de una vivienda del sistema Servivienda de Colombia, que acumula una dilatadísima experiencia en este tipo de construcción para los más pobres. (Foto J. Salas).

adoptar, cuando proceda, normas y reglamentos de construcción para fomentar y permitir la utilización de materiales de construcción de bajo costo en viviendas y obras públicas.

e) Cuando proceda, fomentar relaciones de asociación con el sector privado y las organizaciones no gubernamentales a fin de crear mecanismos para la producción y distribución comercial de materiales de construcción básicos destinados a programas de construcción basados en la autoayuda.

f) Evaluar periódicamente los progresos realizados para conseguir los objetivos mencionados.

La Tabla 5.2, que tomamos del trabajo de CEPAL, ilustra sobre las tendencias, desafíos y áreas de innovación que engloba al sistema habitacional de América Latina y el Caribe en el que la influencia de los materiales juega un papel muy destacado.

V.1.3. Algunas tendencias concretas en la utilización de materiales de construcción

La tradicional utilización de la piedra volcánica que cubre gran parte del territorio de El Salvador y Guatemala, esta siendo perfeccionada por institutos universitarios que aprovechan sus propiedades aglomerantes.

La argamasa armada o ferrocemento ha sido brillantemente aplicada en Brasil, entre otros por el arquitecto Joao Figueiras Lima y por el importante equipo de trabajo de la Universidad de Sao Carlos con el liderazgo de J. Bento de Hanai. La realización de equipamiento urbano, escuelas, infraestructura y viviendas contaron con el aporte del CEDEC y otras instituciones y técnicos. (Figuras 5.2 y 5.3).

La utilización de morteros proyectados sobre mallas metálicas electrosoldadas a las que se incorpora una capa aislante resulta relativamente frecuente en varios países de América Latina, en algunos casos bajo licencia de empresas de EEUU (caso de México), italianas (en varios países de Centroamérica) o nacionales (Figuras 5.4 y 5.5). Pueden reseñarse los casos de Estrisa en Costa Rica, el CF2 y MO-MT del CEVE en Argentina, en Brasil, Colombia, etc.

Las variantes del hormigón sin armar incluyen la utilización de agregados especiales: de restos de la industria forestal por Servivienda de Colombia; de poliestireno expandido en Simplex de Chile, de áridos sin finos en Consur de Uruguay; de piedra pómez en la Universidad de San Carlos de Guatemala, entre otros ejemplos.

Las combinaciones de materiales presentan variadas soluciones innovadoras en cerámica armada, -en este campo la maestría del ingeniero uruguayo Dieste sobresale de forma singular (ver Apartado 10.2)-. Los paneles de hormigón confinados mediante marcos de acero son el soporte de las técnicas Concacero y Sancocho, tecnologías puestas a punto y producidas industrialmente por la empresa venezolana OTIP S.A. que lidera el ingeniero Peña (Ver el Apartado 8.3).

Un claro ejemplo de transferencia horizontal es la efectuada por la técnica constructiva Noboa, consistente en la prefabricación en hormigón armado y montaje manual de placas de poco espesor, superpuestas y encastradas entre pilares de sección en H. W. Kruk (3) reseña que esta técnica, iniciada en Cuba antes de 1960, evolucionó hacia el sistema Sandino y posteriormente Sandino 90, fue utilizada para más de 1.500.000 metros cuadrados. Hacia 1960 el PREFAPC, con características muy similares, se inicia en Costa Rica (1.030.000 metros cuadrados), transfiriéndose luego a República Dominicana en 1987 (60.000 metros cuadrados) y a otros países del área. Desde 1970 el MC PREFAB (500.000 me-

tros cuadrados), entre otras técnicas con bases comunes, se aplica en Brasil.

Un caso distinto es el de los paneles premoldeados de hormigón armado livianos que abarcan la altura de la vivienda, reforzados con nervaduras en los bordes verticales. Se dan soluciones similares desde 1970 en Horpresa de Uruguay y en Ferrocemento de Cuba, y también en Costa Rica. En este caso es probable que, por caminos independientes, se hayan desarrollado soluciones con muchos elementos comunes para exigencias semejantes, con la consecuente reiteración de experiencias y costos.

Una compleja sucesión de transferencias con varios perfeccionamientos y desarrollos de nuevas y más amplias aplicaciones en los diversos sectores de la construcción se originaron en las losetas de ladrillo armado. Estas losetas que se preparan a pie de obra con el trabajo de los autoconstructores, eliminan el encofrado de madera y permiten un montaje manual. Las cooperativas de vivienda del Uruguay las aplicaron, incluso, para cubrir locales comunales con losas plegadas de hasta 14 metros de luz. En México, Carlos González Lobo (4) las moldea sobre superficies curvas para constituirse en dovelas de bóvedas para entresijos (ver Apartado 10.2.2). El CEVE, en Argentina, las utilizó para muros. El ingeniero Novo, en Uruguay, las complementó con una liviana estructura de hormigón y las aplicó en muros y cubiertas. El arquitecto García Pardo, también en Uruguay, las apareó con un alma de mortero, eliminando las vigas de cimentación y encadenado. La Universidad de Campinas, en Brasil, diseñó un repertorio completo de componentes preformados en cerámica armada que permite montar el edificio entero en forma manual. (Figuras 5.6 a 5.8). Valgan los casos comentados como una mínima panorámica de tendencias en la utilización de materiales en las VBC.

V.2. EL HORMIGÓN: SU UTILIZACIÓN EN VIVIENDAS DE BAJO COSTE¹

V.2.1. Ventajas y desventajas como material para vivienda de bajo costo (VBC)

Una de las mayores ventajas del hormigón como material para VBC radica en su durabilidad. Respecto a otros materiales también empleados en la construcción de viviendas, requiere un mantenimiento mínimo. No facilita el crecimiento o proliferación de parásitos o microorganismos, lo cual contribuye a las condiciones de salubridad de la vivienda. Posee bue-

Tipo	Denominación
I	Normal
II	Moderado calor de hidratación
III	Alta resistencia inicial
IV	Bajo calor de hidratación
V	Resistente a los sulfatos

na inercia térmica, lo cual hace que el ambiente dentro de la vivienda sea más o menos constante.

Estructuralmente, armado con el refuerzo adecuado, permite conformar elementos de dimensiones importantes. Si bien existen materiales de mejor comportamiento sísmico, debidamente diseñado presenta un comportamiento adecuado, especialmente si nos referimos a las modestas estructuras usuales en las viviendas de las que nos ocupamos en este texto.

Su mayor desventaja, por lo menos aparente, frente a otros materiales empleados en VBC puede ser su costo, que en determinadas ocasiones no lo hace competitivo con otros materiales. Estrechamente ligado con este factor, está la no siempre disponibilidad de sus componentes en todas las zonas, especialmente el cemento, cuyo transporte aumenta los costos.

V.2.2. Cementos

En general, suelen emplearse dos tipos de cemento para hacer hormigón: el portland normal y el portland adicionado. La tecnología mundial en la producción de cementos ha ido derivando hacia el adicionado, tanto por razones de costo como de comportamiento. (Ver Referencias 5 y 6).

Cemento portland normal

Entre los cementos portland más utilizables se suelen presentar los siguientes cinco tipos:

La mayor producción corresponde al tipo I y es, en términos prácticos, el de mayor disponibilidad. No requiere especiales cuidados para la confección y manejo de mezclas hechas con este tipo de cemento y es el más conocido por los constructores. El tipo III suele emplearse cuando se requiere una rápida puesta en servicio, como es el caso de las plantas de prefabricación para un uso intenso de moldes. Desde el punto de vista construcción de viviendas, salvo el mencionado caso de la prefabricación, no resulta muy aconsejable su uso, puesto que presenta altos valores de calor de hidratación (por su contenido de aluminato tricálcico). Este aspecto lo hace indeseable en la construcción de viviendas, que emplean generalmente paneles o elementos planos con una alta relación superficie/volumen, lo que facilita una alta evaporación y la consecuente mayor tendencia a la fisuración, que sumado a ese mayor desprendimiento de calor, exigirá un curado más cuidadoso para disminuir la posibilidad de agrietamiento. El empleo del cemento tipo V puede ser deseable en ambientes con alto contenido de sulfatos, pero la tendencia actual es el enfrentar este problema con hormigones muy impermeables, obtenidos con bajas relaciones agua/cementante (a/c), altas dosis de aditivos plastificantes y eventualmente empleo de adicio-

1 Este Apartado, en forma prácticamente literal es reproducción del trabajo que para esta publicación ha preparado el ingeniero civil colombiano Gabriel Gómez, profesor de la Universidad Nacional de Bogotá y especialista en temas de patología de la construcción. Se trata de una adaptación de las charlas pronunciadas en el I Curso Internacional Teórico-Práctico sobre Construcción Industrializada que organizamos en Puerto Ordaz (Venezuela) 1992.

Figura 5.9.- Variación de la resistencia con la concentración de materia orgánica.

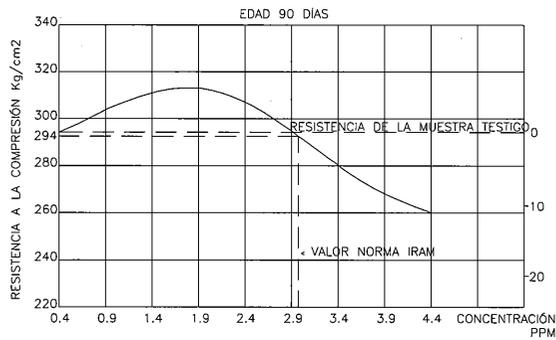
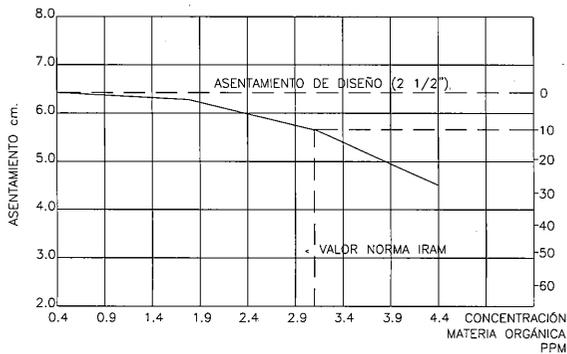


Figura 5.10.- Variación del asentamiento con la concentración de materia orgánica.



nes (v.g. microsílíce); además, su alto costo y dificultad de consecución en muchos casos no lo hacen recomendable para viviendas de interés social (7).

Las normas para cementos de los diferentes países exigen el cumplimiento de unos requisitos mínimos de resistencia a compresión (usualmente determinados a 28 días, en cubos de mortero normalizado), tiempos de fraguado, finura, expansión de mortero y calor de hidratación; además de determinación de valores de otras propiedades físicas (densidad, falso fraguado, consistencia normal, etc.).

La resistencia a compresión es uno de los parámetros más importantes. Es imprescindible establecer la dosificación de la mezcla con la marca de cemento que se empleará en el taller o planta de producción y si ésta cambia, deberá determinarse una nueva dosificación, ya que no es válida la creencia, muy extendida en el medio, que entiende que si se cambia la marca de cemento manteniendo el tipo, se mantendrá la resistencia. Es uno de los factores que más afecta la variabilidad de resultados de resistencia de las mezclas.

La forma de almacenamiento y edad del cemento empleado son otros aspectos a tratar cuidadosamente. Las condiciones de almacenamiento deben ser apropiadas, favoreciendo los ambientes secos y la amplia circulación del aire, evitando los factores que propicien la condensación de humedad. El cemento suministrado en bolsas o sacos es especialmente vulnerable al mal almacenamiento y debe colocarse siempre bajo techo, sobre plataformas que lo aíslen del suelo y con corredores que permitan la circulación del aire. Se recomienda no apilarlos en alturas mayores a 10 sacos y empleando un sistema de almacenaje tal que el cemento sea usado en la misma secuencia en que ha sido almacenado. En general, no es recomendable usar cemento que presente grumos (volúmenes grandes de granos parcialmente adheridos) y mucho menos cuando ha endurecido.

Cemento portland adicionado

(Figuras 5.9 y 5.10) Los cementos adicionados son materiales que incorporan adiciones (originalmente puzolanas) y que presentan tres grandes ventajas:

a) Disminución de costos de producción. Usualmente se adicionan subproductos industriales de muy bajo costo (v.g. cenizas volantes de termoeléctricas, escoria de alto horno, ceniza de cascarilla de arroz, etc.). Además, disminuyen el consumo de combustible en la producción.

b) Mejora de las propiedades del hormigón. En términos generales aumentan su durabilidad (especialmente mayor impermeabilidad) y sus resistencias a largo plazo (usualmente más de 28 días), disminuyen el calor de hidratación del cemento y la tendencia a la segregación y exudación de la mezcla.

c) Son materiales ecológicos. Puesto que incorporan sustancias que en su mayoría resultan contaminantes en su estado natural.

Como desventaja muestran una velocidad de ganancia de resistencia más lenta (puesto que deben esperar a que sea liberado, por la hidratación del clinker, el hidróxido de calcio para reaccionar químicamente con él y formar nuevos compuestos cementantes) y una mayor exigencia en la calidad del curado en los hormigones que utilizan esta clase de cemento.

Su empleo puede resultar muy apropiado para determinados usos y circunstancias, puesto que permite incorporar subproductos industriales o agrícolas en grandes cantidades y con precios bajos, logrando disminuir el precio del cemento en la medida en que aumenta la cantidad de adición incorporada, hasta los límites impuestos por las resistencias requeridas y la velocidad de ganancia de esas resistencias.

V.2.3. Agregados²

La importancia de los agregados (áridos) se debe a que constituyen el mayor volumen que conforma el hormigón. Un material correctamente dosificado debe emplear la menor cantidad posible de pasta (cemento más agua) y la mayor de agregado hasta lograr una combinación óptima que cumpla con los requisitos exigidos de resistencia, durabilidad y manejabilidad. Un exceso o defecto en la cantidad de agregados puede producir hormigones muy secos y difíciles de manejar, colocar y compactar, o mezclas muy fluidas, costosas, con alta tendencia a la segregación y a la exudación, y grandes posibilidades de agrietamiento por retracción de secado. Para hacer un buen hormigón es deseable que los agregados presenten una serie de características. Entre las más importantes se pueden citar:

a) Adecuada granulometría: Debe existir presencia de todos los tamaños, de tal suerte que los espacios existentes entre las partículas más grandes sean

² Pese a que gramaticalmente agregado y árido no son sinónimos, por la fuerza de la costumbre en no pocos países latinoamericanos, utilizaremos ambas expresiones en forma indistinta al referirnos "al conjunto de cosas homogéneas que constituyen un sólo cuerpo".

ocupados por las de tamaño inmediatamente inferior, y así sucesivamente, de tal suerte que se minimicen los espacios que deban ser ocupados por la pasta. Esta adecuada granulometría no solo redundará en mayor economía (menor consumo de cemento, usualmente el componente más caro) sino también en mayor compacidad y consecuentemente mayor resistencia, impermeabilidad, durabilidad y menor retracción. Esto no quiere decir que agregados que incumplen con especificaciones granulométricas no puedan producir un hormigón de características aceptables. De hecho muchas regiones no cuentan con agregados de las mejores características. Ello implica que será necesario el empleo de una mayor cantidad de pasta para suplir estas deficiencias y cumplir con los requisitos de resistencia, manejabilidad y durabilidad, lo cual también supone mayores costos, aumento del calor de hidratación, mayor peligro de fisuración por mayor retracción de secado, necesidad de extremar los cuidados durante la mezcla, el transporte, la colocación y la compactación (existirá una mayor tendencia a la segregación y la exudación) y un proceso de curado más exigente.

b) **Bajo contenido de partículas planas y alargadas:** La presencia de este tipo de partículas disminuye la manejabilidad de la mezcla y compromete su durabilidad y resistencia. En el primer caso porque tienen tendencia a fracturarse y en el segundo porque forman puentes bajo los cuales se acumulan bolsas de pasta, parte de cuya agua se evapora creando vacíos o zonas más permeables. En el caso de las construcciones sociales, en las que generalmente se trabaja con secciones delgadas, este aspecto es importante puesto que una partícula puede quedar atrapada entre la armadura y la formaleta o molde en el momento del vertido, pudiendo entorpecer e incluso impedir el descenso del hormigón en buena parte de la sección, creando las conocidas coqueas u hormigueros, con efectos negativos en la estética, resistencia y durabilidad del material.

c) **Bajo contenido de materia orgánica:** las sustancias orgánicas pueden provenir tanto de los agregados como del agua de mezcla y afecta de manera especial los procesos de fraguado y endurecimiento, disminuyendo resistencia y manejabilidad de las mezclas.

d) **Bajo contenido de finos** (material que pasa tamiz 74μ): la presencia de partículas muy finas dentro del hormigón, que pueden ser aportadas por los agregados o el agua de mezcla, disminuyen la resistencia al dificultar o incluso impedir la adherencia de los granos de cemento entre sí o con los agregados. Las normas generalmente limitan su contenido a una cantidad que oscila entre el 3% y 5% del peso de agregados.

e) **Textura superficial apropiada:** usualmente, la falla en los hormigones de resistencias normales, los más empleados en construcción de vivienda, ocurre por una pérdida de adherencia entre agregados y pasta. Resulta entonces fundamental contar con agregados que proporcionen buena adherencia con la pasta, especialmente los agregados con textura rugosa y aristas vivas. Un agregado demasiado pulido (v.g. algunos cantos rodados) a pesar de que la

roca matriz puede presentar resistencias muy elevadas, no producirá un hormigón de buena resistencia.

f) **Forma adecuada:** la compacidad de una mezcla, y consecuentemente su resistencia, durabilidad y economía, depende en gran medida del patrón de acomodamiento de las partículas de agregado y este a su vez de la forma de esas partículas. Las formas esféricas producen un mejor acomodamiento y manejabilidad que las prismáticas, y éstas mucho más que las planas y alargadas.

g) **Resistencia a la abrasión:** existe cierto tipo de obras, y las viviendas de bajo costo no son la excepción, sometidas a grandes acciones abrasivas, bien por acción del viento a gran velocidad que arrastra partículas, por lluvias fuertes y permanentes, por agua que arrastra cantidades importantes de partículas, por acciones mecánicas como la acción repetida de ruedas de vehículos, etc. En estos casos es necesario que los agregados presenten una buena resistencia a la abrasión, puesto que en caso contrario se vería comprometida la durabilidad del material.

V.2.4. Agua de mezcla

En general puede afirmarse que el agua potable es apta para hacer hormigón. Caso de no existir agua potable disponible debe emplearse agua que no presente cantidades elevadas de sustancias que puedan resultar nocivas para la mezcla. Entre las más indeseables pueden citarse las que se recogen en forma de Tabla 5.3.

V.2.5. Aditivos

Son sustancias que generalmente se incorporan al hormigón en el momento de la mezcla y cuyo fin es mejorar algunas características del mismo, tales como manejabilidad, tiempos de fraguado o impermeabilidad (8). Su empleo es cada vez más frecuente en la tecnología del hormigón y en la confección de cierto tipo de elementos su uso puede resultar indispensable. Entre los más usados en la fabricación de hormigón para vivienda pueden citarse los que se enumeran en la Tabla 5.4.

V.2.6. Dosificación

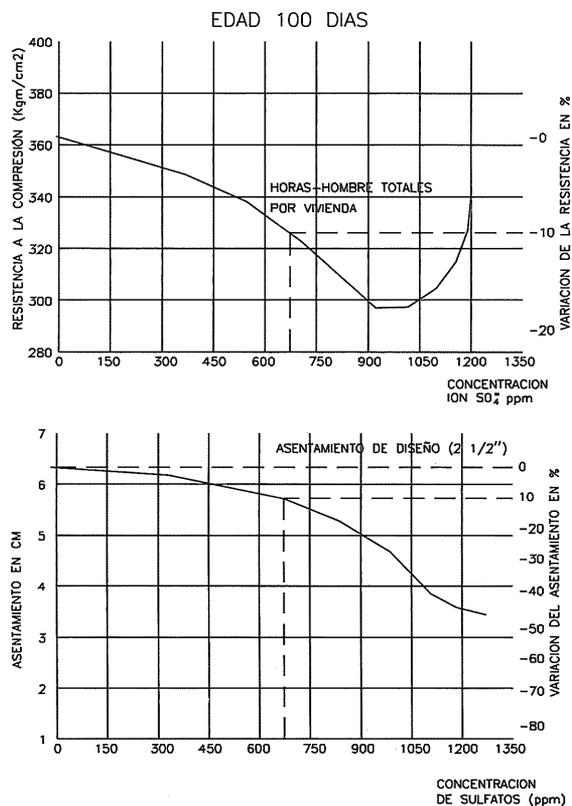
Son muy numerosos los métodos de dosificación de mezclas de hormigón, desde muy sencillos hasta sofisticados, no existiendo un procedimiento universal. Todos emplean ábacos o tablas obtenidos en forma empírica, calibrando expresiones deducidas con datos obtenidos en laboratorio y, consecuentemente, su campo de aplicación abarca aquellos materiales con los cuales fueron obtenidos, con las limitaciones que ello supone. Además, cualquier procedimiento de diseño, por la alta variabilidad del material en cuanto a componentes y procedimiento de puesta en obra, sólo es una primera aproximación a

Tabla 5.3

CONTENIDOS INDESEABLES DEL AGUA DE MEZCLA PARA HORMIGONES	
CONTENIDOS	EFECTOS
Materia orgánica:	Su efecto ya fue mencionado cuando se habló de agregados. Afecta en forma de disminución de manejabilidad, resistencias y tiempos de endurecimiento. Es una de las sustancias más probables de encontrar en aguas no tratadas.
Cloruros:	Su acción afecta más al acero de refuerzo que al hormigón, facilitando en aquél los procesos de corrosión. En el mortero y hormigón su acción acelera los tiempos de fraguado y endurecimiento, pero no suele comprometer las resistencias finales.
Sulfatos:	Su acción se centra sobre el cemento y los compuestos de éste especialmente sobre el aluminato tricálcico, formando la ettringita (sulfoaluminato de calcio), compuesto que genera expansiones en la pasta, pudiendo comprometer la resistencia y durabilidad del hormigón. Existe alta probabilidad de presencia de sulfatos en agua proveniente de pozos, puesto que los acuíferos que los alimentan pueden estar contaminados por materias tan usuales como abonos orgánicos, materias fecales, descomposición aeróbica de plantas o presencia de factorías que almacenen carbón o escorias.
Carbonatos y bicarbonatos:	Pueden acelerar o retardar los tiempos de fraguado pero altas concentraciones pueden disminuir la resistencia. Se recomienda efectuar pruebas de tiempo de fraguado y resistencia cuando la suma de las sales disueltas supere las 1.000 partes por millón (p.p.m).
Aguas ácidas:	Los ácidos atacan especialmente al cemento y destruyen el poder aglomerante de la pasta. La aceptación debe estar basada más en la concentración de ácidos que en su pH. Se recomienda aceptar aguas cuyo contenido de ácidos inorgánicos (v.g. clorhídrico, sulfúrico) no sobrepase las 10.000 p.p.m. y evitar las aguas con un pH inferior a 3, o su neutralización previa con cal.
Aguas alcalinas:	Aguas conteniendo hidróxido de sodio en concentraciones superiores al 0.5%, o hidróxido de potasio en concentraciones superiores al 1.2 % en peso del cemento pueden reducir significativamente la resistencia.
Azúcares:	En pequeñas cantidades (hasta 0.15 % en peso del cemento) retardan los tiempos de fraguado; en cantidades altas (más del 0.2% en peso del cemento) aceleran los tiempos de fraguado y pueden disminuir de manera apreciable la resistencia.
Aceites y algas:	Disminuyen en forma apreciable la resistencia, al disminuir la adherencia entre pasta y agregado. Los aceites mejoran la manejabilidad y las algas aumentan la cantidad de aire atrapado, el cual es indeseable por la disminución de resistencia e impermeabilidad que provoca.
Agua de mar:	Contiene sales que afectan la manejabilidad, resistencia y durabilidad. Los hormigones hechos con agua de mar presentan resistencias iniciales más elevadas que los realizados con agua normal. Se considera que agua de mar conteniendo menos de 35.000 p.p.m de sales disueltas no presentan problemas para hacer hormigón sin armaduras. El problema radica en el acero de refuerzo, cuya corrosión se ve facilitada por la presencia de los cloruros. Se puede hacer hormigón empleando una relación a/c menor de 0.45, un curado excelente y con recubrimientos del acero de refuerzo no inferiores a 7.5 cms. No se permite su empleo en elementos pretensados, por su gran sensibilidad a la corrosión bajo tensión.

Tabla 5.4

ADITIVOS MÁS USUALES Y CARACTERÍSTICAS	
TIPO DE ADITIVO	CARACTERÍSTICAS
Plastificantes o superplastificantes reductores de agua:	Aumentan de manera apreciable la manejabilidad al lograr una repulsión temporal entre los granos de cemento. Esta acción se puede emplear en dos sentidos. Con el uso de la misma cantidad de agua y de cemento (misma resistencia), se puede aumentar la fluidez de la mezcla y consecuentemente su facilidad de colocación; manteniendo el asentamiento se puede disminuir la cantidad de agua y consecuentemente la relación a/c logrando aumentos en la resistencia e impermeabilidad del material. No es muy recomendable su empleo como reductores de cemento (por reducción del agua y mantenimiento de la relación a/c). El uso de este tipo de aditivos puede ser recomendable en los elementos laminares utilizados en algunos sistemas industrializados de vivienda.
Acelerantes:	Suelen ser empleados en industrias de prefabricados, donde es necesaria la reutilización rápida de moldes o formaletas. Los acelerantes a base de cloruros, tienen el inconveniente de facilitar la corrosión de las armaduras y de las conducciones metálicas en el caso de estar embebidas en el hormigón. Adicionalmente, hormigones preparados con este tipo de aditivos pueden presentar menores resistencias a largo plazo y mayor retracción de secado.
Retardantes:	Empleados en hormigones donde se prevea demoras en su transporte o colocación o en zonas con climas cálidos (mayor velocidad de endurecimiento por mayor tasa de pérdida de agua), generalmente proporcionan menores resistencias a corto plazo, pero mayores a largo plazo.
Incorporadores de aire:	Introducen cierta cantidad de burbujas de pequeño diámetro que se reparten uniformemente dentro del material. Estas burbujas taponan los capilares, con lo cual se obtiene un doble efecto: dificultan la pérdida del agua de mezcla y dificultan la penetración del agua del exterior, cargada de sustancias indeseables, con lo cual se mejora de manera notable la impermeabilidad y durabilidad. Este aumento de la impermeabilidad puede ser altamente deseable en las viviendas.



la dosificación correcta, usualmente evaluada por la resistencia a compresión obtenida a una edad determinada en probetas normalizadas. Cualquier dosificación, independientemente del sistema empleado, debe ser comprobada en el laboratorio y la obra, realizando mezclas de prueba, verificando el cumplimiento de requisitos de manejabilidad, resistencia y, de ser posible, durabilidad. Se aconseja realizar mezclas con relación a/c determinada y otros dos valores, uno superior y otro inferior, con el fin de poder interpolar el valor exacto para la resistencia o demás atributos deseados. (Figuras 5.11 y 5.12). Para realizar la dosificación deben ser conocidos ciertos datos básicos: ambiente de la obra (que en algunos casos fijará la relación a/c máxima compatible con requisitos de durabilidad), resistencia real

requerida (resistencia de diseño de la mezcla, que será superior a la especificada en un valor que dependerá de la dispersión de resultados de resistencia a compresión obtenidos en obras de características similares), grado de manejabilidad requerido (dependiente del tipo de elemento, cantidad de refuerzo y equipo de colocación y compactación entre otros), propiedades físicas de los agregados (densidad, granulometría, absorción, contenido de humedad, tamaño máximo, textura superficial, forma, etc.), propiedades del cemento (densidad, tipo, finura, etc.), empleo o no de aditivos, cantidad estimada de aire atrapado, etc.

No es recomendable para ningún tipo de obra, incluida la construcción de VBC, la dosificación por volumen, puesto que lleva a variaciones apreciables, siendo preferible en todos los casos la dosificación por peso. Especial cuidado se debe dar a la dosificación del agua, que en ningún caso debe ser confiada a personal inexperto, pues lleva a enormes variaciones en la resistencia, manejabilidad y durabilidad del material. En caso de ser necesario por requisitos de manejabilidad el empleo de una mayor cantidad de agua a la establecida, es necesario aumentar consecuentemente el contenido de cemento, con el fin de mantener constante la relación a/c. (Figuras 5.13 y 5.14).

V.2.7. Mezcla, transporte, colocación y compactación

Los equipos empleados en la mezcla deben garantizar una completa homogeneidad. Aun para obras pequeñas, es preferible el empleo de mezcladoras sobre el mezclado manual. Éstas deben ser operadas a velocidades cercanas a las de diseño y no deben ser sobrecargadas. El tiempo de mezcla debe ser como mínimo de 1 minuto en mezcladoras pequeñas (hasta 1 metro cúbico) y debe aumentarse en 15 segundos por cada metro cúbico, adicional. Una parte del agua debe ser el primer componente

Figura 5.11.- Variación de la resistencia con la concentración de sulfatos.

Figura 5.12.- Variación del asentamiento con la concentración de sulfatos (50%).

Figura 5.13.- Central de hormigonado: alimentación mecánica, dosificación en peso, corrección automática de humedad, gran capacidad de producción... importante inversión (Foto J. Salas).

Figura 5.14.- La dosificación por peso es más que recomendable. En la figura una central semi-fija suministradora de hormigón preparado en Santa Ana (El Salvador), que utiliza una pala cargadora mecánica dotada de un equipo especial para el pesado automático de áridos y arena. (Foto J. Salas)





Figura 5.15.- Hay que evitar la disgregación de la masa en el vertido del hormigón fresco, pero no necesariamente con procedimientos sofisticados sino con medidas lógicas que deben ser rigurosamente respetadas. (Foto J. Salas).

introducido y los demás componentes se deben cargar mientras está en operación la mezcladora, agregando al final el agua restante. El tiempo de mezcla se determina a partir del momento en que se termina de introducir el último componente. Si se emplea aditivo, salvo instrucciones contrarias del fabricante, debe incorporarse al agua de mezcla y nunca en forma aislada. Solamente se debe mezclar la cantidad de material que sea factible de colocar y compactar en un tiempo compatible con los de fraguado de la mezcla.

El transporte de la mezcla debe evitar la segregación, desecamiento y endurecimiento de la misma. Pueden emplearse camiones mezcladores, vehículos con platón fijo, tuberías o bandas transportadoras. No son recomendables distancias excesivas (más de 20 kilómetros) si bien esto lo establece el tipo de mezcla, transporte y condiciones ambientales. Debe evitarse la vibración excesiva durante ese transporte por el peligro de segregación y en caso de ser necesarios recipientes abiertos, deben ser cubiertos para prevenir desecación.

La colocación del material debe efectuarse evitando caídas bruscas o desde altura excesiva, con el fin de evitar la segregación y formación de hormigueos o coqueas (espacios vacíos dentro de la mezcla por pobre compactación o pérdida de pasta), empleando incluso elementos amortiguadores (pantallas), tuberías flexibles (trompas de elefante) u orificios intermedios en las formaletas o moldes (ventanas). (Figura 5.15).

La compactación o consolidación del material es uno de los pasos claves para lograr un buen hormigón y de ella depende en gran medida su impermeabilidad y resistencia. Un incorrecto proceso de compactación puede reducir a la mitad la resistencia del hormigón y aún más su impermeabilidad y, por tanto, su durabilidad. No son recomendables los procedimientos manuales de consolidación (picado o chuzado con varilla) por su baja eficiencia. Cuanto menor sea la manejabilidad de la mezcla, más intenso y más duradero debe ser el sistema de compactación. Son preferibles los vibradores de moldes a los de inmersión y especialmente en la compactación de

Figura 5.16.- El curado mediante inmersión, incluso con los moldes, en piscinas de agua es uno de los procedimientos de curado más recomendables en la prefabricación de argamasa armada. (Foto J. Salas).

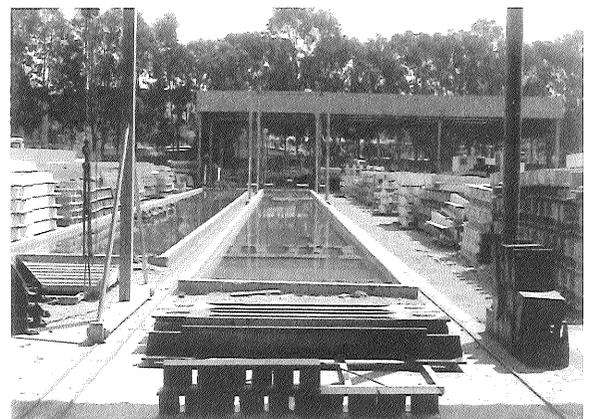
paneles prefabricados, ya que su uso acelera en forma notable el proceso de compactación (9).

V.2.8. Curado

El curado, definido por el American Concrete Institute (ACI) como «el proceso de mantener un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el hormigón durante la hidratación de los materiales cementantes, de manera que se desarrollen las propiedades deseadas», es de vital importancia para que el hormigón desarrolle las características de resistencia y durabilidad esperadas. Desafortunadamente, no en todas las obras, y esto comprende el campo de la construcción de vivienda y en especial las de bajo costo, se ha tomado conciencia de la importancia de este procedimiento y en buena medida se despilfarra la calidad potencial del material (baja relación a/c, materiales de apropiada calidad, correcta colocación y compactación) porque se da muy poco o ningún cuidado al tema del curado (Referencias 10 a 13). Téngase en cuenta que no sólo afecta el valor de las resistencias obtenidas (un curado nulo o pobre puede reducirlas a la mitad o menos), sino que también afecta en forma muy significativa, los valores de permeabilidad (y por tanto de durabilidad) obtenidos y la ausencia de un buen curado puede llevar a la aparición de importantes fisuras por exceso de retracción de secado.

Entre los factores que más afectan al curado se cuentan:

- Tasa de evaporación:** temperaturas del material y el ambiente, humedad relativa, velocidad del viento.
- Superficie de secado:** relación entre superficie libre (de evaporación) y volumen. En este sentido los paneles y tubos (precisamente dos de los elementos más usados en la construcción de viviendas) muestran una alta relación y en consecuencia una elevada tasa de evaporación del agua de mezcla.
- Forma y tamaño de los capilares:** la estructura del hormigón es comparable a una esponja, cuyos poros o capilares están saturados en estado fresco. Luego parte de ese agua se combina químicamente con el cemento, pero parte va a la superficie y se evapora, a mayor o menor velocidad dependiendo de las condiciones reinantes en la superficie. Cuanto más fina sea la red de capilares (logrado a través de una correcta colocación y compactación y apropiada elección de materiales y de dosificación) y más



intrincada su forma, más difícil será la salida del agua y existirá mayor disponibilidad de agua para hidratar al cemento. Ayuda mucho, y de hecho se emplea en hormigones que buscan ser impermeables, la presencia de pequeñas burbujas de aire incorporado que obturan capilares y dificultan por un lado la salida del agua de mezcla y por otro la entrada de agua con agentes agresivos.

Básicamente, los sistemas de curado se dividen en tres grandes grupos, contando cada uno con ventajas y desventajas:

- a. Métodos que mantienen la presencia permanente de agua en la superficie del hormigón: rociado, inmersión, encharcamiento y cubrimiento con materiales saturados (arena, aserrín, suelo, etc.). (Figura 5.16).
- b. Métodos que previenen la pérdida de agua de la mezcla: compuestos curadores que forman membrana, plásticos muy pegados a la superficie del hormigón y cubiertas impermeables (v.g. papel Kraft).
- c. Métodos que aceleran el endurecimiento mediante calor y/o humedad: vapor de agua, calentamiento de resistencias inmersas en el hormigón (inclusive barras de armadura) y calentamiento de las formaletas o moldes metálicos.

Como se ha mencionado, los cementos adicionados son especialmente exigentes respecto al curado, precisamente por la necesidad de combinarse con el hidróxido de calcio liberado por el clinker. Con un buen curado, un cemento adicionado puede mostrar resistencias del orden de un 45% por encima de uno no adicionado y, por el contrario, con un mal curado puede mostrar una disminución de resistencia del orden del 50% respecto a uno no adicionado. Esta situación también se ve reflejada en la permeabilidad obtenida en hormigones hechos con cementos que emplean o no adiciones (9).

V.2.9. Control de calidad

Debido a la relativa facilidad del ensayo y a que mide una característica fundamental del hormigón, tradicionalmente su calidad ha sido valorada a través de la resistencia a compresión. No existe consenso sobre el tipo y forma de las probetas de ensayo y mientras unos países aceptan la cilíndrica, otros prefieren la cúbica, encontrando tanto unos como otros ventajas y desventajas en el método adoptado. Debe tenerse en cuenta que cualquier ensayo, por normalizado que esté, solamente es una aproximación a la resistencia intrínseca real que tendrá el material real mente colocado en obra, dado que en el proceso de ganancia del hormigón intervienen muchos factores, muchos de ellos difícilmente cuantificables y en especial porque los procesos de colocación, compactación y especialmente curado, pueden diferir de forma apreciable entre el hormigón de las probetas y el hormigón realmente colocado en la obra. Esto se refleja también en una dispersión de resultados, que resulta mayor en la medida que los procesos de producción y el nivel de control son menos cuidadosos, llegándose a obtener dispersiones de resultados, evaluados como desviación estándar, de más de 50 kg/ apar-

tado en obras con un nivel de control pobre. Esta es la razón por la cual una mezcla debe ser diseñada para una resistencia superior a la especificada en valores que pueden ser importantes, dependiendo del valor de dispersión del hormigón de una obra en particular.

No es usual que en hormigones para vivienda, y menos aún en vivienda de bajo coste, se especifiquen hormigones de resistencias altas, entre otras cosas por la mayor exigencia en los materiales componentes, no siempre de fácil cumplimiento, y por la necesidad de un nivel más alto de control. En general, no se especifican resistencias superiores a los 250 Mpa (aproximadamente 250 kg/cm²) y usualmente la edad de ensayo especificada es la de 28 días, si bien pueden ser estipuladas resistencias a 3 ó 7 días. Salvo obras muy pequeñas, es deseable efectuar siempre ensayos de resistencia a compresión y realizar un seguimiento y análisis estadístico de los resultados obtenidos, entre otras cosas para efectuar un proceso de retroalimentación y optimizar el diseño de las mezclas.

Desafortunadamente, la determinación de la resistencia a compresión no resulta un buen parámetro, y cada vez resulta más cuestionada para evaluar otras características del hormigón, entre otras y de manera importante la durabilidad. Ésta, que resulta de especial importancia en construcción de vivienda y más aún de vivienda de bajo coste, no resulta fácil de evaluar y no existe un método universalmente aceptado para hacerlo. Probablemente los métodos más aceptados para inferirla, sean aquellos que determinan la permeabilidad del material, entendiéndose que existe una relación directa entre ésta y la durabilidad, pero son de difícil ejecución, alta dispersión de resultados y requieren equipos más especializados. El tema está abierto a la discusión y una gran parte de las investigaciones que se realizan en el campo del hormigón están encaminadas a establecer sistemas de evaluación que permitan valorar de una manera más confiable la durabilidad del material.

De cualquier manera el planteamiento e implementación de sistemas de producción y colocación de hormigón, por modesta que sea la obra, deben tener en cuenta de manera muy especial la *regularidad* de las características del material y de los productos terminados. En ese sentido, como ya se ha mencionado, resulta más que recomendable la dosificación por peso de los componentes del hormigón, lo cual implicará el empleo de básculas de capacidad adecuada debidamente calibradas. Igualmente, es indispensable el empleo de métodos mecánicos de mezclado (hormigoneras o mezcladoras) y en especial el cuidadoso cumplimiento de la relación agua/cementante previamente establecida, lo cual implica una especial labor de concienciación del personal operativo encargado de la producción del hormigón, inculcando el concepto de que si resulta necesario mejorar la manejabilidad de la mezcla, es necesario lograrlo preferiblemente por el empleo de un aditivo plastificante o, en caso de ser necesario el uso de más agua, aumentar en la misma proporción el contenido de cemento y extremar los cuidados en la colocación y curado del material.

V.2.10. Durabilidad

Cada día es mayor la importancia de este aspecto para cualquier material y en especial para los usados en vivienda de bajo coste. Afortunadamente se está superando el concepto de que un hormigón es apropiado si cumple únicamente con las características de resistencia, ahora se tiene en cuenta que el material debe conservar todas sus características, incluida la resistencia, durante un lapso de tiempo adecuado, acorde con la vida útil prevista para la obra.

Se reconoce que una de las ventajas del hormigón es su relativamente buena durabilidad, pero el concepto debe ser mirado con cuidado, puesto que ello no quiere decir que sea un material inalterable en el tiempo. De hecho, varios factores atentan contra esta característica e incluso algunos pueden estar incorporados dentro del material desde el mismo momento de su dosificación, puesta en obra o curado. El arma más eficaz para alcanzar y mantener la durabilidad es la previsión, puesto que una vez que se presenta el fenómeno agresivo, generalmente es difícil, costoso e incierto actuar sobre él. De otro lado, es innegable que esta es una de las mayores ventajas del hormigón que lo convierte en una alternativa a considerar cuando la agresividad del ambiente es uno de los condicionantes, incluso en la vivienda de bajo coste. Sólo un estudio y ponderación cabal de todos los factores que intervienen, incluyendo la permanencia en el tiempo, permitirán aceptar o descartar como alternativa el empleo de este material, aun apareciendo como más costoso en principio.

Básicamente, existen tres mecanismos de ataque al hormigón:

- Ataque químico: mediante sulfatos, ácidos, álcalis, agua de mar, etc. o combinación de ellos.
- Ataque físico: por abrasión y/o expansiones.
- Combinación de los dos anteriores.

No se considera ataque al hormigón, pero en la realidad cobra gran importancia en la durabilidad del producto final, la corrosión de las armaduras inmersas en el material.

El comportamiento del material, desde el punto de vista de la durabilidad, depende básicamente de dos aspectos: medio ambiente exterior y condiciones internas del material. Es claro que, desde un punto de vista práctico, es preferible actuar sobre las condiciones internas del material.

Entre los factores ambientales que influyen en el ataque físico/químico al hormigón se cuentan los recogidos en la Tabla 5.5.

Desde el punto de vista de la composición interna del material, entre los factores reconocidos como más influyentes se tienen:

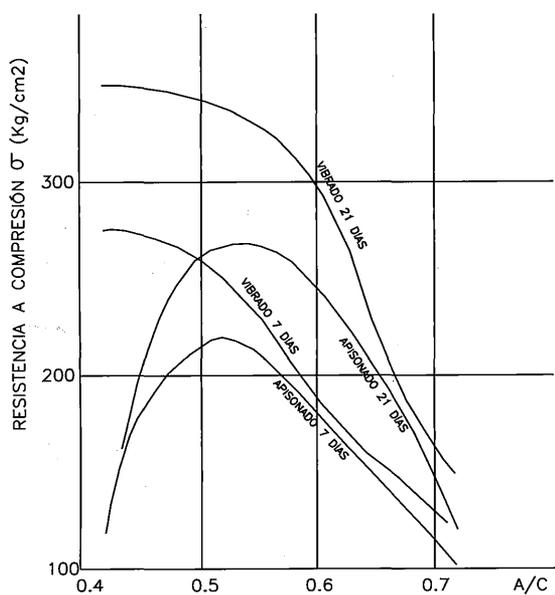
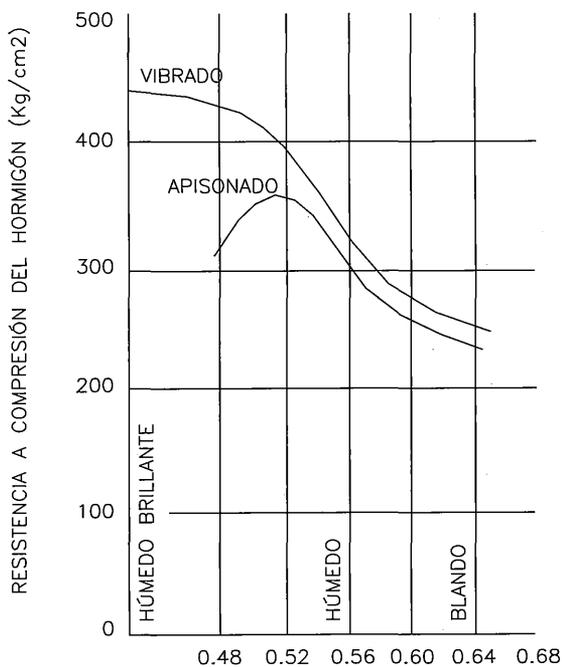
- **Relación agua/cementante:** es sin duda uno de los factores más influyentes y la mayoría de las normas fija límites máximos a este valor, cuando se prevén problemas de durabilidad. En general, cuando se presenta un ambiente muy agresivo se recomienda no sobrepasar el valor de 0.45. Tanto el empleo de un alto contenido de cemento como de agua facilitan el fenómeno de agrietamiento por retracción de secado. En el primer caso por aumento del calor de hidratación intrínseco al cemento; en el segundo, por mayor cantidad de agua en los capilares que luego se puede evaporar con facilidad, generando tensiones en el material. En este último caso se presenta menor compactación y por tanto menor resistencia y durabilidad del material. (Figura 5.17).

- **Cantidad de aire incorporado en la mezcla:** la presencia de burbujas de pequeño diámetro, incorporadas a propósito dentro de la mezcla, taponan capilares y dificultan la pérdida del agua de mezcla (con lo cual se logra una mejor hidratación) y la penetración de agua o aire exterior con agentes agresivos. Es uno de los medios más empleados para disminuir la permeabilidad del material. La presencia de aire disminuye levemente la resistencia del hormigón y se debe ser más cuidadoso en los procedimientos de colocación y compactación, para disminuir la pérdida de este aire y en cantidades excesivas su efecto sobre la durabilidad puede ser contraproducente.

- **Forma de compactación:** una mala compactación disminuye en forma radical la impermeabilidad del

Tabla 5.5

TIPOS DE FACTORES QUE INFLUYEN EN EL ATAQUE FÍSICO/QUÍMICO AL HORMIGÓN	
FACTORES	CARACTERÍSTICAS
Temperatura:	En general, a mayor temperatura, mayor ataque.
Variaciones en la humedad:	Especialmente nocivos resultan los ciclos de humedecimiento-secado, pues ayuda a la cristalización y al lavado de sustancias.
Velocidad del agua en contacto con el elemento:	Dependiendo del tipo de agresor puede ser más desfavorable la velocidad lenta o el estancamiento (ataque concentrado) o la velocidad alta (mayor remoción de material deteriorado).
Presión hidráulica diferencial:	Cuanto mayor sea la diferencia de presiones entre los lados de un elemento, mayor será el paso del agente agresor y el arrastre de sustancias de reacción.
Altura de ascenso capilar:	Actúa en forma similar a los ciclos de humedecimiento-secado. En construcción debe lograrse un perfecto aislamiento entre el terreno de soporte y el material de la vivienda.
Acción del oxígeno atmosférico:	La presencia de oxígeno atmosférico facilita la acción de algunos agentes agresivos (v.g. azufre y sulfuros).
Acción de bacterias:	Algunas producen oxidación y dan lugar a sulfatos (aerobias) mientras otras realizan la reducción de sulfatos (anaerobias), transformándolos en sulfuros.



material y en este sentido es preferible la compactación empleando vibradores, de preferencia sobre las formaletas o moldes, respecto al picado o chuzado con varilla o mediante golpes con mazo de caucho. (Figura 5.18).

V.3. SUELO-CEMENTO

El empleo de este material para construcción de VBC en Latinoamérica es amplio e interesante por los bajos costos que tiene su producción (disponibilidad del componente más empleado, es decir, el suelo) y por no requerir mano de obra especializada en su producción. Consiste en una mezcla de suelo, cemento y agua, generalmente con bajos contenidos de cemento y consistencias muy secas.

Prácticamente todos los tipos de suelo pueden ser empleados en la construcción con suelo-cemento, siendo indeseables los suelos orgánicos, arcillosos con alta plasticidad, o arenosos poco reactivos. Por el contrario, son deseables los suelos granulares de grano grueso, especialmente porque pueden ser más

fácilmente pulverizados y mezclados, lo que redundaría en menores contenidos de cemento. Se recomienda que el material que pase el tamiz N° 200 no supere el 50% y que el contenido de materia orgánica no supere el 2%.

El contenido de finos en el suelo es el factor más importante de este componente; por ello es necesario conocer bien su plasticidad. Es deseable que la relación limo/arcilla sea cercana a la unidad. Los suelos arcillosos presentan gran dificultad en la pulverización, operación de especial importancia en su producción para lograr un material uniforme y de características apropiadas, demandando en consecuencia mayores contenidos de cemento. Además, pueden formar grumos de arcilla, que no se deshacen fácilmente durante el mezclado.

En la producción de este material puede emplearse cualquier tipo de cemento, pero por su mayor disponibilidad se prefieren los cementos tipo I. También pueden emplearse, e incluso ser deseable, cementos adicionados, en especial porque el empleo de adiciones puede reducir significativamente su costo de producción. No obstante, debe tenerse en cuenta que este tipo de cementos presenta una ganancia más lenta de las resistencias y exige un proceso de curado mucho más cuidadoso.

En este material es de especial importancia el fijar en forma acertada el contenido óptimo de agua, por la gran variación de propiedades, en especial de la compactación y resistencia, que representa la más pequeña variación de este contenido. Además, al agregar el cemento se cambia de manera notoria el contenido de humedad óptimo para lograr la máxima compactación. En general, los contenidos óptimos de agua oscilan entre 10% y 13% del peso del suelo-cemento. Dada la amplia gama de suelos que pueden ser empleados y la gran variabilidad de otros factores que intervienen, es preferible determinar el contenido de cemento óptimo mediante ensayos de laboratorio, en lugar de emplear procedimientos teóricos o formulaciones ajenas. El criterio general de diseño es lograr la máxima resistencia a compresión, lo cual se logra generalmente con la máxima compactación.

Dadas las características del material, en especial el bajo contenido de agua, se producen efectos que pueden llegar a ser nefastos cuando existe una demora significativa entre los procesos de mezcla y compactación, que se traducen en grandes disminuciones de resistencia y de durabilidad. Se recomienda que el lapso entre una y otra operación no supere las dos horas.

El material presenta también una relativa alta retracción de secado, cuando no se ejerce un curado apropiado. El tipo de agrietamiento que puede presentar es diferente según la clase de suelo empleado. Un suelo arcilloso alcanza mayor retracción, pero las grietas que se presentan son más delgadas y menos espaciadas (entre 0.5 y 3.0 metros para mezclas bien dosificadas); un suelo granular presenta menor retracción, pero las grietas son de mayor espesor y más espaciadas (3.0-6.0 metros). En consecuencia, debe realizarse un curado riguroso.

Dependiendo del contenido de cemento, tipo de suelo empleado y grado de compactación, la durabilidad del material puede resultar comprometida. Los sue-

Figura 5.17.- Relación entre tipo de compactación, relación a/c y resistencia a compresión del hormigón. (Tomado de G. Gómez).

Figura 5.18.- Relación entre tipo de compactación, relación a/c y resistencia a compresión del hormigón. (Tomado de G. Gómez).

Figura 5.19.- Reproducción de una ficha-resumen de catalogación de técnicas constructivas en tierra tomada del CYTED XIV.A (15).

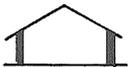
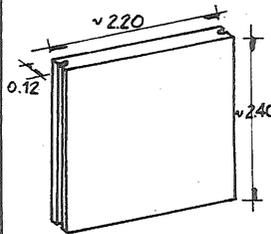
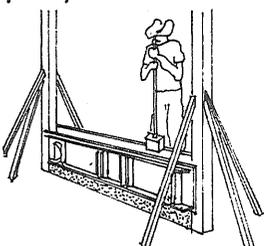
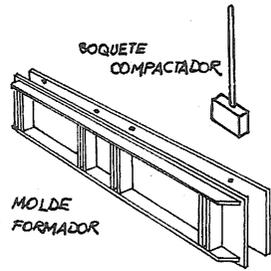
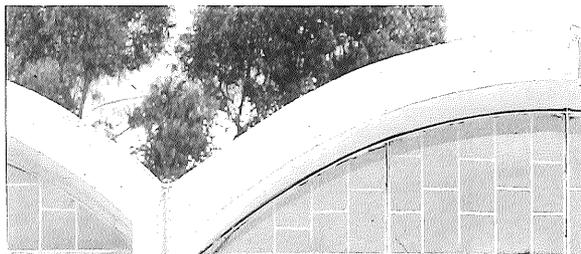
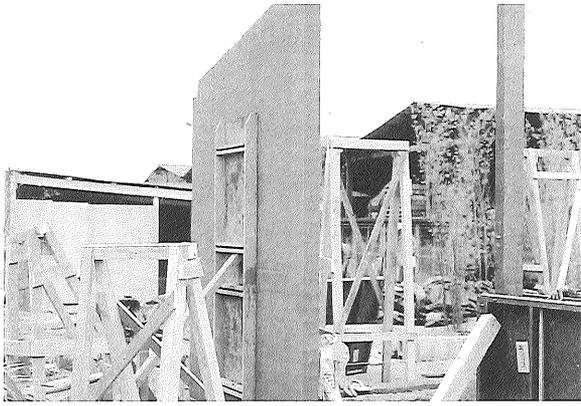
BR.1.4		CYTED				PROYECTO XIV.A		HABITERRA		 Parte del edificio	
Sigla		Catalogación de técnicas constructivas en tierra									
Materiales básicos		%		Denominación PANELES DE SUELO CEMENTO				Elementos (diseños y dimensiones)			
Arena		45 a 90		Familia Tierra apisonada							
Limo				Sistema constructivo (esquema)							
Arcilla		20									
Otros											
Agregados		Consolidantes									
		Cemento 1:15 vol.									
Sistema estructural			Permite		Sí / No		Respuesta agentes		Herramientas		
Macizo	<input checked="" type="checkbox"/>		Almacenamiento previo		No		Humedad piso	TE			
Lineal			Aberturas posteriores		Sí		Humedad lluvia	TE			
Arco			Crecimientos posteriores		Sí		Erosión	B			
Portante	<input checked="" type="checkbox"/>		Instalaciones embutidas		Sí		Vientos	B			
Autoportante			Otros				Tiempo	B			
Observaciones							Insectos	B			
							Sismos				
							Fuego	B			
							Otros				
Disposiciones complementarias										Control de calidad Sí / No	
Fundación	Cubierta	Instal. y otros	Mortero de unión	Enlucidos	Pinturas	Selección de la tierra		Sí			
Suelo cemento	Tejas	Convencional	No necesita	No necesita	Polvo mineral; PVA; cal; cemento, arena	Resist. a la compresión		No			
						Resistencia al impacto		No			
						Resistencia al sismo		No			
						Permeabilidad		Sí			
						Durabilidad		Sí			
Pared	Piso	Aberturas	Número mínimo de obreros	Área construida actual	Uso Actual		Modalidad producción	Elem.	Sist. const.		
Paneles de suelo cemento	Terreno natural; ladrillo	Madera; acero	4	120.000 m ²	Rural	Urbano	Artesanal	X	X		
					40%	60%	Semi-industrial	X	X		
							Industrial				
Referencias bibliográficas							Ubicación geográfica				
CEPED - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento. Cartilha para construção de paredes monolíticas em solo cimento. BHN/DEPEA. Rio de Janeiro, Brasil, 1985.											
CEPED - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento. Manual de construção com solo cimento. ABCP, São Paulo, Brasil, 1984.											
CEPED et al. Uniformização das técnicas de aplicação do solo cimento na construção habitacional. BHN/CEPED/ABCP/IPT, Brasil, 1985.											
Centro de informaciones											
CEPED - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento											
Km. 0 da BA 512											
42800 - Camaçari - BA - BRASIL											
TE: 55 - 71 - 8321111											
FAX: 55 - 71 - 8322095											

Figura 5.20.- Vista superior de viviendas de bloques de suelo-cemento con cubierta abovedada realizadas por el Ministerio de la Construcción de Cuba.

Figura 5.21.- Vivienda Suelo-cemento, cubierta tradicional de envigado de madera y cubierta de plancha, Cuba.





los con materia orgánica de naturaleza ácida pueden presentar reacciones adversas con el cemento. También los sulfatos pueden afectar el material y las investigaciones han demostrado que resulta más nociva la reacción del sulfato con la arcilla, que la del sulfato con el cemento. Las normas norteamericanas (USACE) recomiendan contenidos de cemento que ocasionen pérdidas de peso en ensayos cíclicos de humedecimiento-secado que no superen el 6% para arcillas y el 8% para materiales granulares, con el fin de garantizar la durabilidad del material. En la etapa de preparación del suelo, debe procurarse apartar todo el material indeseable, tal como raíces, materia orgánica y agregados de gran tamaño. Debe lograrse una completa mezcla del cemento con el suelo, lo cual implica que éste debe estar seco y perfectamente pulverizado, y la adición del agua debe ser perfectamente uniforme. En lo posible, debe emplearse la mayor energía de compactación posible (pisones de peso adecuado, capas delgadas a compactar, palancas que actúen como multiplicadores de la fuerza aplicada, etc.) y evitar el movimiento de bloques y elementos durante por lo menos las primeras 48 horas. El curado debe aplicarse inmediatamente después de fundidos los elementos, procurando emplear aspersión fina y permanente de agua (rociado fino) o cubrimiento con materiales saturados, también durante por lo menos las primeras 48 horas.

V.3.1. Reseña latinoamericana de la utilización de suelo-cemento

El Proyecto CYTED «Habiterra», lleva a cabo una encomiable labor de recuperación y divulgación de este material y de sus técnicas de puesta en obra. La exposición gráfica tinerante recogida en forma de libro-catálogo «Habiterra» (14), los seminarios y talleres prácticos realizados así como la útilísima publicación *Arquitecturas de Tierra en Iberoamérica* (15) son algunas de sus aportaciones. A modo de ejemplo, reproducimos como Figura 5.19 una ficha-tipo de descripción de paneles o paramentos de suelo-cemento reseñados por el CEPED de Brasil.

Puede que en la actualidad sea Cuba el país más activo en la ejecución de viviendas de suelo-cemento. Una serie de circunstancias derivadas de la aguda crisis energética que sufre el país han hecho volver la atención hacia este material. Durante la presente década se han introducido las técnicas basadas en el suelo-cemento portland, suelo-cemento romano y mampuesto de roca con suelo-cemento. En Cuba se han desarrollado básicamente dos sistemas: la técnica del bloque de suelo-cemento y los muros realizados in situ con este material. El importante desarrollo técnico en base al hormigón prefabricado ha quedado prácticamente paralizado por los costes relativos del cemento. La tecnología del suelo-cemento, junto con reducir el coste de construcción ha permitido la reutilización de maquinaria existente, lo que ha situado a Cuba entre los países más adelantados de América Latina en el uso masivo del suelo-cemento, con más de mil quinientas viviendas cons-

Figura 5.22.- «Tapial» de suelo-cemento de sólo 12 cms de espesor, realizado con molde metálicos y vibrado mecánico, en la sede de la ABCP. El consumo de cemento en este tipo de técnicas constructivas lleva a una alianza natural y lógica entre fabricantes de cemento y autoconstructores. (Foto J. Salas).

Figura 5.23.- Vivienda experimental de la ABCP a base de paramentos de bloques de suelo-cemento estabilizados y estructura suplementaria de hormigón. (Foto J. Salas).

Figura 5.24.- Vivienda-tipo en el parque de exposición de Minuto de Dios en Bogotá, de 6 x 6 metros, a base de bloques de suelo-cemento compactados con máquina. Detalle del encuentro entre las dos bóvedas de cubierta de 3 x 6 metros que cubren la vivienda. (Foto J. Salas).

Figura 5.25.- Detalle del paramento de cierre de las viviendas a base de bloques de suelo - cemento con geometría para trabado en seco. (Foto J. Salas).

truidas por año desde el inicio de los noventa. (Figuras 5.20 y 5.21).

En Brasil, la poderosa ABCP, Asociación Brasileña del Cemento Portland, ha impulsado programas, talleres demostrativos y construcción de prototipos de viviendas a base de muros de suelo-cemento y/o bloques del mismo material. El interés obvio de la ABCP, no es otro que el de fomentar la utilización del cemento en nuevos segmentos de mercado, en este caso las viviendas de bajo coste. (Figuras 5.22 y 5.23).

En Colombia, la institución Minuto de Dios ha incorporado recientemente entre las viviendas-prototipo que ofrece en sus proyectos un sistema constructivo a base de suelo-cemento. Las características fundamentales del mismo (Figuras 5.24 y 5.25) son la resolución de los muros a base de bloques de suelo-cemento producidos mediante máquina que tienen unos resaltes que encajan en seco con los de la hilada superior -con lo que facilitan la participación de mano de obra no especializada- y la resolución de las cubiertas mediante una cimbra de madera que recibe bolques de suelo-cemento, conformando una cubierta curva que posteriormente se impermeabiliza.

V.4. EL FERROCEMENTO O ARGAMASA ARMADA, UN MATERIAL PARA LA INDUSTRIALIZACIÓN³

El gran Nervi proyectó hace justamente medio siglo (1948) el Palacio de Exposiciones de Turín (Italia), con su ligerísima cubierta de 91,4 metros de luz libre a base de elementos prefabricados de ferrocemento unidos por arcos hormigonados in situ. Sospechamos que el maestro italiano se hubiese quedado atónito ante la utilización latinoamericana del ferrocemento y/o argamasa armada para el mejoramiento, densificación y consolidación de los barrios llamados informales.

La argamasa armada en Brasil ya no se considera, conceptualmente, el mismo material que Nervi desarrolló en la década de los cincuenta. Mientras que el ferrocemento era considerado un material compuesto, sinérgico, la argamasa armada, hoy se considera como un tipo especial de hormigón armado, material asociado (16). Esta argamasa armada de segunda generación posee características que redefinirán el perfil tecnológico del material, como un hormigón armado o pretensado que se puede utilizar en piezas de pequeño espesor, exigiendo por lo tanto el conocimiento de las características peculiares de las propiedades de los materiales que la cons-

tituyen, procedimientos de proyecto, técnicas de ejecución y principalmente sobre las posibilidades reales de adecuación tecnológica (17).

João Filgueira Lima (18), arquitecto brasileño familiarmente conocido como Lelé, buscando una alternativa tecnológica para hacer viables los proyectos de urbanización de favelas en Salvador de Bahía, Brasil, se convirtió en el mejor divulgador de la argamasa armada en el Brasil a través de su adecuación y excelente diseño con que la viene aplicando en sus proyectos. Este trabajo fue realizado en el ámbito de la RENURB, Compañía de Renovación Urbana del Salvador, y consistió en obras de urbanización y saneamiento en asentamientos de bajos ingresos ubicados en zonas adversas y mal atendidas por los servicios públicos (19).

V.4.1. Definición

Argamasa armada, expresión brasileña bajo la que se denomina indistintamente en este texto al ferrocemento, forma parte de la familia de los concretos/hormigones estructurales. La argamasa armada puede definirse como un microhormigón armado, resultante de la asociación de argamasa (cemento/arena/agua), con una armadura de acero constituida por alambres de pequeño diámetro poco espaciados entre sí. La argamasa armada se define mucho más por las posibilidades prácticas de aplicación, que como material diferenciado de la familia de los hormigones. La tendencia a ver el material asociado a su tecnología, queda patente en la normativa brasilera de «Proyecto y Ejecución de Argamasa Armada» (20), en la que se definen únicamente las piezas de argamasa armada como «piezas o elementos de pequeño espesor, compuesta de argamasa y armadura de mallas de acero de mallas con abertura limitada, distribuida en toda la sección transversal».

El reducido espesor (20 milímetros de media) suele ser la característica más evidente de un componente prefabricado de argamasa armada, lo que le confiere un bajo peso unitario. Por esta razón el material se adecua en forma idónea a los sistemas constructivos ligeros. Se acepta normalmente que una pieza con finalidad estructural es de argamasa armada cuando su espesor es reducido, admitiéndose convencionalmente 40 milímetros como límite superior por fijar un orden de magnitud.

A partir del análisis de su comportamiento mecánico, la argamasa armada se clasifica hoy como un material resultante de una asociación de otros dos (argamasa y acero) a semejanza del hormigón armado (21). Manteniendo hasta ahora por analogía a las mismas leyes generales de comportamiento físico y mecánico del hormigón armado, las propiedades de utilización del material se diferencian en algunos aspectos, los cuales se abordan a continuación.

Al analizar la micro-estructura de la argamasa armada, se pueden identificar los mecanismos a través de los cuales aparece la microfisuración, en tanto fenómeno que consiste en la propagación de fisuras a partir de vacíos pre-formados en la matriz

³ Hemos tomado gran parte de los contenidos de este Apartado dedicado al ferrocemento o argamasa armada del trabajo del arquitecto brasileño Paolo Eduardo Fonseca Campos publicado en forma de monografía bajo el título "Argamasa Armada, Produção Industrializada", publicada como monografía por el Instituto Brasileiro de Telas Soldadas, Sao Paulo, 1993. (16). Los contenidos de éste Apartado 5.4 se complementan con los del Apartado 8.3 que se dedica a la descripción de las plantas brasileras de producción de argamasa armada.

de productos a base de cemento portland en general (Figura 5.26).

Estas fallas microscópicas, característica intrínseca del hormigón y de la argamasa, son provocadas por: aire incorporado y agua libre en la mezcla, impurezas y deficiencias de adherencia en la interfase pasta de cemento/agregado.

Recorriendo el camino de menor demanda energética, las microfisuras evolucionan en el interior a partir de un determinado nivel de sollicitación, provocando una progresiva fractura de material sólido (22). En general, la fisuración se manifiesta en un primer momento en la interfase entre pasta de cemento endurecida y árido, prosiguiendo a través de la pasta de cemento, raramente propagándose en el interior de los áridos, por su dureza y resistencia.

A partir de la comprensión de este fenómeno es posible precisar la función de las armaduras en la argamasa armada, como elementos obstaculizadores de la evolución de la fisuración, según las características tecnológicas específicas del material.

V.4.2. El papel de las armaduras constituidas por mallas electrosoldadas

Observando la Figura 5.27 es posible analizar la función de las armaduras presentes en una pieza de argamasa armada, causante del fenómeno de fisuración: En la medida en que la fisuración no evolucione en la matriz debido a la aparición de barreras en su camino, constituidas por alambres de acero, se puede concluir que las armaduras, más allá de su papel primario de absorber los esfuerzos de tracción, pueden ejercer la función de limitar la abertura de las microfisuras.

Como resultado de la asociación entre la argamasa estructural (cemento/arena/agua) y la armadura de acero constituida por alambres de pequeño diámetro poco espaciados entre sí (tela soldada), se puede atribuir a la argamasa armada propiedades de

«gran elongabilidad e infisurabilidad», como afirmó en el pasado el ingeniero italiano Pier Luigi Nervi.

En realidad, dentro de los límites de la práctica y de la viabilidad económica del material, lo que ocurre es una aproximación considerable entre los alambres de la tela soldada (elementos de refuerzo), tal que las microfisuras pre-formadas en la matriz o no aparezcan o que su apertura sea limitada, conduciendo al concepto de fisuración controlada, hoy difundido en Brasil. Las propiedades de estanqueidad y durabilidad del material se explican, en parte, por las razones comentadas anteriormente.

V.4.3. Las mallas soldadas

Se puede atribuir a la armadura difusa las funciones principales: resistir esfuerzos de tracción; limitar la abertura de fisuras (o de microfisuras, en el caso de armaduras más densas, subdivididas y distribuidas) y favorecer la aparición de fisuras poco espaciadas. La facilidad de maniobrabilidad en el montaje de elementos planos, la escasa necesidad de armaduras complementarias, la resistencia y la garantía de calidad, son algunas de las ventajas que harán de la malla electrosoldada la armadura más utilizada en la producción seriada de piezas prefabricadas de argamasa armada.

En opinión del arquitecto Fonseca las mallas soldadas fueron utilizadas por primera vez en Brasil en la ejecución de piezas de argamasa armada en 1966, por el Laboratorio de Estructuras de la Escuela de Ingeniería de San Carlos-EESC/USP estudiando la ejecución de estructuras ligeras para cubiertas (16). Pero es a partir de 1984 cuando el IBTS-Instituto Brasileiro de Mallas Soldadas inició el suministro de mallas electrosoldadas nacionales para argamasa armada. Desde entonces, el IBTS realiza una notable labor de difusión y desarrollo tecnológico de la argamasa armada (23) (24).

En líneas generales, la malla soldada puede definirse como una armadura prefabricada, formada por alam-

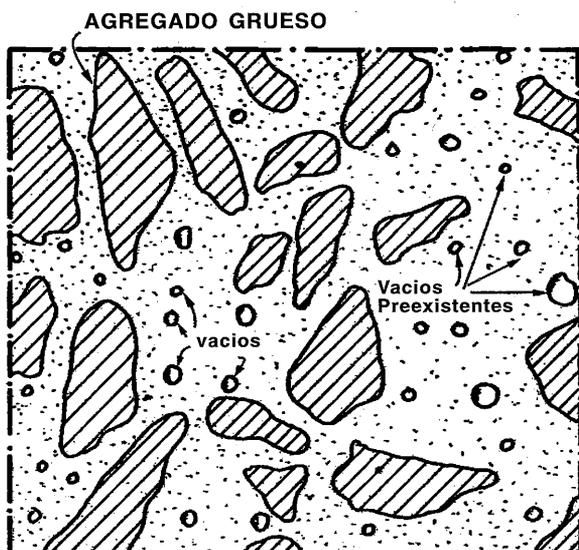
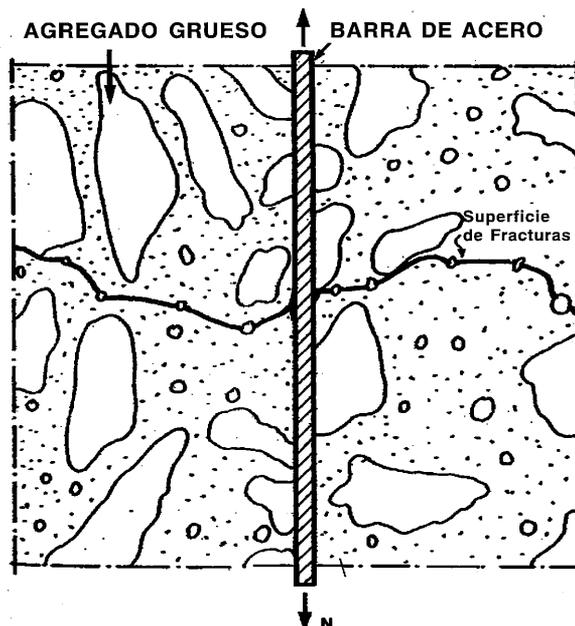


Figura 5.26.- Estructura interna de la argamasa. (Tomada de 16)



Figuras 5.26 y 5.27.- Influencia del armado en la configuración interna de la argamasa. (Tomada de 16).

Tabla 5.6

CLAVE	TIPO	ESPACIO ENTRE ALAMBRES		DIÁMETRO DE ALAMBRES		SECCIÓN DE ALAMBRES		PESO kg/ m2
		LONG. TRANS		LONG. TRANS		LONG. TRANS		
		cm	cm	cm	cm	cm	cm	
01	EQ98	5,0	x 5,0	2,5	x 2,5	0,98	x 0,98	1,54
02	EQ120	5,0	x 5,0	2,76	x 2,76	1,20	x 1,20	1,89
03	EL126	2,5	x 5,0	2,0	x 2,0	1,26	x 0,63	1,48

bres de acero longitudinales y transversales superpuestos y soldados entre sí en todos los puntos de cruce mediante soldadura por fusión eléctrica, formando mallas cuadradas y/o rectangulares.

La materia prima para la fabricación de los alambres se realiza mediante laminación en caliente, con lo que se obtiene un bajo contenido en carbono, de modo que se favorece una buena soldadura. El alambre se somete a un proceso de trefilado que lo transforma en más resistente y duro.

En el control de fisuración, las mallas soldadas tienen un desempeño superior a otras mallas más deformables, en función de su elevado módulo de deformación. La orientación en direcciones ortogonales de sus alambres, permite su máximo aprovechamiento en la concepción de estructuras bidimensionales.

Los tipos de mallas más adecuados a la tecnología de la argamasa armada, disponibles en el mercado brasileño, son los que a título de información general se recogen en la Tabla 5.6.

V.5. LA ESCASA INDUSTRIALIZACIÓN DE LOS COMPONENTES A BASE DE MADERA

V.5.1. La madera como material de construcción

Al elegir la madera como uno de los materiales que deseamos integrar a la construcción de VBC, debemos tener muy claro que este producto, tal vez uno de los más antiguos en la construcción, es un producto natural renovable y que la naturaleza le ha pre-fijado un ciclo de vida, por tanto existen depredadores que se encargarán de su eliminación una vez que cumpla su ciclo de vida. El producto madera que usamos en la construcción, tiene en el espacio natural que lo rodea enemigos dispuestos a eliminarlo. Para que ellos puedan actuar deben conformarse las condiciones ambientales adecuadas. Esta condición hace que el uso de la madera esté íntimamente ligado con el lugar geográfico donde va a ser implantado. Por este motivo no es posible dar recetas generales, sino que siempre estarán condicionadas al entorno. Como fórmula muy general podemos decir que la humedad es favorable a su destrucción y que es sensible a los rayos ultravioleta.

Además existe una gran variedad de especies y cada una tiene sus características propias y reacciones diferentes frente al medio. Por tanto puede decirse que la decisión de construir en madera, sólo es posible con un conocimiento del comportamiento de ésta en el medio en el que se la desea implantar y además debe definirse la especie adecuada al uso que dentro de una construcción va a tener. (Figuras 5.28 y 5.29)

V.5.2. Viviendas de madera para programas de emergencia en Inglaterra y EEUU (23)

Ante el agudo problema de vivienda que la Segunda Guerra Mundial produjo, se tomaron soluciones de emergencia. Una de ellas fue el establecimiento de un Programa de Casas Temporales, Temporary

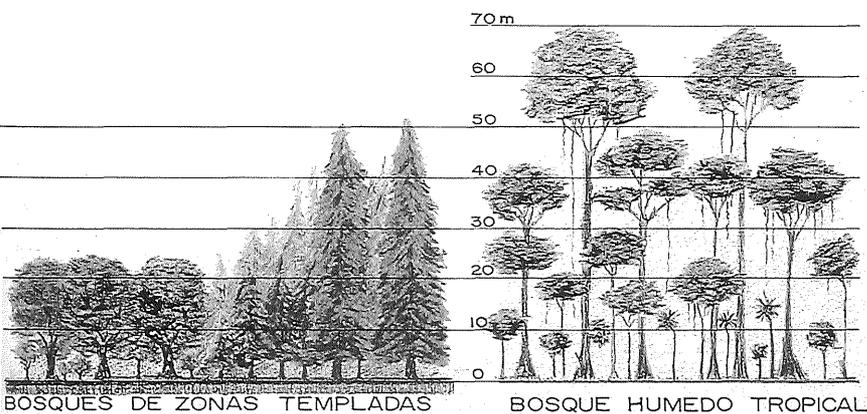


Figura 5.28.- No puede hablarse de construcción con madera sino con maderas. La diversidad y la heterogeneidad de la materia prima debe ser un parámetro de partida. La figura trata de mostrar un esquema comparativo entre bosques de coníferas y latifoliadas. (Foto Acuerdo de Cartagena).



Figura 5.29.- Una de las razones que ocasionan el insuficiente desarrollo latinoamericano en la industrialización de las viviendas en maderas, en opinión de los especialistas, radica en el sector intermedio entre el bosque y las constructoras: la producción de componentes constructivos. (Foto Acuerdo de Cartagena).

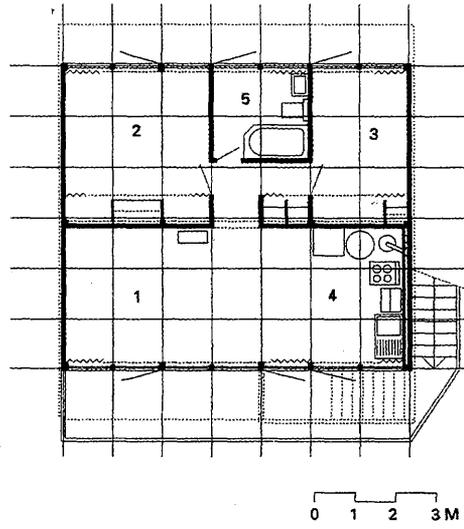
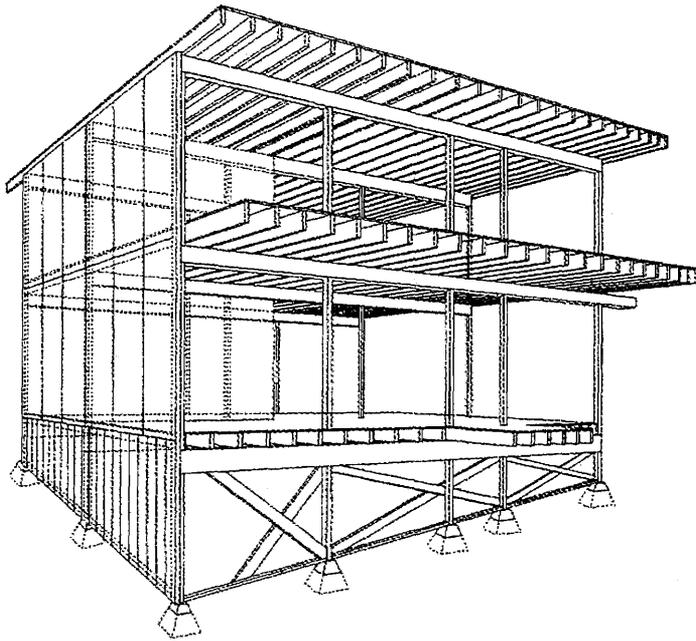


Figura 5.30.- Viviendas de estructura de madera en Valle de Vallejo, California, 1943. (Esquemas tomados de la referencia 23).

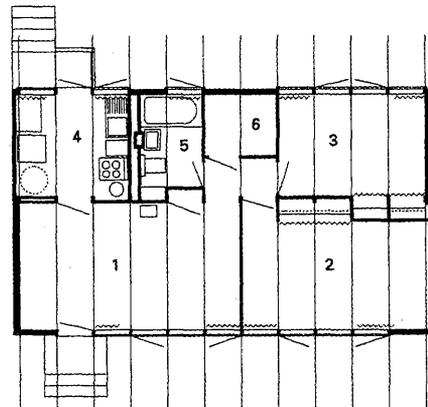
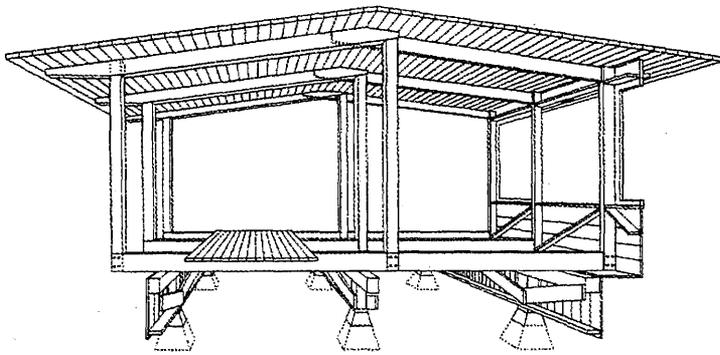


Figura 5.31.- Pórticos de madera industrializados para viviendas estandarizadas desmontables que fueron fijas y permanentes. (Esquemas tomados de la referencia 23).

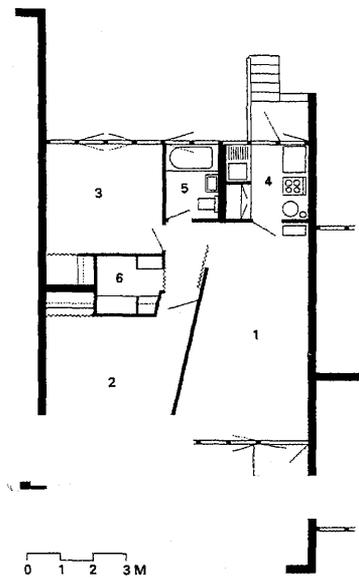
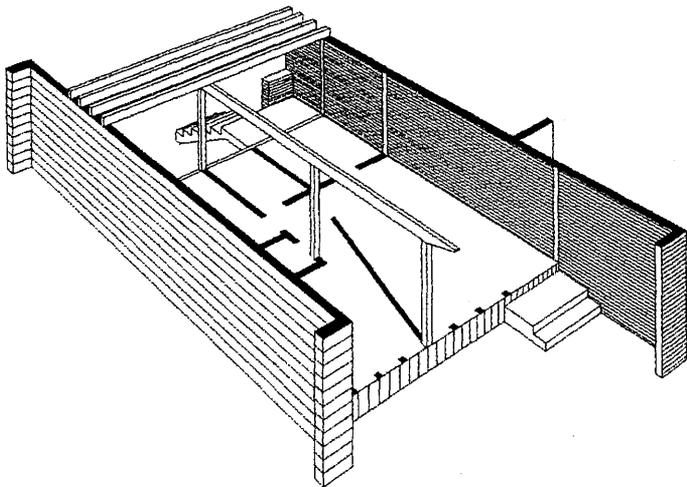


Figura 5.32.- Soluciones a base de muros de fábrica de ladrillo y estructura de cubierta de madera conformado por pórticos de dos vanos y tres soportes de madera. (Esquemas tomados de la referencia 23).

Housing Programme. Este programa permitió la construcción de alrededor de ciento cincuenta mil viviendas temporales, a las que se les otorgaba una vida útil de 10 a 15 años. Dado que la última se entregó en marzo de 1949, la desaparición de estos alojamientos estaba prevista para 1964. No obstante, algunos de ellos siguen dando servicio y han perdido su temporalidad, tratándose en las estadísticas sobre vivienda como edificios permanentes.

Pero, ¿por qué dedicar atención a estas construcciones temporales de apariencia anodina y sin una destacada preocupación por la estética y la composición? Pues porque detrás de todo ello radica el sentido y la justificación de toda una arquitectura ordinaria y simple, que actualmente se trata de sustentar teóricamente y que tuvo en los programas públicos de vivienda, británicos y americanos, surgidos alrededor de la Segunda Guerra Mundial, su más destacada vanguardia investigadora.

Esta nueva *arquitectura-que-no-tiene-nada* utiliza elementos estándar, conjugándolos con una economía de medios al servicio de un diseño preciso y sin retórica, que se parece a la que tuvo que adoptar la Sección de Viviendas para la Defensa, Division of Defense Housing, en las construcciones que promovió en los años cuarenta en Estados Unidos. Bajo la dirección de Clark Foreman, encargó a arquitectos independientes de la administración proyectos que solucionasen la gran escasez de viviendas para trabajadores de la industria militar. William W. Wurster fue uno de ellos. Construyó varios centenares de alojamientos desmontables en el valle Vallejo de California. La mitad de ellos fueron realizados con tableros de madera y la otra con "homasote", un nuevo tablero de pulpa de madera y base de periódicos con una resina como ligante. Utilizó tres sistemas constructivos: armazón, pórticos de madera y muros de fábrica. Los tres fueron experimentos de métodos prefabricados que, con bajo coste, conseguían un montaje rápido y una planta interior libre de tabiques portantes. Con la ayuda de Fred Langhorst, antiguo aprendiz de Frank Lloyd Wright, y el soporte económico de la Agencia Federal de Obras, Federal Works Agency, Wurster proyectó, en 1943, residencias temporales para los trabajadores de la Armada en Carniquez Heights, Vallejo, California, que fueron un buen ejemplo de viviendas desmontables estandarizadas.

Viviendas con armazón de madera (Figura 5.30): eran de dos alturas, con una vivienda de dos dormitorios por planta. Una escalera exterior comunicaba con un balcón corrido por donde se accedía al piso superior. La planta encajaba en una retícula de 7x7 módulos. Todo el frente de acceso estaba acristalado y dividido en siete partes. Los testeros no tenían ningún hueco y estaban formados por paneles ciegos.

Viviendas a base de pórticos de madera (Figura 5.31): consistían en dos crujías, una cubierta a dos aguas y tres soportes por pórtico. Las líneas de estructura eran perpendiculares a la fachada y existía un pórtico por módulo, con un total de doce módulos por vivienda. En el centro de la planta se situaban, por tanto, doce soportes que había que disimular entre armarios, marcos de puertas y tabiques ciegos.

Tenía dos accesos, uno a través del salón y otro por la cocina. En este caso, como en el anterior, toda la estructura era de madera y se apoyaba en unos troncos de pirámide de hormigón que se introducían en el terreno.

Viviendas de muros de carga realizados con albañilería (Figura 5.32): estaban basadas en dos paredes de ladrillo con los extremos plegados para asegurar su estabilidad frente a empujes horizontales. Eran nueve los módulos entre medianeras y estaban todos acristalados, con un despiece parecido al del armazón de madera. Longitudinalmente, dejando cinco módulos a un lado y cuatro a otro se situaba un pórtico plano de dos vanos y tres soportes de madera. Sobre él y sobre los muros laterales de albañilería apoyaban las viguetas transversales que formaban una cubierta prácticamente plana. Por necesidades físicas de acceso a un dormitorio, se giraba ligeramente el tabique de separación con el salón, rompiendo la ortogonalidad de la planta. Este ejemplo era el menos industrializado de todos, necesitando una considerable mano de obra para la realización en el sitio del muro de ladrillo.

Las que sí constituyeron un verdadero ejercicio de precisión constructiva fueron las novecientas setenta y siete unidades Homasote construidas en el valle Vallejo de California, proyectadas también por Wurster. En la secuencia de montaje se aprecia la alta sistematización que alcanzaron los trabajos y la coordinación de todas las etapas. Desde el mojado previo de los tableros para que se adapten perfectamente a los marcos una vez se hubiere producido el encogimiento de los mismos con el secado, hasta el clavado y encolado con sistemas mecanizados poco habituales en las construcciones tradicionales de la época. En un único camión con remolque cabían hasta tres casas completas. La apariencia final se apartaba de la imagen de barracón del ejército que tuvieron otras construcciones para la Armada y, a pesar de las dificultades topográficas -el terreno ondulado obligaba a realizar pequeñas terrazas escalonadas-, se consiguió crear un ambiente comunitario que favorecía el desarrollo social de los trabajadores allí alojados.

Estas viviendas desmontables dieron respuesta a una necesidad urgente, y por ello no fueron criticadas desde el punto de vista estético. Supusieron un verdadero experimento en cuanto a métodos de producción, que tuvo en cuenta la sistematización de funciones llevada a cabo en las empresas para la defensa. No cabe duda de que carecen de estilo y su homogeneidad se obtiene de su repetición en una serie. Son el resultado directo del proceso de producción. En cierto modo, su forma es la del producto industrial, pero encajarían perfectamente en los indefinidos espacios urbanos de las ciudades contemporáneas. Estos territorios, con funciones entremezcladas, sin carácter urbano y sin las referencias del campo, acogerían sin estridencias este tipo de proyectos que se regodea en su ordinariedad y que se aparta de la línea oficial de la arquitectura. La opinión de los usuarios las asocia más a los sustantivos de contenedor, caseta, cabina, pabellón y almacén, que a los de edificio o vivienda.

V.5.3. Sistemas constructivos en madera

Son múltiples los sistemas constructivos posibles de ser aplicados, siendo necesario hacer una somera clasificación de todos ellos, que permita al usuario tener una visión de las múltiples posibilidades constructivas que el material tiene. Esta clasificación que tomamos de R. Hempel (24) es posible realizarla desde diferentes puntos de vista: formal, estructural, constructivo o de uso.

Para la aplicación de una posible prefabricación, es conveniente clasificar en: *estructuras menores* y *mayores*. Las segundas, por sus dimensiones, no son adecuadas para la construcción de viviendas.

Estructuras menores son aquellas que salvan luces no mayores a 6 metros y son en general las tipologías más adecuadas para la construcción de viviendas, especialmente de tipo social. Dentro de esta clasificación hay tres sistemas claramente diferenciables: de tabique lleno, de entramados y de placas.

a. Tabique lleno (Figura 5.33)

Este sistema constructivo es fundamentalmente diferente a todos los demás, desde el punto de vista arquitectónico, constructivo y estructural. Su característica es que el espesor total de los tabiques está constituido por madera. Su expresión formal se caracteriza por su pesadez y gran rigidez, debido al entrecruzamiento de los elementos (rollizos o basas) en las esquinas y a lo reducido de los vanos que el sistema exige. Desde el punto de vista estructural corresponde a una estructura maciza que utiliza el elemento estructural de las tipologías de entramado (la barra). Aunque en este caso la madera está solicitada perpendicularmente a las fibras, es decir, en la dirección en la cual la resistencia es menor. A pesar de esta falta de lógica, estos sistemas son fáciles de trabajar, construir y montar. Inicialmente todas las construcciones de este tipo se construían con rollizos colocados horizontalmente, uno sobre otro, unidos solamente por la traba a media madera en las esquinas. No se empleaban elementos mecánicos de unión. En la actualidad existen una serie de nuevos sistemas, que usan madera aserrada y plantean uniones de diversos tipos.

Los sistemas de tabique lleno permiten un precortado de cada una de las piezas en la industria o taller que además inserta todos los rebajes del sistema de unión, debiendo realizarse en obra solamente el montaje del conjunto.

Las ventajas de estos sistemas las constituyen su fácil montaje y excelente aislamiento térmico que garantiza la gran masa de madera. Presentan la dificultad de controlar la variabilidad dimensional de las maderas con los cambios climáticos, pudiendo producirse variaciones de tres a ocho centímetros, en cada metro de altura de tabique. Esta característica debe tomarse en cuenta al diseñar ventanas, puertas e instalaciones sanitarias.

La desventaja de estos sistemas, desde el punto de vista de una posible industrialización, es que gran parte de las tareas han de hacerse en terreno, ya que solamente es posible preparar el rollizo en talleres. Además, se estima que estos sistemas consumen de un 20% a un 30% más de madera que cualquier otro sistema constructivo. Por todas las razones expues-

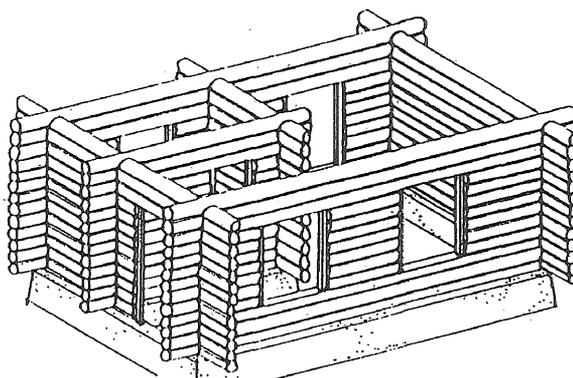
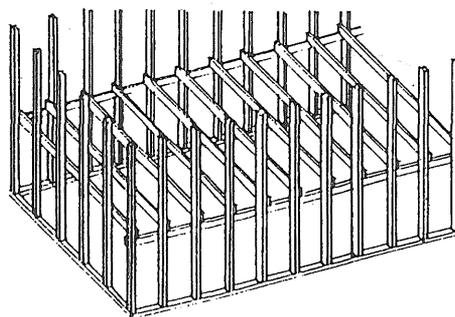


Figura 5.33.- Esquema de estructura de vivienda de madera de tabique lleno mediante entrecruzado de rollizos. (Esquemas tomados de la referencia 24).



Figuras 5.37 a, b y c.- Esquemas de sistemas de paneles portantes de madera: Baloon, americano y plataforma. (Esquemas tomados de 24).

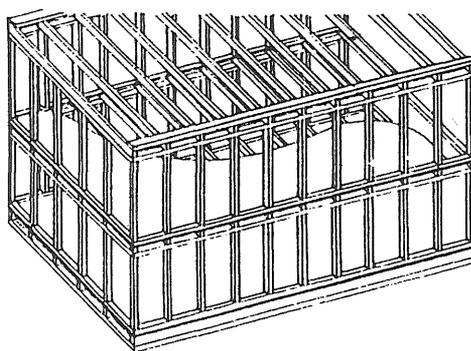
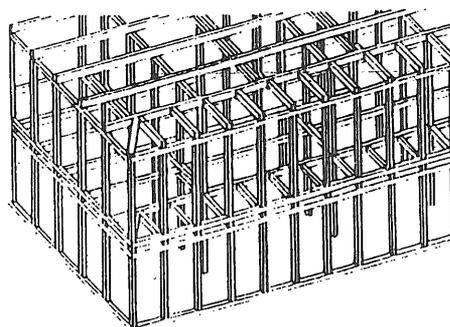
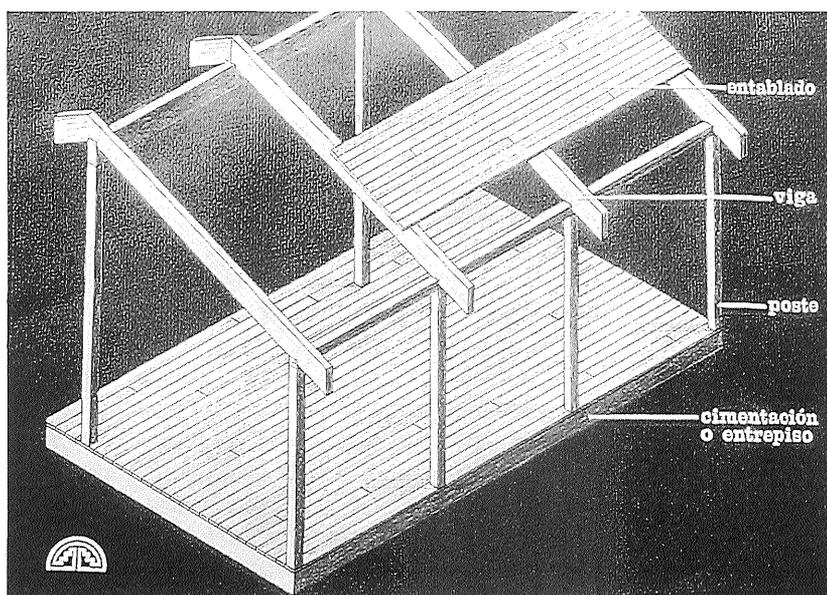


Figura 5.38.- Esquema y nomenclatura del sistema típico de «poste y viga». (Foto Acuerdo de Cartagena).



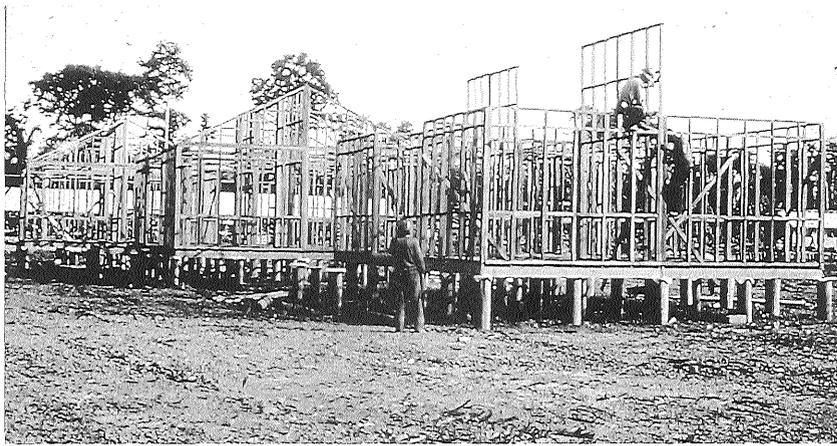
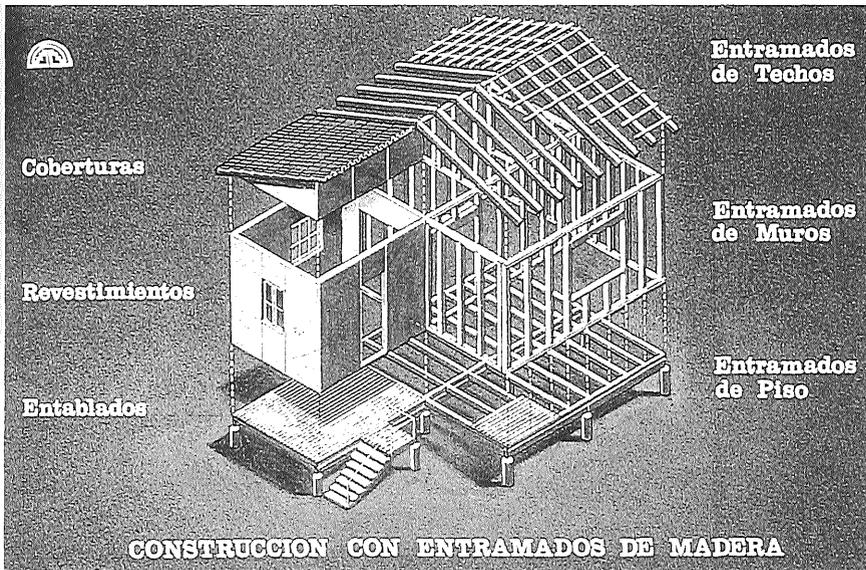


Figura 5.34.- Esquema de estructura de vivienda de madera mediante sistema de entramados. (Foto Acuerdo de Cartagena).

Figura 5.35.- Proceso de construcción con entramados en Ecuador en el marco del Proyecto PRID-Madera del Acuerdo de Cartagena, un extraordinario esfuerzo técnico y de coordinación multinacional que no culminó con los resultados prácticos deseables. (Foto Acuerdo de Cartagena).

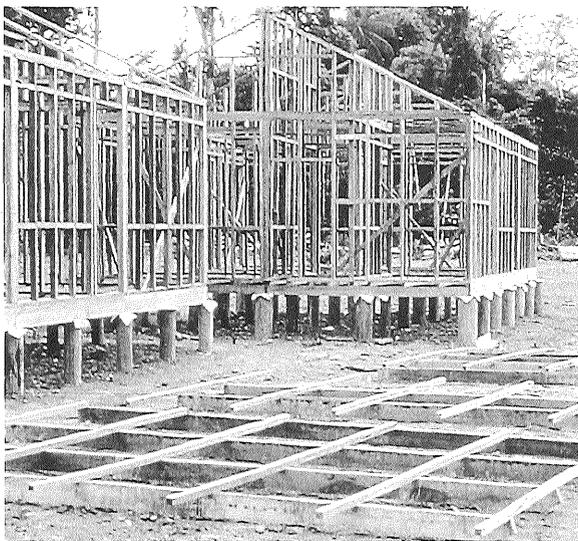
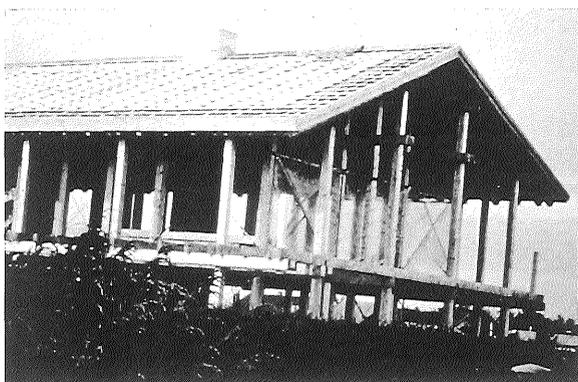


Figura 5.36.- Detalle de entramado de techo prefabricado preparado para su colocación. (Foto Acuerdo de Cartagena).

Figura 5.39.- Conjunto habitacional experimental mediante el sistema de «poste y viga» realizado en el marco del Proyecto PRID-Madera. (Foto Acuerdo de Cartagena).



tas se concluye que este tipo de construcción sólo es competitivo en regiones boscosas y en las que el costo de la madera sea relativamente bajo.

b. Sistemas entramados (Figura 5.34, 5.35 y 5.36) Esta tipología estructural está basada en el uso de la barra como elemento básico del sistema, entendiéndose como tal los pilares, postes, vigas, diagonal, solera, etc. Por este motivo también se le denomina sistemas en base a barras o armazones. Todos estos elementos van entrelazados entre sí, conformando un sistema espacial modular.

Dependiendo de las diferentes maneras de transmitir las cargas a la cimentación, se pueden distinguir: b.1. Sistemas de paneles portantes, en los que las cargas de techumbre y entrepiso se trasladan a los cimientos por medio de paneles. Pueden distinguirse tres tipologías de sistemas: balloon, americano y plataforma (Figuras 5.37 a, b y c).

b.2. Sistemas de vigas y soportes verticales, en los que las cargas de techumbres y entrepisos son recibidas por vigas que las trasladan a los apoyos-pilares o postes que transmiten a los cimientos. Pueden distinguirse dos tipologías de sistemas: de pilar y viga y de poste y viga (Figuras 5.38 y 5.39).

c. Sistemas de placas o paneles

La búsqueda de reducción del tiempo de armado de una construcción, mejora de acabados y garantía de calidad del producto, ha llevado a que gran parte de los elementos que constituyen una construcción, se armen en industrias o talleres de montaje. Esta tendencia a la industrialización se acentúa en la medida que aumenta la mecanización del proceso constructivo.

Estos sistemas están constituidos por placas conformadas por un bastidor de madera y por revestimientos laterales que le proporcionan rigidez y aseguran el arriostramiento del conjunto. Cada uno de estos elementos incluye: aislamiento térmico, barrera de vapor y de humedad y ventanas y puertas, quedando por realizar en obra únicamente algunos recubrimientos y la solución de la junta de encuentro entre placas o paneles. Estos sistemas no sólo utilizan placas para los paramentos verticales, sino también para el armado de pisos, techos y/o entrepisos.

La diferencia entre los sistemas de placas en uso está en la modalidad de unión entre ellas y que son de la más variada índole: listones de madera; pernos; complicados elementos de enganche; perfiles de acero, aluminio o madera... Todas estas soluciones deben, en lo posible, dejar accesibles los sistemas de unión para permitir desmontar con facilidad estas construcciones, lo que supone una de las características del sistema constructivo en base a placas y por tanto una de las ventajas frente a otros sistemas.

De la descripción de los diversos sistemas constructivos en madera susceptibles de ser usados, se puede concluir que algunos permiten sólo un proceso de precortado y otros, un proceso general de industrialización. Dependerá de cada circunstancia, entorno geográfico, condiciones socioeconómicas, participación de los usuarios, garantía de continuidad de la producción, repetitividad de unidades y otros factores que lleven a decidirse por algunas de las alternativas planteadas.

V.6. LA BAMBUSA GUADUA EN LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA VIVIENDA SOCIAL

«... cañas tan gruesas como el muslo de un hombre»

Cristóbal Colón, Septiembre de 1502.

V.6.1. La bambusa guadua, un material generoso

Según el profesor colombiano Oscar Hidalgo, al que tanto debe la creciente práctica de construcción latinoamericana a base de guadua, el crecimiento de la bambusa puede llegar hasta 1,20 metros en un día, lo que la hace especialmente atractiva como cultivo para fines comerciales, especialmente si pensamos en su cultivo racionalizado para su utilización industrial, ya que puede ser utilizada entre 3 y 6 años después de sembrada, época en que adquiere su máxima resistencia (Figuras 5.40 y 5.41). Su bajo costo, facilidad de transporte, forma regular, alta resistencia a tracción, compresión y flexión; así como sus reconocidas propiedades frente al sismo hacen de la guadua un material de construcción ideal para la vivienda de las clases pobres. No estamos descubriendo nada nuevo: los pueblos de Colombia, Ecuador, Costa Rica y, más recientemente, Guatemala y El Salvador la utilizan. Desde el particular punto de vista de nuestro trabajo queremos centrarnos en sus posibilidades como material tradicional susceptible de ser utilizado en procesos industriales.

La guadua se considera en Colombia como la madera de los pobres. Afirma M. Villegas (25) que «desde la mata viene aligerada, modulada, barnizada. No necesita intermediarios, ni tiene desperdicios por aserrio o por cortes. Es la especie vegetal de más rápido crecimiento y la de propiedades estructurales más extraordinarias. Su relación peso-resistencia sólo es comparable con las obtenidas por los materiales artificiales más sofisticados. A pesar de que hay que inmunizarla, la guadua es un milagro». Con un sistema de guadua que tenga resueltas las uniones a tracción y compresión de sus elementos componentes, se puede entrar a competir en igualdad de condiciones frente a materiales como la madera aserrada, el hierro o el hormigón. Demostrar que la guadua en la zona donde se da en forma silvestre es un material estructural tan confiable como éstos, puede suponer repercusiones insospechadas en su producción y consumo. (Figuras 4.43 y 5.44).

V.6.2. Propiedades físico-mecánicas (26)

La conductividad térmica del bambú es de 0,004 cal/mh °C. Al igual que la madera, sus propiedades varían con la edad: los maduros (alrededor de tres años) tienen la máxima resistencia. Desde el punto de vista mecánico el bambú se puede comparar favorablemente con el hormigón, el acero y la madera (es dos veces más rígida que ésta): requiere el 57%

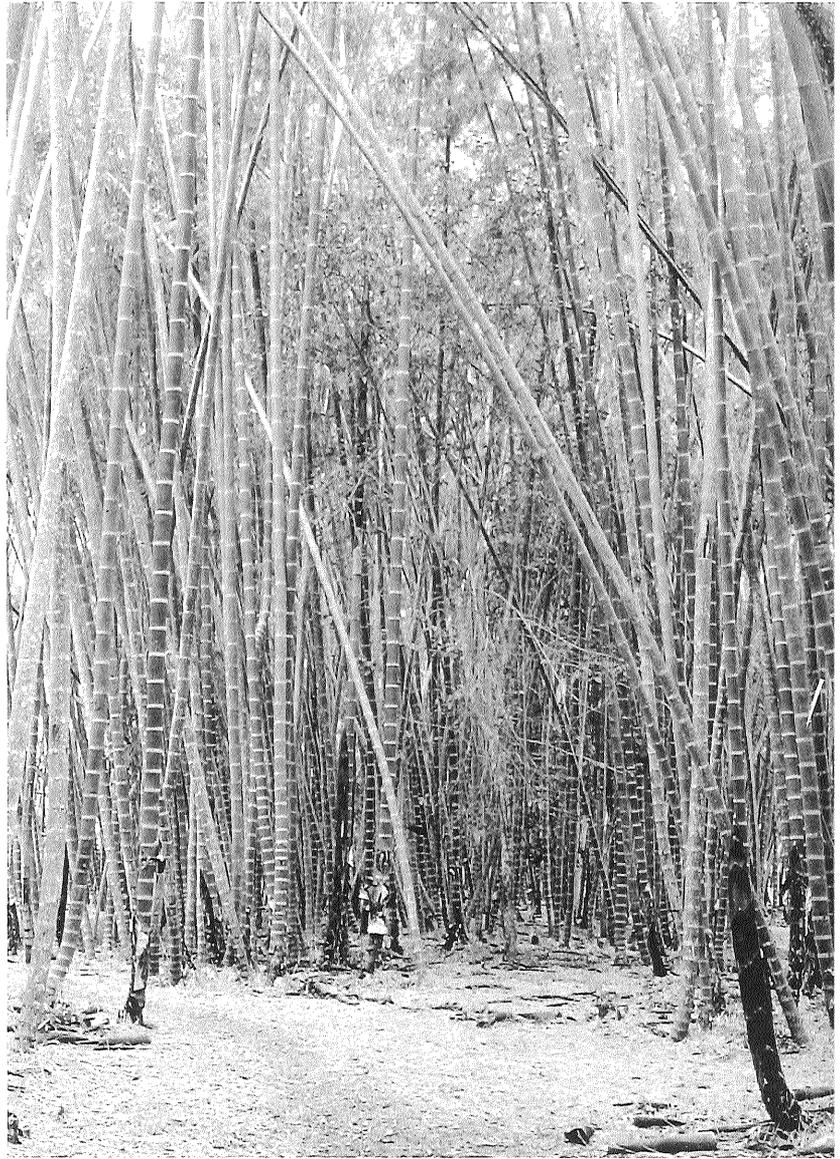


Figura 5.40.- Guadua en Obando, Colombia: la bambusa guadua, un material realmente generoso. (Foto tomada de la referencia 25).

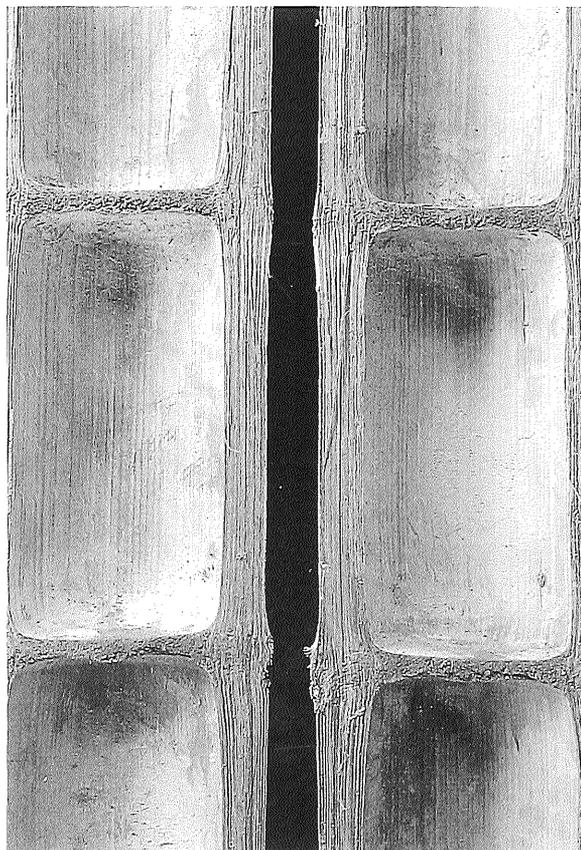


Figura 5.41.- Sección transversal de guadua mostrando los canutos y típanos que conforman su estructura resistente interna. (Foto tomada de la referencia 25).

Figura 5.43.- El bambú como material y la técnica de profesionales expertos puede dar respuestas inusitadas: viviendas dignas de muy bajo coste o bellos espacios públicos como la iglesia colombiana que muestra la foto. (Foto J. Salas).

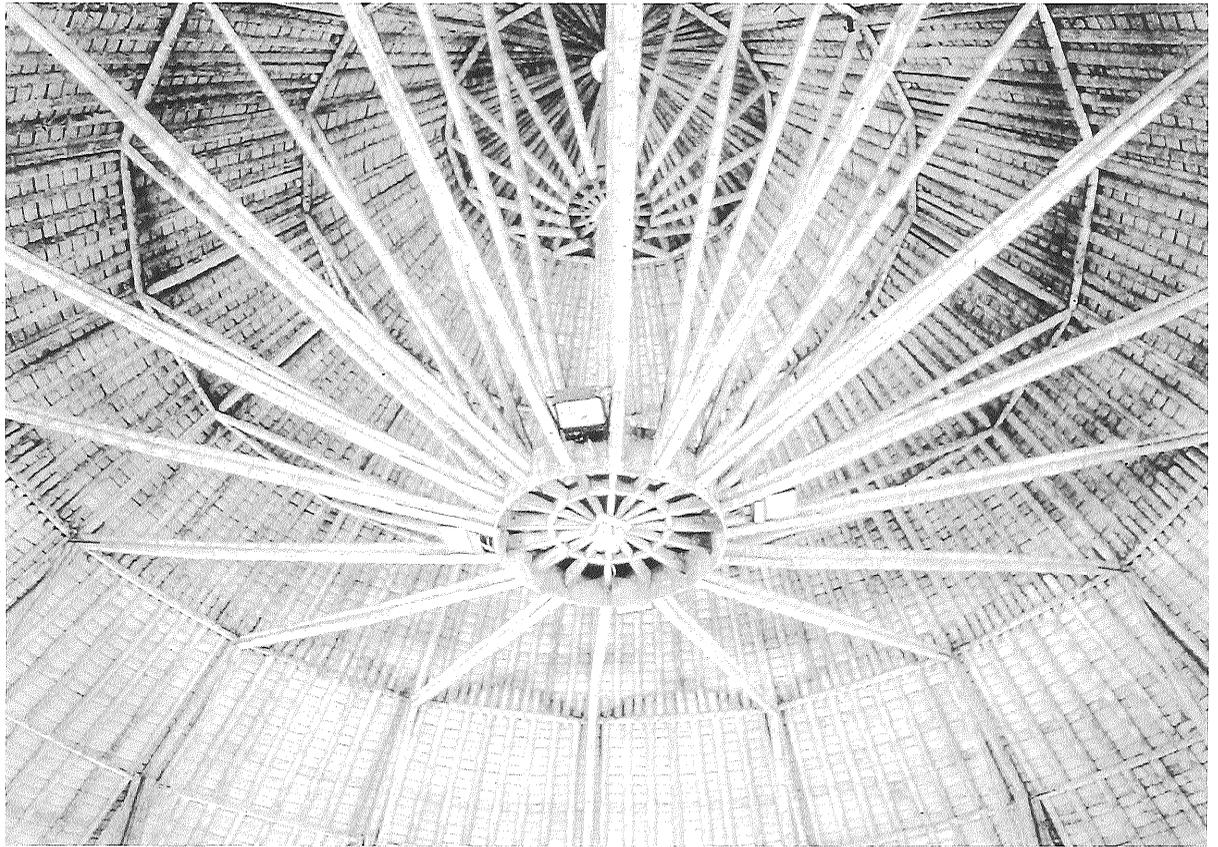


Figura 5.44.- Despiece y descomposición en elementos industrializables a base de madera y/o bambú tomado del trabajo de tesis doctoral del arquitecto colombiano J.H. Arcila.

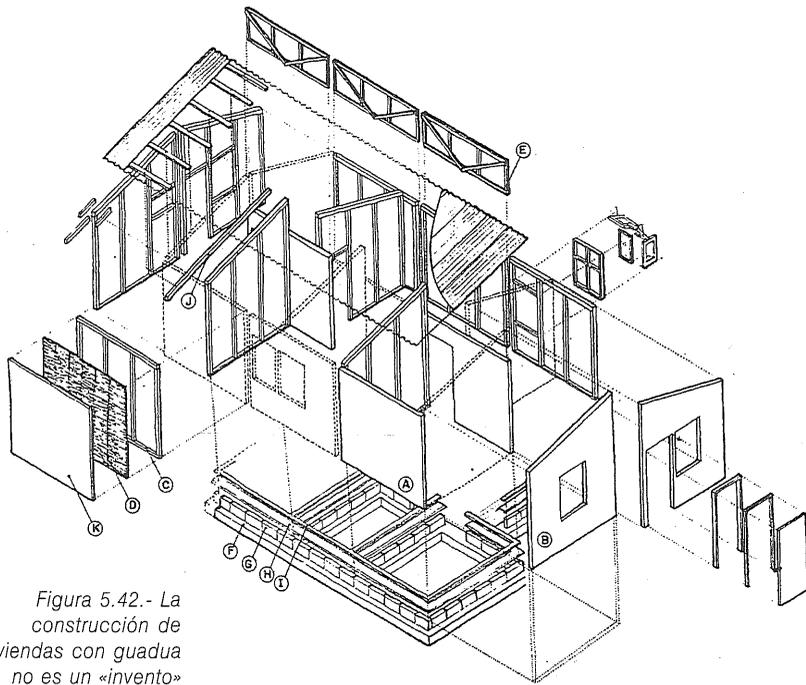
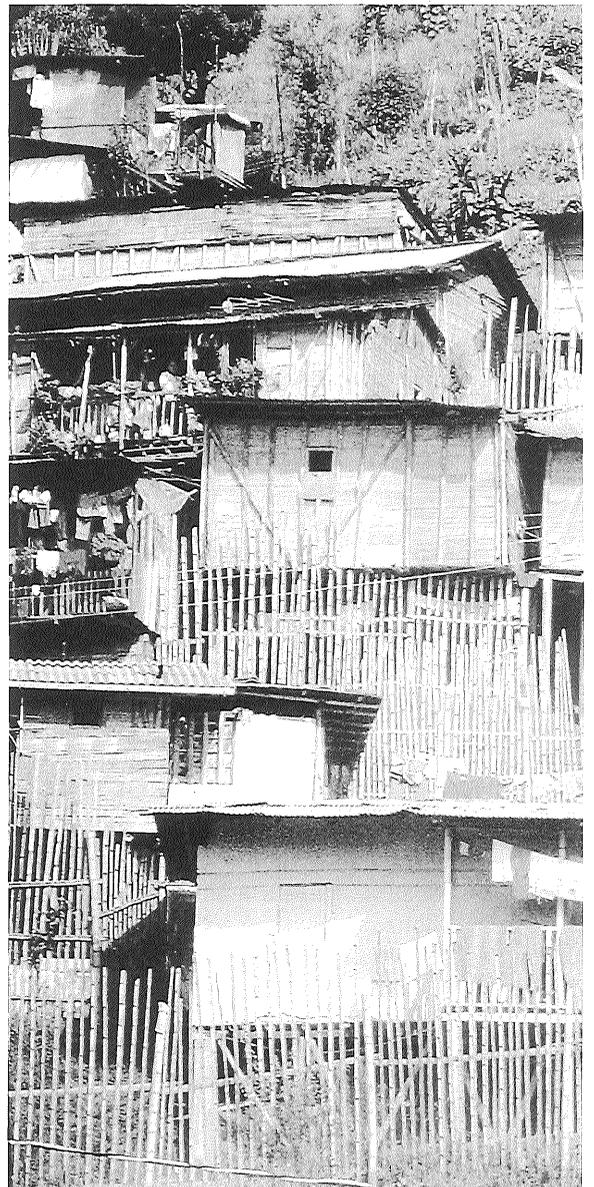


Figura 5.42.- La construcción de viviendas con guadua no es un «invento» reciente de profesionales de la construcción, es una forma ancestral de autoconstrucción de las zonas en las que abunda esta materia prima. Imagen de viviendas populares en pendiente en zonas cafetaleras de Manizales, Colombia. (Foto J.H. Arcila).

de su masa cuando es usado como viga y el 40% cuando lo es como columna. Es tan eficiente estructuralmente como el acero y puede acumular tanta energía de tensión como la madera. Su resistencia a flexión relativa es superior a la madera y al acero, aunque su mejor propiedad mecánica es la tracción paralela a la fibra (200-300 N/mm²), aunque no se suele aprovechar porque presenta, como la madera, el problema de la continuidad de los nudos. Además, la tendencia al rajado impide el empleo de clavos para asegurar las uniones. En cambio, su resistencia a compresión, que sí es su forma de trabajo más habitual, es buena, pero ha



de considerarse junto al grado de sazónamiento (madurez) y a la relación longitud/diámetro. La resistencia a compresión paralela a la fibra varía (entre 630 y 860 kp/cm² y 520 y 930 kp/cm²) dependiendo de si el diámetro es de 60 ó 32 milímetros respectivamente. La resistencia a cortante está en torno a los 167 kp/cm², más baja que la madera. Su resistencia a flexión es 11.850 N/mm² y su módulo de elasticidad está en torno a los 200.000 kp/cm².

Sobre su resistencia al fuego hay pocas experiencias, pero dada su mayor densidad y el alto contenido de sílice, es mayor que la madera. Además, el nudo actúa como retardante de la ignición.

Los componentes estructurales horizontales son más resistentes que los verticales y su ignición es lenta por lo que se incrementa el tiempo de evacuación en caso de incendio: es material combustible, pero retardante.

V.6.3. Tecnología de construcción (27)

Los procesos constructivos a base de guadua en la actualidad se fundamentan en la depuración y sistematización de los tradicionales métodos campesinos de construcción en guadua (Figura 5.45). Su empleo en trozos cuyas características físicas en un mismo tallo varían debido a que el diámetro y el espesor de éste disminuye con la altura y la mayor separación de los nudos va creciendo hacia su ápice. Por consiguiente, el extremo inferior -*cepa*- que tiene mayor diámetro (de 12 a 14 centímetros) y espesor de pared, con nudos más próximos, es más resistente que el extremo superior, que por ser más delgado y de nudos más separados, es más flexible. Por tanto, la parte basal, intermedia y superior, tienen aplicaciones diferentes. (Figura 5.46).

La porción *basal* se emplea en elementos sometidos a esfuerzos de compresión y tracción, por ejemplo: columnas y vigas de entresuelos. La porción intermedia o *sobrebasa* (de 7 a 10 centímetros) se utiliza como armaduras de cerchas, parales y soleras de muros portantes o divisorios. La porción o tercio superior *alfarda* (de 5 a 7 centímetros) en correas de techos, como soporte de la cubierta que suele resolverse con placas ligeras onduladas.

Las esterillas, conformadas a base de guadua muy delgada seccionada longitudinalmente, son un elemento fundamental para el cierre y tabiques divisorios. El cerramiento empleado en gran parte de las viviendas a base de guadua suele ser mediante el sistema de *enchinado*, el cual suele determinarse después de algunas pruebas y ensayos, en los cuales se enfatiza el empleo del material dejando sus nervaduras expuestas (Figura 5.47). El sistema de *enchinado* resulta de colocar a ambos lados de los parales fajas horizontales de esterilla de guadua, con la superficie lisa hacia dentro, unidas con puntillas clavadas a unos 8 cm. y reforzadas con alambre galvanizado. Posteriormente se cubre con mortero de cemento y arena en proporción 1:4.

El sistema de cimentaciones sobre dados prefabricados de hormigón permite aislar la estructura del suelo húmedo y de esta manera se evitan fuertes alteraciones de los terrenos pendientes.

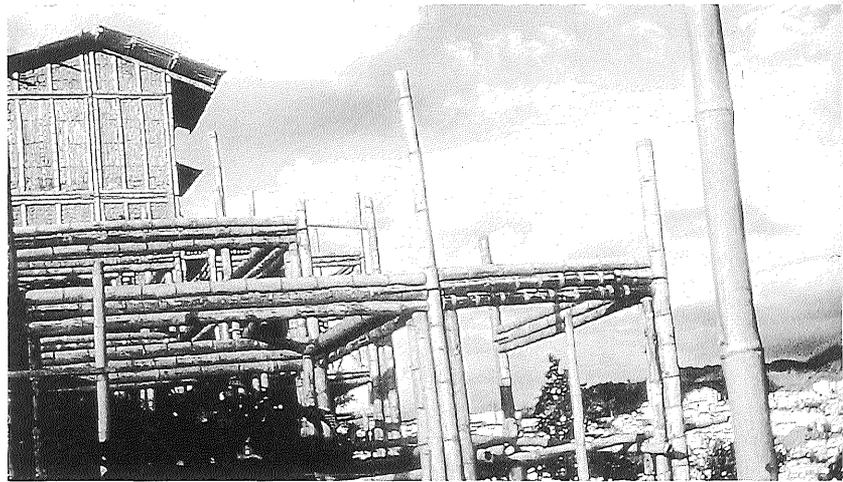


Figura 5.45.- Momento de la construcción de viviendas con guadua, su utilización como: pilares, jácenas, viguetas y elementos de cerramiento. (Foto J.H. Arcila).

Figura 5.46.- Detalle del «enchinado» a base de dos esterillas de guadua que reciben posteriormente cualquier tipo de enlucido o recubrimiento interior y/o exterior. (Foto J.H. Arcila).

Figura 5.47.- Panel prefabricado de grandes dimensiones, marco de madera y cerramiento de bambú, fácilmente manejable por dos operarios, una forma realista de encarar el problema acuciante de la vivienda en la zona de Gayyaquil (Ecuador).



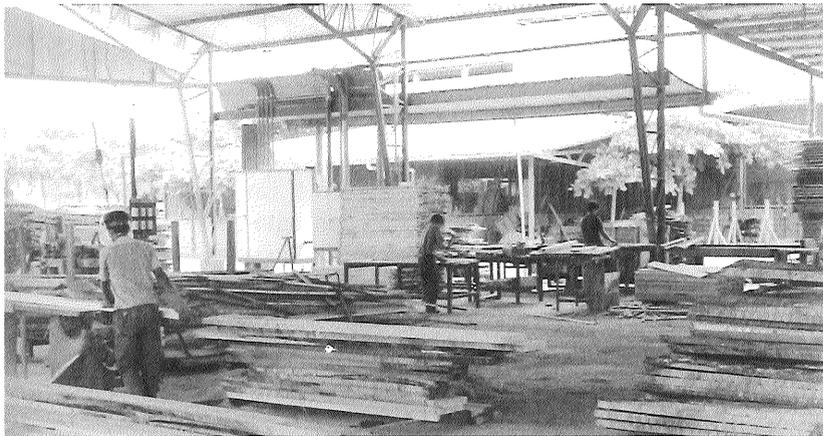
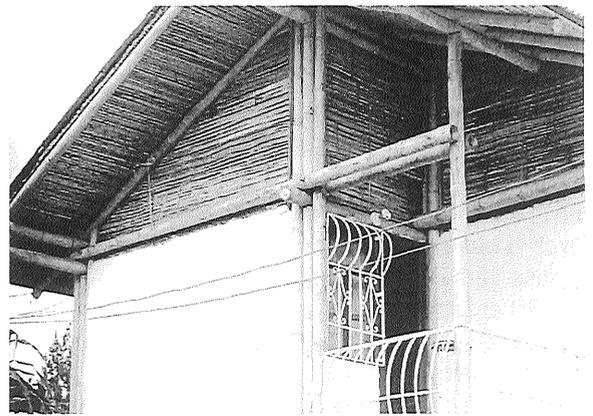
Figura 5.48 y 5.49.- El Programa Malhabar de viviendas de carácter social en guadua y madera ha dado excelentes soluciones a conjuntos de muy bajo coste de viviendas en pendiente en la zona de Manizales. (Foto J.H. Arcila).

Figura 5.50.- Taller de prefabricación de elementos estandarizados para viviendas de muy bajo coste a base de madera y guadua en Guayaquil. La utilización de materiales autóctonos, procesos productivos industrializados y métodos racionalizados de construcción, es una vía con muchas direcciones por explorar.



Figura 5.51.- Vivienda tipo en Costa Rica a base de bambú estudiada y promovida por el Centro Nacional del Bambú. (Figura J. Salas).

Figura 5.52.- Vivienda experimental de bambú y madera para la formación de mano de obra promovida por INTECAP en Guatemala. (Figura J. Salas).



Aparte de la estructura básica de la vivienda, los elementos complementarios, tales como soportes de escaleras, barandas, cercos, etc., se resuelven empleando el mismo material (*latas de guadua* de 3 a 6 centímetros de ancho).

Las piezas utilizadas en la construcción de las viviendas, han sido sometidas a tratamiento de preservación e inmunización por inmersión en sales y pentaclorofenol; los elementos estructurales apoyados directamente sobre los dados de concreto se recubren con pintura impermeabilizante, brea, con el fin de evitar la pudrición al contacto con la humedad.

Es importante anotar la aceptación por parte de los usuarios, lo cual produce estímulo suficiente en la búsqueda de nuevas formas de utilización del material y de los propios de la región. Los pares o correas de bambú trabajan excelentemente y los cerramientos de la armadura serán los convencionales: esterilla o *latas de bambú*, entablado, tablero, planchas metálicas, etc. Las armaduras, cerchas y jácenas son piezas estructurales eficientes y económicas que permiten la ubicación del aislamiento térmico y más libertad de diseño en el interior. Cualquier tipo de tejado convencional es válido en este sistema, a excepción de la teja cerámica por su excesivo peso.

Las cimentaciones pueden ser puntuales (pilotes o pilastras de mampostería o bambú) o corridas (zanja rellena de hormigón o murete de bloque), siendo desaconsejable el hincado de pilotes por razones de durabilidad. Por otra parte pueden ser superficiales o profundas, merced al poco peso de la estructura dependiendo de la capacidad resistente del terreno. La solera puede ser una losa de hormigón (sobre un dado corrido o simplemente apoyada en el terreno) o un forjado de bambú levantado del terreno con una cámara de aire. El revestimiento o cerramiento de la solera, según sea el caso, tiende a hacerse con entablado machiembrado o tablero hidrófugo.

V.6.4. Sistemas constructivos industrializados a base de bambú. La prefabricación parcial

El sistema de prearmado de componentes constructivos a base de bambú como material fundamental resulta tremendamente competitivo y apropiado para la VBC en las zonas en las que el bambú se produce de forma silvestre. Son muy aptos para adaptarse a una modulación modesta, así como para ser producidos, manipulados y montados por unos pocos hombres sin la necesidad de grúas o mecanismos de montaje sofisticados. El límite máximo de peso de 80 kilos, tantas veces recomendado en este texto, permite producir elementos de medianas dimensiones a base de bambú y esterillas antes de enlucir. Los componentes interiores y exteriores en este tipo de sistemas suelen valerse de la coordinación dimensional, en tamaños que van desde pequeñas unidades modulares (módulo tipo cercha, panel ciego, panel ventana, panel puerta, etc.) hasta componentes modulares de mediana o gran dimensión.

En el prearmado de marcos de componentes por medio de elementos habilitados, es recomendable el empleo de encofrados metálicos para dar precisión a las dimensiones del conjunto, corrigiendo posibles errores antes de realizar una determinada producción en serie. Suele resultar una buena combinación la utilización de madera y bambú; la madera como estructura perimetral, en forma de marcos o bastidores de los componentes. El bambú rollizo en la estructura o montantes interiores, y en forma de esterilla como cerramiento (forro). La madera facilita el proceso de producción de elementos dimensionales estandarizados. También es factible la sustitución de los marcos de madera por marcos de bambú, para ello previamente hay que proceder

a una cuidadosa normalización de diámetros y adecuados elementos de fijación.

El sistema de componentes modulares prearmados permite múltiples alternativas de composición arquitectónica y de rapidez de montaje en obra, constituyéndose por tanto en una alternativa adecuada para programas de vivienda de interés social, dado que facilita la participación del usuario.

La prefabricación total

Las propiedades físicas y mecánicas de los elementos a base de bambú anteriormente señaladas: bajo peso, eficiencia, energía de producción, etc., nos permiten considerar este sistema constructivo aconsejable de realizar mediante la aplicación del bambú en su estado natural (rollizo o segmentado), o bien transformado industrialmente (laminados, contraplacados, etc.). En la prefabricación total de viviendas, las unidades habitacionales serán completamente terminadas en planta y sólo la construcción de la cimentación y otra serie de elementos de infraestructura serán realizados en obra.

No existen ejemplos de casos realizados en forma seriada por medio de este sistema constructivo, quizá porque el empleo del bambú en construcción responde a necesidades muy particulares y limitadas de una determinada región, y por tanto, el sentido de masificación implícito en la prefabricación total no encaja en dicha realidad. Una alternativa a la prefabricación total la puede constituir el desarrollo de infraestructuras de uso temporal; por ejemplo, las edificaciones de emergencia en caso de terremotos o inundaciones, mediante unidades fácilmente transportables, inclusive en helicópteros (geodésicas, módulos tipo A, tiendas, etc.).

V.6.5. Reseña de la utilización latinoamericana del bambú

Colombia y Ecuador, han sido los países que tradicionalmente han utilizado en grandes zonas del país diferentes tipos de guadua para la construcción de la vivienda popular. En Colombia se detecta un cierto interés por parte de los profesionales hacia las construcciones con bambú, no solamente para viviendas de bajo coste sino que también para construcciones públicas y privadas de sectores altos. La iglesia en la región de Manizales de la Figura 5.43, puede ser un claro ejemplo de ello. Como ya se mencionaba al inicio del Apartado las enseñanzas y tesón profesional del profesor Oscar Hidalgo no han caído en terreno valdío.

El Programa Malhabar de viviendas de carácter social en guadua y madera ha dado excelentes resultados de conjuntos de viviendas en pendiente. Un ejemplo destacable de autoconstrucción con bambú en la zona de Manizales se muestra en las Figuras 5.48 y 5.49 en las que destacan la buena adaptación al terreno así como el buen acabado tradicional de los paramentos exteriores enlucidos.

En la zona de Guayaquil (Ecuador), la institución Servivienda ha construido miles de viviendas muy

sencillas para las capas más pobres de la población utilizado paneles prefabricados a base de bambú y marcos de madera. La producción de dichos elementos se realiza en una modesta planta de producción (Figura 5.50) y una de sus principales características es la facilidad de manejo de los elementos en todas las fases del proceso como muestra en forma evidente la Figura 5.47

En Costa Rica desde hace una década, gracias al Programa Nacional del Bambú que contó con la cooperación del gobierno holandés y que dirige la Arquitecta Ana Cecilia Chávez⁴, el bambú tiene una importante vigencia en los programas de vivienda, en la mayoría de los casos en forma de combinación madera-bambú (*gynerium sagittatum*). (Figura 5.51).

Guatemala ha emprendido recientemente un plan de utilización del bambú en la construcción de viviendas, valiéndose de la formación de mano de obra calificada para esta tarea. El programa se enmarca en el Instituto Técnico de Capacitación (INTECAP) bajo la dirección de la Arquitecta Gladys Padilla, como consecuencia del mismo se han construido varias viviendas piloto con bambú como material dominante y se detecta un cierto interés por estas técnicas de construcción en Guatemala. (Figura 5.52).

Para finalizar esta breve reseña, recomendamos a los interesados en el tema el trabajo de tesis doctoral «El bambú como material de construcción» realizado por el arquitecto colombiano Jorge H. Arcila (1993) en el Departamento de Construcciones Arquitectónicas de la ETS de Arquitectura del Vallés (Barcelona).

4 Los interesados en el tema pueden consultar el Capítulo E, páginas 276 a 280 del libro del autor "Contra el Hambre de Vivienda", que contiene una detallada descripción de la utilización del bambú en Costa Rica.

Bibliografía

- (1) H. Houben: L'habitat économique dans les pays en développement: matériaux, techniques de construction, composants. Plan Contrucción. Paris, 1984, Vol. 2, pags. 53 a 60.
- (2) CEPAL, Coordinador de proyecto, Sergio Soza: La producción de la vivienda en América Latina y el Caribe, Edit. CEPAL, 279 páginas, Santiago de Chile, 1996.
- (3) W. Kruk (coordinador), CYTED: Catálogo Iberoamericano de técnicas constructivas industrializadas, CYTED, 243 páginas, Montevideo, Uruguay, 1993.
- (4) Carlos González Lobo: La vivienda y la ciudad posible, Edit. Escala, Bogotá (Colombia), 1999.
- (5) American Concrete Institute A.C.I.: Manual Concrete Practice. Detroit, 1991.
- (6) Portland Cement Association P.C.A.: Design and control of concrete mixtures. Skokie, 1979.
- (7) Rodríguez Flores, Carlos Alberto: Hormigón: El agua de mezcla. Tecnología del Concreto. Asociación de Ingenieros Civiles de la Universidad Nacional AICUN. Bogotá (Colombia), 1988.
- (8) Ardila Carlos, Tsuchiya Juan C.: Efectos de un incorporador de aire en las propiedades físicas del hormigón. Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Abril de 1991.
- (9) Gómez Cortés, José Gabriel: Influencia del tipo de compactación en la resistencia de hormigones. Informe interno de investigación. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Junio, 1990.
- (10) Comité A.C.I. 308 - 71: Práctica recomendada para el curado del concreto. Traducción de Álvaro Díaz. Nota Técnica N° 5 del Instituto Colombiano de Productores de Cemento I.C.P.C. Medellín, 1976.
- (11) Spears, Ralph: The 80 percent solution to inadequate curing problems. Concrete International, A.C.I., Abril de 1983.
- (12) Garzón John, Martínez Wilson, Rodríguez Oscar: Efecto del tipo de curado sobre la resistencia del hormigón. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Noviembre de 1989.
- (13) Salas Julián, Gómez Gabriel, Veras Janer: Hormigones con ceniza de cáscara de arroz (R.H.A.): Influencia del curado y del agua de amasado. Revista Informes de la Construcción. Instituto Eduardo Torroja, N° 385. Madrid, Noviembre de 1986.
- (14) CYTED, Habiterra, 227 páginas. Edit. Escala, Bogotá, Colombia, 1995.
- (15) CYTED, Graciela María Viñuales (Compiladora): Arquitecturas de tierra en Iberoamérica, 127 páginas. Impresiones Sudamericanas, Buenos Aires, Argentina, 1994.
- (16) Campos, Paulo Eduardo F. de Industrialização da construção e argamassa armada; perspectivas de desenvolvimento. São Paulo, EPUSP, 1989. (Dissertação de Mestrado).
- (17) Hanai, João B. Argamassa armada; fundamentos tecnológicos para projeto e execução. São Carlos, Escola de Engenharia, 1987. (Tese de Livre Docência).
- (18) Lima, João Filgueiras. Depoimento. Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 3(11): 24, abr./mai. 1987.
- (19) Bezerra, Robério R. Argamassa armada; aplicação em urbanização de favelas e saneamento básico. São Paulo ABCP, 1984. (ET-64).
- (20) Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): Projeto e execução de argamasa armada; Projeto 18:05.14-001. Río de Janeiro, 1989.
- (21) Hanai, Joao B.: Construções de argamasa armada: Situação, perspectivas e pesquisas. Sao Carlos, Escola de Engenharia, 1981. (Tese de Doutorado).
- (22) Austriaco, Lilia Robles: Introduction to ferrocement: history, applications and constituent materials. In: International Ferrocement Information Center (IFIC). Short course on design and construction of ferrocement structures; lecture notes. Bangkok, 1985.
- (23) J. Mozas, La superación de lo vulgar en la construcción estándar, Rev. a+t, N° 10, Vitoria, España, 1997.
- (24) Ricardo Hempel, Ponencia: viviendas de interés social de madera, Curso CYTED, Edit. IDEC-OTIP, Puerto Ordaz, Venezuela, 1993.
- (25) Marcelo Villegas, Bambusa, Guadua, Villegas Editores, 175 páginas, 1989 Santafé de Bogotá, Colombia.
- (26) J. H. Arcila, Arquitectura guadua y autoconstrucción», artículo mecanografiado, 1990.
- (27) J. H. Arcila, trabajo de tesis doctoral en la ETSA del Vallés, Barcelona, El Bambú como material de construcción, 1993.

PRODUCCIÓN, TRANSPORTE Y MONTAJE

VI.1. INTRODUCCIÓN A LA PREFABRICACIÓN

VI.1.1. Planteamiento global del tema

La existencia de la planta productora o microtaller, y por tanto de un proceso de fabricación que no tiene por qué ser sofisticado, es determinante en la construcción industrializada. Entendemos la prefabricación como una de las posibles formas de manifestarse la industrialización de la construcción y esencialmente se trata de fabricar antes de construir. Es por ello que se dedica este capítulo al estudio del proceso de fabricación desde el punto de vista de las implicaciones que tiene con el conjunto de las restantes etapas de la obra.

Hay quienes afirman que los procesos de fabricación de elementos son resultado de la coordinación de movimientos y de puestos de trabajo. Como situaciones extremas de esta idea, se tiene, de una parte, la típica *cadena de producción de automóviles* (producción en puestos de trabajo fijos y producto móvil que se completa paulatinamente), y de otra, *la construcción naval en astilleros* (producción a base de puestos de trabajos móviles que incorporan valor añadido al producto fijo. (Figuras 6.1 y 6.2). De forma esquemática, estas dos concepciones extremas de procesos de fabricación llevan a dos visiones de la producción de viviendas igualmente opuestas: los que propugnan la producción de viviendas al margen de su emplazamiento y como resultado de un proceso netamente industrial (vivienda cápsula, células tridimensionales, mobile homes...Figura 6.3), y los que piensan que la vivienda está determinantemente vinculada al terreno, y que por tanto, al ser el producto (vivienda) fijo, lo que procede es ra-

cionalizar al máximo la obra (encofrados racionalizados, utilización de herramientas idóneas, organización sistemática de las tareas en la obra, coordinación entre los oficios...).

La construcción industrializada de vanguardia, hacia la que se tiende en Europa, se ejecuta a base de procesos mixtos: mediante la incorporación a una obra racionalizada del mayor número de elementos, componentes o subsistemas de origen industrial, utilizando medios mecanizados y respondiendo a un proyecto específico redactado en forma acorde con estos nuevos condicionantes. Sobre este tema se comentaron algunos conceptos en el Apartado 2.5.5 y volveremos en el Capítulo 11 al abordar lo que definiremos como *industrialización sutil de la construcción*.

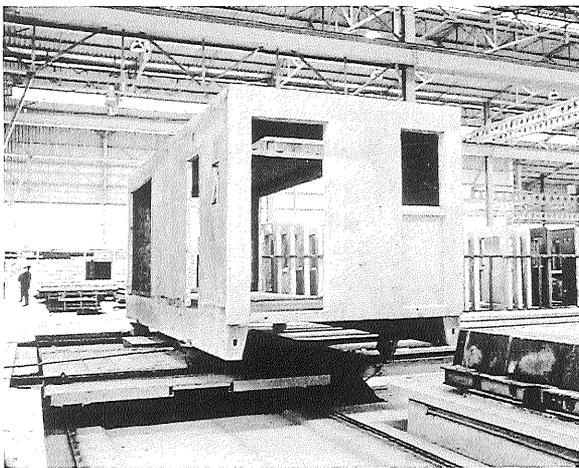
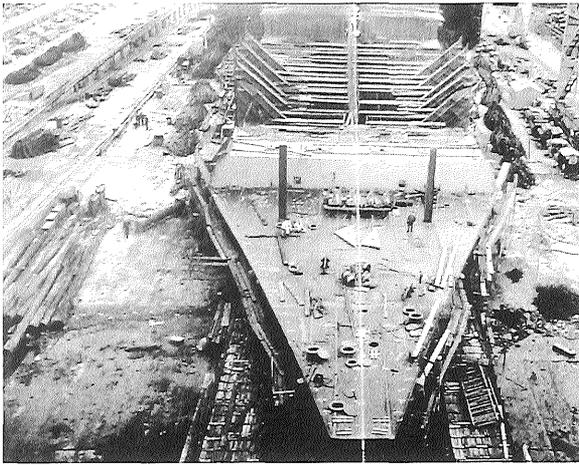
Globalmente, puede afirmarse que el esquema productivo de las plantas de prefabricación de elementos de cualquier tipo, a base de hormigón, responden al planteamiento esquemático que se recoge en la Figura 6.4.

VI .1.2. Clasificación de la prefabricación según el tipo de factorías

Tipos de fábricas:

Existe una gran variedad de tipos de fábricas: desde las que proyectan, fabrican y montan todos los componentes necesarios de una urbanización compleja (Ver Apartado 8.7), a los modestos microtalleres productivos de un sólo tipo de elemento (por ejemplo bloques de 40 x 20 x 20 cm.) de los que nos ocuparemos en el Apartado 8.2.

Se suele distinguir, aunque en la práctica la división no sea muy nítida, entre fábricas fijas, semifijas y móviles. Seguidamente se recogen algunas características al respecto de los dos primeros tipos.



Producción en planta fija (prefabricación):

Las características específicas del proceso de producción en una fábrica fija suelen ser las siguientes:

a) La demanda a la que atiende suele ser variada respecto a los promotores, intermitente en el tiempo y dispersa geográficamente en un radio de acción más o menos grande.

b) La planta se instala con carácter permanente teniendo por lo general previstas unas etapas de desarrollo, modernización, ampliación... Es decir, existe estrategia de funcionamiento a corto, medio y largo plazo.

c) El personal está afecto a una razón social industrial y su contratación no depende del período de ejecución de una realización determinada. La plantilla suele estar acogida a legislación laboral de tipo industrial. La empresa lógicamente está interesada en la formación y promoción de su personal.

d) La gerencia actúa con mentalidad industrial tomando medidas a largo plazo como pueden ser: programas de mejora de procesos, organización racional del trabajo, desarrollo tecnológico, fomento y ayuda a las asociaciones técnicas y programas de desarrollo del sector, etc.

Producción en planta semifija (premoldeo):

Al igual que en el caso anterior, en el contexto de una planta semifija o semipermanente, pueden darse todas las modalidades de prefabricación:

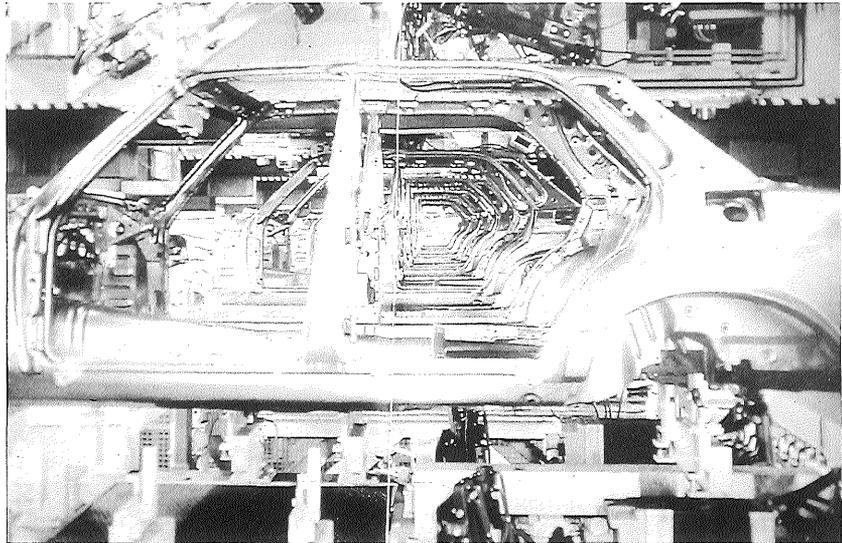


Figura 6.1.- El astillero (puestos de trabajo móviles y producto fijo). Recientes procesos de reconversión industrial en Europa hicieron pensar en la posibilidad de producir viviendas desde las infraestructuras de los astilleros.

Figura 6.2.- Cadena de producción de vehículos (puestos de trabajo fijos y producto en movimiento), para algunos, la meta de la industrialización de la vivienda. (Foto J. Salas)

Figura 6.3.- Sistema francés Sigma, una réplica de la cadena de producción de automóviles a base de elementos tridimensionales de hormigón. (Foto J. Salas)

Figura 6.4.- Esquema genérico de las fases de producción de elementos prefabricados de hormigón. El organigrama refleja la dimensión longitudinal predominante, típica de las plantas de prefabricación de elementos de hormigón.

desde los simples tubos de hormigón en masa, hasta el sistema cerrado de vivienda más complejo de prefabricación que pueda imaginarse. Es decir, el tipo de planta no constriñe la gama de productos ni, en cierto modo, sus calidades.

Algunas de sus características fundamentales son:

a) La demanda suele ser de suficiente volumen como para compensar los desembolsos por nueva instalación o traslado. Por lo general, existe un solo demandante, un solo pedido (aunque puede cubrir una

gama de productos) y/o una concentración de la demanda en la zona en la que se instala la planta.

b) La planta de producción, en su infraestructura, equipamiento y organización, presenta una característica dominante: la provisionalidad. El período de funcionamiento es corto (por lo general inferior a dos/tres años). Esto lleva a no corregir los defectos no fundamentales; a emplear equipos de rápida amortización; a no dotarla de servicios adecuados; etc. En suma, la estrategia de funcionamiento está mediatizada al plazo de ejecución.

c) El personal, excepto técnicos y capataces, se contrata en la zona. Este tipo de contratación implica, si lo permite la legislación laboral: eventualidad en el empleo; mínimos salariales; primas por rendimiento; etc. Por otra parte, desaparecen una serie de mejoras sociales propias de los procesos industriales: estabilidad en el puesto de trabajo, capacitación, comedores y mejoras sociales, etc.

d) La gerencia condiciona sus inversiones al plazo de ejecución. Se busca la efectividad y el beneficio a corto plazo. Se suprimen las inversiones propias de una política industrial a mediano o largo plazo.

VI.1.3. Características generales de las plantas de producción

Situación: las plantas de fabricación móviles y en muchos casos las semifijas suelen situarse junto a la obra. En estos casos reducen los gastos de transporte horizontal de las piezas, pudiendo incrementarse las dimensiones de éstas.

Las fábricas fijas conviene situarlas en función de la localización de la demanda potencial del radio de acción óptimo (ver apartado 6.5) de la planta y en las cercanías de los puntos de suministro de las materias primas y/o junto a vías fáciles de comunicación. La mayor parte de las fábricas fijas están situadas en las periferias de las grandes ciudades.

Capacidad: suele darse como producción mínima económicamente rentable la de una vivienda/día, pero lógicamente, la instalación será tanto más eficiente cuanto mayor sea su capacidad de producción, hasta un cierto valor de ésta.

Dimensiones: el tamaño de las plantas de producción depende de muchos factores, entre ellos: grado de especialización de la producción; tipo de elementos fabricados; proceso de fabricación; medios de transporte interno; etc. Koncz, refiriéndose a las plantas europeas productoras de grandes paneles, señala que la superficie de la zona de fabricación necesaria suele oscilar entre 5 y 15 metros cuadra-

dos por metro cuadrado de superficie de vivienda producida diariamente. Para la zona de almacenaje se requiere una superficie doble a la de producción y para la de servicios auxiliares algo más del doble. Para producir dos viviendas por día ello supone un total de unos 1.500 metros cuadrados para producción; 3.000 para parque de almacenado y otros 3.000 para servicios, accesos y zona de maniobra. En el caso de América Latina, nuestro consejo sería siempre en el sentido de estudiar en cada caso las circunstancias específicas sin ceñirse a los valores apuntados.

Instalaciones: la central de amasado es un elemento característico de las fábricas de elementos prefabricados. Junto a la amasadora se sitúan los depósitos de áridos, generalmente al aire libre, siendo necesario controlar su humedad al dosificar el agua. (Ver Apartado 5.2 dedicado al hormigón).

Al objeto de reducir al mínimo el transporte de piezas, los talleres auxiliares en los que se preparan los accesorios que se incorporan al producto en elaboración deben situarse junto al eje principal del sentido de la producción.

Como instalaciones auxiliares hay que citar la central de calderas, cuando el tratamiento de curado acelerado del hormigón se realiza por medio de un fluido calentado, y el compresor, cuando se requiere aire comprimido. En condiciones normales y especialmente tratándose de viviendas de muy bajo coste, en América Latina somos partidarios de reducir al mínimo el consumo de energía para el curado del hormigón. Sólo en casos debidamente justificados por condiciones muy específicas entenderíamos pertinente su empleo.

Inversión: uno de los condicionantes fundamentales que afecta a la inversión necesaria, es el carácter errático de las políticas de vivienda de prácticamente todos los países de América Latina. Ello, en modo alguno favorece la continuidad de la demanda, por lo que pretender amortizar las instalaciones de prefabricación en un plazo de unos 5 años puede ser todo un reto.

Como norma general, la inversión en buenos equipos de dosificación y amasado, transporte de hormigón, doblado de armaduras, etc., siempre es aconsejable. La inversión en moldes es más delicada, somos partidarios de soluciones sencillas y de ser posible, proyectados y realizados en talleres propios o auxiliares. (Ver Apartado 8.8).

En la Tabla 6.1 deducida de la práctica, se puede apreciar claramente la influencia del tamaño de la serie sobre el rendimiento de la producción.

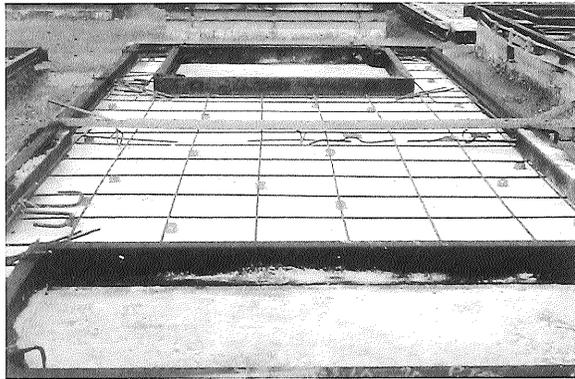
Organización: los métodos de organización industrial apenas han empezado a introducirse en las plantas de producción de elementos de hormigón.

Es interesante repetir que el estudio de recorridos en el proceso de fabricación es fundamental y previo al diseño de la planta. Este aspecto es especialmente importante en el caso de grandes elementos ya que deben evitarse al máximo los almacenamientos intermedios.

La fabricación hay que concebirla como una serie de operaciones sucesivas y dependientes en la que es necesario coordinar los tiempos de las distintas etapas con objeto de evitar tiempos muertos y

Tabla 6.1

TAMAÑO DE LA PLANTA (Producción Anual de Viviendas)	TIEMPO MEDIO DE FABRICACIÓN (Valores medios aproximados en horas/hombre por m ³ de hormigón prefabricado)
100	40
500	20
1.000	14
1.500	12
2.000	10



solapes, por lo que han de estudiarse los puestos de trabajo de manera que cuenten con las debidas condiciones de seguridad y comodidad. Respecto a las instalaciones, es fundamental evitar los cuellos de botella. Siempre que se pueda, resulta aconsejable duplicar las instalaciones en previsión de posibles averías que puedan paralizar la totalidad de la fábrica. Una regla de oro suele ser: *dos intermedias mejor que una grande.*

VI.2. TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN DE ELEMENTOS DE HORMIGÓN

VI.2.1. El producto

Solamente estudiaremos aquí elementos de hormigón. El elemento puede llegar a ser un componente

complejo englobando varias funciones como: aislamiento térmico, resistencia estructural, ventilación, canalizaciones, etc., presentando entonces una conformación que integre elementos resistentes, capas de aislamiento, rejillas de ventilación, conducciones de servicios, y en ocasiones paramentos especiales: nervados, biselados, etc.

La introducción de cualquiera de estos complementos en la estructura del elemento (Figura 6.5), tiene repercusiones inmediatas en el proceso de fabricación y puede condicionar éste en mayor o menor medida, y a su vez, los sistemas de fabricación existentes procuran resolver los problemas funcionales, de aislamiento, conducciones, etc., con nuevas soluciones que posibiliten la continuidad de empleo del sistema para productos cada vez más complejos. Por ejemplo, la colocación de las baldosas sobre hormigón fresco para lograr un entrepiso con pavimento incorporado puede exigir la fabricación horizontal del panel, o mejor, la colocación de las baldosas en posición invertida y el hormigonado posterior sobre ellas. Por el contrario, los sistemas de fabricación de forjados por extrusión resuelven el problema del pavimento por pulido posterior al endurecimiento del hormigón.

VI. 2. 2. El transporte interno como condicionante básico de la organización de la producción

El funcionamiento de una planta para la producción de elementos de hormigón supone movimiento de equipos, materiales y productos entre varias zonas

Figura 6.5.- Panel de fachada con hueco de ventana y capa de aislamiento preparados antes del hormigonado (Foto J. Salas)

Figura a.- Almacén de materias primas y elementos accesorios en una pequeña planta de viviendas en México D.F. El almacenero, responsable del «ordware» de esta parcela clave del proceso de producción. (Foto J.Salas).

Figura b.- Zona de preparación de armaduras con los elementos accesorios incorporados «somiers», en una gran planta europea. (Foto J.Salas).

Figura c.- Momento del vertido del hormigón fresco ayudado por un pequeño tobogán para evitar la disgregación de áridos. El molde presenta la armadura y detalles constructivos preparados. (Foto J.Salas).

Figura d.- La zona de repasos y reparaciones suele consumir una buena proporción de horas-hombre. En la figura, la zona de repasos en una planta de prototipos junto a la Plaza de la Revolución en La Habana, Cuba. (Foto J.Salas).

Figura e.- Un aspecto de la zona de apilado de grandes paneles en la que fué gran planta de producción de viviendas en Chile en 1972-73. El cambio antidemocrático también acabó con esta infraestructura de producción. (Foto J.Salas).

Figura f.- Reparación y mantenimiento de moldes y de otros elementos, la autonomía de la planta en estos temas es fundamental. (Foto J.Salas).

Figura g.- Edificio de oficinas en la planta de producción de OTIP en San Sebastián de los Reyes (Venezuela), realizada con carácter experimental mediante el sistema «Sancocho» de dos plantas. (Foto J.Salas).

Tabla 6.2

ÁREAS Y COMETIDOS	EJEMPLOS GRAFICOS	ÁREAS Y COMETIDOS	EJEMPLOS GRAFICOS
<p>*Acopio de materias primas y almacén de elementos de incorporación. Clasificador de áridos, silos para cemento, depósitos de agua, almacén de acero, etc.</p>		<p>*Zona de repasos y acabados. Pintura, tratamientos superficiales, incorporación de carpintería, vidriería, instalaciones, etc.</p>	
<p>*Fabricación de productos semielaborados. Dosificación y amasado del hormigón, taller de ferralla, taller de carpintería de huecos, zona de preparación de instalaciones (eléctricas, fontanería,...).</p>		<p>*Parque de productos terminados. Apilado, carga, expediciones, etc.</p>	
<p>*Fabricación de elementos. Estaciones de vibrado, curado (caso de emplearse energía externa), hormigonado, alisado, etc.</p>		<p>*Talleres. Preparación y reparación de moldes y costeros, mantenimiento general, etc.</p>	
		<p>*Oficinas y servicios. Dirección, oficina técnica, comedores, vestuarios, etc.</p>	

Figura 6.6.- Distribución en planta: tres filas de mesas fijas horizontales con alimentación de hormigón y traslado de elementos mediante puente-grúa.

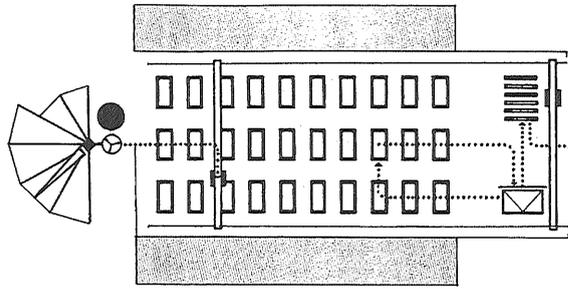


Figura 6.7.- Mesas móviles de producción de paneles con una línea de curado en túnel.

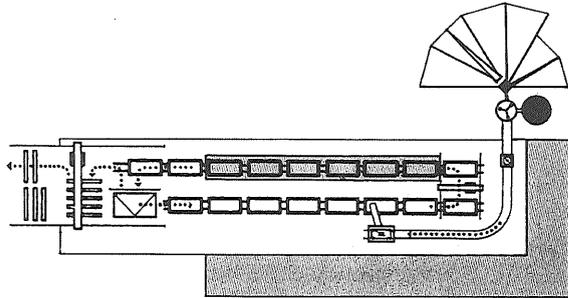
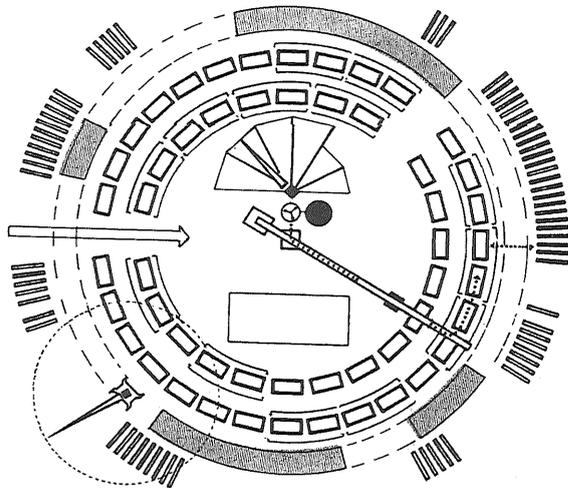


Figura 6.8.- Distribución de la planta de producción en doble círculo de mesas fijas atendidas por dos grúas-torre: la central para la distribución del hormigón y la externa sobre vía circular para el izado y carga de los elementos en los vehículos de transporte.

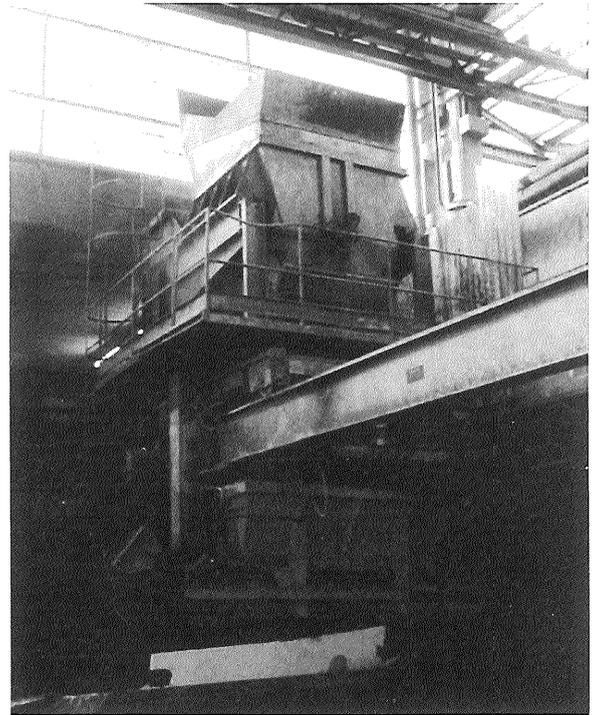
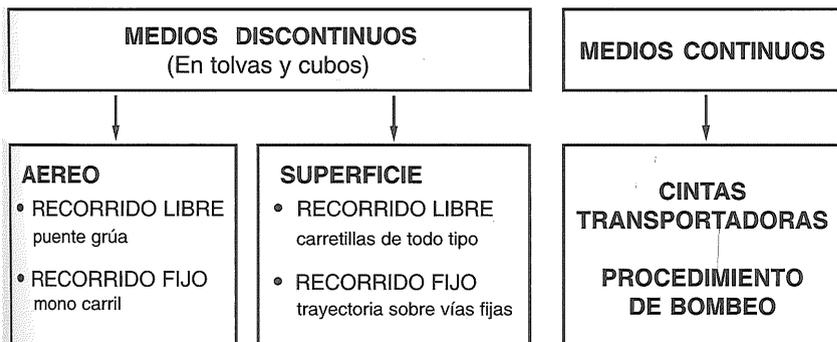


6.10.- Distribución aérea del hormigón fresco utilizando tolvas de movimiento autónomo sobre monorriel aéreo. (Foto J. Salas).

Figura 6.11.- Distribución del hormigón mediante carretilla móvil conducida. (Foto J. Salas).

en las que se almacenan, manipulan o transforman. Resulta oportuno distinguir las áreas o zonas específicas que hemos recogido en forma de Tabla 6.2. El transporte de equipos, materiales y productos dentro de la fábrica es condicionante básico de la organización en planta de la fabricación. Los resultados pueden ser extraordinariamente diversos, a título de ejemplo se ofrecen las organizaciones que recogen las Figuras 6.6, 6.7 y 6.8. Los principales elementos a transportar y sus recorridos en las plantas de elementos de hormigón suelen ser:

Figura 6.9.- Esquema de clasificación de distintos medios de transporte del hormigón fresco en las plantas tradicionales de prefabricación.



- a) **Áridos:** hasta su lugar de almacenaje, su transporte se realiza por medio de camiones. Desde el almacenaje a la hormigonera pueden emplearse: cintas, elevadores de cangilones, skips, etc.
- b) **Cemento:** de las bombonas de los camiones a los silos por medio de tuberías y bombas de impulsión. Desde los silos a la hormigonera por medio de tornillos vis-sinfín.
- c) **Mallazo y ferralla:** en el almacén se mueven manualmente o con carretillas elevadoras. El proceso de corte suele ser mecanizado. Hasta la prefabricación de armaduras el resto de desplazamientos para doblar, soldar, etc., suele hacerse manualmente y, desde el almacén de ferralla prefabricada al taller de prefabricación, se emplean pequeñas grúas, medios ligeros o transporte manual.
- d) **Elementos de incorporación:** el transporte es manual en la mayor parte de los casos. Los elemen-

tos pequeños se suelen mover en cajas por medio de carretillas manuales.

e) **Hormigón:** los posibles medios de transporte del hormigón fresco desde la central de hormigonado hasta el molde se han recogido en la Figura 6.9. A modo de ejemplos prácticos se incluyen las Figuras 6.10 y 6.11.

f) **Moldes:** no suele estar suficientemente previsto el movimiento de los moldes hacia el almacén o taller de reparaciones. En algunos casos, cuando los moldes se mueven durante el proceso de fabricación sobre raíles, éstos suelen tener un desvío que los lleva hasta la zona de reparaciones. En el caso de mesas de producción fijas las reparaciones suelen hacerse en su emplazamiento (ver apartado monográfico 8.8).

g) **Productos terminados:** desde el molde al parque de almacenado a la intemperie: en la mayoría de los casos se sacan empleando cualquier tipo de grúas, puentes o pórticos-grúa, a veces carros remolcados. Desde el parque hasta la obra: generalmente en camiones con remolques especiales cuando se trata de grandes elementos.

Las formas de transporte enumeradas son las más usuales en las fábricas de elementos y adquieren mayor o menor importancia según el método de producción que se emplee. Las posibilidades de elección son muchas y los recorridos adquieren importancia o se anulan según los procesos. Se puede transportar el hormigón hasta el molde fijo, y mover luego el elemento con un puente grúa, o pasar los moldes por debajo de la hormigonera con lo que el hormigón fresco recorre un trayecto mínimo, o bien disponerse una hormigonera móvil de manera que el hormigón vierta directamente en el molde.

Las plantas de producción de elementos muy similares trabajando con grandes series, suelen presentar esquemas de transporte rígidos. Por contra, la búsqueda de flexibilidad de producción: elementos lineales y superficiales, grandes y pequeños, de encargo y/o de serie, etc., que en la práctica suele ser bastante frecuente, conduce a sistemas de transporte poco específicos, con recorridos poco definidos y generalmente compartidos por varias operaciones de fabricación. En plantas pequeñas, es frecuente que el transporte de las armaduras preformadas, del hormigón fresco, de los productos terminados y de toda la maquinaria auxiliar se realice con un único puente-grúa, que se convierte en el medio de producción que condiciona y marca el ritmo de fabricación.

Por el contrario, si se prevén medios alternativos de transporte para un porcentaje elevado de los elementos a mover y de los recorridos a efectuar, se evitan posibles interrupciones en la fabricación por averías en los equipos y se puede hacer frente a factores imprevistos en las fábricas que no producen elementos seriados.

Con todo, y a pesar de la importancia de la manutención interna, se puede afirmar que los procedimientos de fabricación no exigen medios de elevación y transporte muy específicos, estando sus diferencias más marcadas por la organización de los recorridos y por la elección de cuál de ellos hay que minimizar.

VI. 2. 3. Clasificación de los procedimientos de producción

Para intentar una clasificación sistemática, nos ha parecido importante diferenciar tres condicionantes que definen los procesos de fabricación: los procedimientos de colocación del hormigón, la posición de los moldes y su posible movimiento.

A continuación se enumeran posibles modalidades de cada uno de los tres condicionantes para la clasificación de los procesos de producción:

A.- Procedimiento de colocación del hormigón:

- Spray.
- Bombeo.
- Vertido.
- Extenso-compactación.
- Extrusión.
- Prensado.

B.- Posición de los moldes:

- Verticales.
- Horizontales.

C.- Según el molde con el hormigón fresco sea:

- Fijo.
- Móvil.

El procedimiento de colocación del hormigón es un claro condicionante y permite su clasificación en un gran número de procedimientos de producción con una cierta sistemática. Tradicionalmente, todo proceso que no suponía vertido simple del hormigón, se solía encuadrar en la rúbrica genérica de procedimientos especiales. Hoy, estos procedimientos no se consideran especiales pues se emplean cada vez más y responden a metas claramente definidas de mayor productividad, menor empleo de moldes, racionalización, etc., compartidas por todos los fabricantes. Los procesos de colocación por spray y prensado suelen presentarse en el mercado bajo patente.

La posición de los moldes y el movimiento de éstos son factores que tradicionalmente se manejan al intentar una clasificación de los procedimientos productivos. Puede introducirse otra diferenciación según el panel tenga su propio molde (si el panel es pequeño pueden fabricarse dos o más al mismo tiempo) o que el molde sea continuo. En estos últimos, que son los menos conocidos, cabe distinguir además si el producto -los paneles- sale del molde ya con sus dimensiones o si es un producto continuo que precisa un corte posterior. En el primer caso se trata de grandes superficies de encofrado, mesas, sobre las que se aplican unos elementos de molde -costeros o laterales- que se pueden variar fácilmente de posición y delimitar perfectamente el panel. En el segundo caso, las mesas suelen tener una dimensión claramente predominante de manera que el producto final se obtiene cortando transversalmente la dimensión mayor por medio de sierras circulares o a base de fluidos a presión, etc.

El otro factor que consideramos importante a efectos de clasificación, es la movilidad o no del elemento producido cuando el hormigón está aún fresco. Durante las fases de endurecimiento y fraguado del hormigón no conviene moverlo ya que puede producirse microfisuración y afectar la resistencia del mismo.

Tabla 6.3

PARAMETROS DE UNA VIVIENDA TEORICA (*)	
CONCEPTO	CANTIDAD
Superficie construida	122 m
Superficie útil	89 m ²
Superficie habitable	79 m ²
Nº de elementos prefabricados:	
Fachadas y piñones	17,5
Muros portantes	11,5
Forjados o entrepisos	10,0
Otros	4,0
Superficie total de elementos prefabricados	262 m ²
Metros cúbicos de hormigón prefabricado	40 m ³
Peso de los elementos prefabricados	96 tn.
Consumo de acero (media global)	1,47 t.
Consumo de cemento (media global)	11,26 t.

(*) Se adopta como vivienda teórica o vivienda media el resultado de dividir por ocho los valores correspondientes a un bloque de ocho viviendas (cuatro alturas, dos viviendas por planta con una escalera de acceso al bloque).

Tabla 6.4

**GRANDES PARAMETROS
DE PRODUCCION ANUAL**
(para 1.000 viviendas)

CONCEPTO	CANTIDAD
Superficie construida	132.400 m ²
Superficie útil	89.300 m ²
Superficie habitable	76.490 m ²
Nº de elementos prefabricados:	
Fachadas y piñones	17.500
Muros portantes	11.500
Forjados o entrepisos	10.000
Otros	4.000
Superficie total de elementos prefabricados	262.000 m ²
Volumen de hormigón prefabricado	40.290 m ³
Peso de los elementos prefabricados	96.690 tn.
Consumo de acero	1.470 t.
Consumo de cemento	11.260 t.
Consumo de áridos	35.000 m ³
Agua para amasado	12.000 m ³

Tabla 6.5

PARAMETROS DE LA PRODUCCION DIARIA

CONCEPTO	CANTIDAD
Nº de elementos que deben realizarse:	
· Fachadas y piñones	65
· Muros portantes	43
· Forjados o entrepisos	37
· Otros	17
TOTAL DIARIO	160
Producción de paneles prefabricados	970 m ²
Producción de hormigón prefabricado	150 m ³
Peso de los elementos prefabricados	358 tn
Consumo de acero	5,5 tn
Consumo de cemento	42 tn
Consumo de áridos	130 m ³
Consumo de agua	56 m ³

Tabla 6.6

**PARAMETROS GLOBALES RENDIMIENTOS DE
FABRICACION HORAS-HOMBRE (*)**

Por vivienda teórica	324,0 h-h
Por m ² construido	2,6 h-h
Por m ² de panel	1,2 h-h
Por mesa de fabricación	25,0 h-h
Por m ³ de hormigón prefabricado	8,0 h-h

(*) Índices de tiempos globales de un sistema teórico de prefabricación en horas-hombre. Se considera una jornada laboral de 8 horas de trabajo por turno y se incluye en el cálculo el total de la plantilla, hasta los que no intervienen directamente en la producción.

Como contrapartida, el movimiento de los moldes permite una mayor productividad y racionalización de tareas al ser fijos los puestos de trabajo, pero suele ser ésta una modalidad que requiere fuertes inversiones.

Últimamente se han desarrollado algunos procesos que permiten compaginar las dos tendencias moviendo el hormigón antes de que empiece a fraguar y dejándolo en reposo, hasta su fraguado total.

Las combinaciones de estos tres grupos de alternativas señaladas más arriba: *procedimiento de colocación del hormigón; posición de los moldes y movilidad o fijeza de los mismos*, pueden delimitar una extensa gama de tipos de producción.

VI. 3. DATOS CUANTITATIVOS DE PLANTAS DE PRODUCCIÓN (PRÁCTICA EUROPEA)

VI. 3. 1. Parámetros de una planta de grandes paneles para 1.000 viviendas de producción-año

Los datos recogidos en las tablas 6.3 a 6.6 proceden de casos reales de la práctica de sistemas europeos que estimamos pueden tener un valor únicamente orientativo para los profesionales latinoamericanos.

VI.4. MANIPULACIÓN DE ELEMENTOS

VI.4.1. Introducción

Este apartado se ocupa de algunos de los aspectos prácticos que transcurren entre el desmoldeo y el montaje de los elementos (almacenado, elevación, transporte) incidiendo en la faceta de la seguridad en el trabajo y prevención de accidentes. Básicamente, nos referiremos a los casos de grandes elementos en la idea de que muchos de los temas son comunes y válidos para medianos y pequeños elementos.

Diferentes formas de almacenado: *por apilado*, especialmente para elementos horizontales, es un procedimiento que puede llegar a ser peligroso ya que la

práctica demuestra que no se respetan las limitaciones de apilado, llegando a sobrecargas que superan las de uso en no pocos casos. *En forma de biblioteca*, procedimiento igualmente ilógico y peligroso especialmente cuando los elementos no son totalmente planos. *Vertical (pupitre)*, procedimiento adecuado si se limita el número de paneles que pueden apoyar, si se calcula para cargas descompensadas y se asegura la horizontalidad del suelo. Mediante *estructura receptora*, solución adecuada si se calcula para una acción horizontal equivalente al 10% del peso de todos los paneles; especialmente adecuado si se aloja un solo elemento por espacio separador, a base de separadores superiores e inferiores de longitud adecuada (Figuras 6.12 y 6.13).

El almacenado en obra es el que corre los mayores riesgos de descuido, en razón de su duración limitada, pero es precisamente allí por problemas de suelo y de errores humanos donde han de extremarse las precauciones, y si es posible, instalar pupitres desmontables suficientemente sólidos.

La supresión del almacenado intermedio en obra, a base de contenedores que se cargan en el momento del desmoldeo, es aconsejable y es la tendencia de mayor futuro, ya que evita desperfectos, aunque no obstante hay que reconocer que hay que contar con una excelente programación (Figuras 6.14 y 6.15).

VI.4.2. Bucles o asas de elevación

Cuando los bucles o asas de elevación están fijos en los elementos, las causas más corrientes de accidentes suelen ser:

- Anclaje insuficiente.
- Hormigón defectuoso.
- Mala concepción: forma, posición, utilización de acero, realización del bucle.
- Prácticas peligrosas de manejo.
- Errores humanos.

Esfuerzos soportados por los bucles: en el cálculo de su dimensionamiento han de tenerse en cuenta coeficientes de seguridad muy conservadores, que recojan el mayor número de circunstancias extremas. Suelen adoptarse los coeficientes de mayoración siguientes: efecto ventosa (adherencia hormigón-molde), 1.10; cables de desigual longitud, 1.25; desequilibrio de la carga, 1.25; temperaturas bajas extremas, 1.50. Coeficiente de seguridad recomendable:

$$K = 1.10 \times 1.25 \times 1.25 \times 1.50 = 2.58$$

A título orientativo resultan las siguientes cargas máximas según el diámetro del redondo de los bucles de elevación:

Ømm	10	12	14	16	20
CARGA MÁXIMA POR BUCLE (tn)	1,5	2,1	2,8	3,7	5,9

En el mercado existe una gran variedad de soluciones a base de bucles:

- Pasantes por orificios previstos.
- Sistemas con fileteado (pitones machos), con ojo muy pequeño y anilla de enganche grande.
- Sistemas de pitones hembras.
- Sistemas de bloqueo.



Figura 6.12.- Apilado de grandes elementos de hormigón en forma de biblioteca vertical en la que fué planta de producción «KPD» en Villa Alemana, Chile, 1973. (Foto J.Salas).



Figura 6.13.- Apilado de elementos bien clasificados durante el proceso de producción en la planta municipal de argamasa armada en Brasil. (Figura J. Salas).

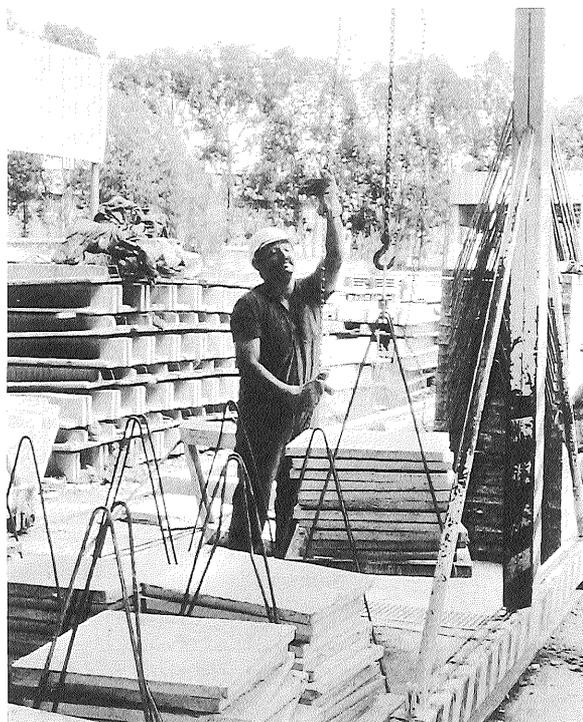


Figura 6.14.- Apilado directo sobre estructura metálica en forma de cesta, que permite transportar varios elementos sin manipulación suplementaria, de ferrocemento ligeros en Brasil. (Figura J. Salas).

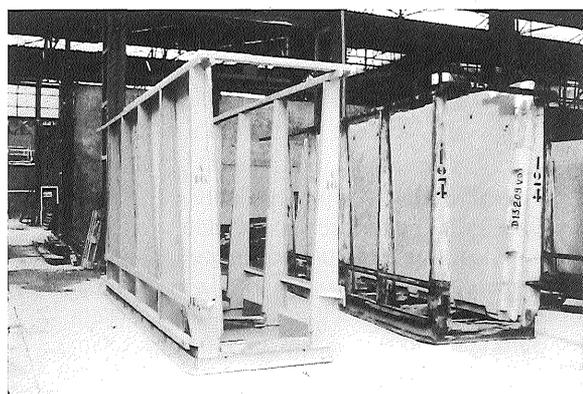


Figura 6.15.- Contenedores de recepción directa de elementos prefabricados, que permiten que el vehículo de transporte cargue y descargue directamente el contenedor en fábrica y en la obra. (Figura J. Salas).

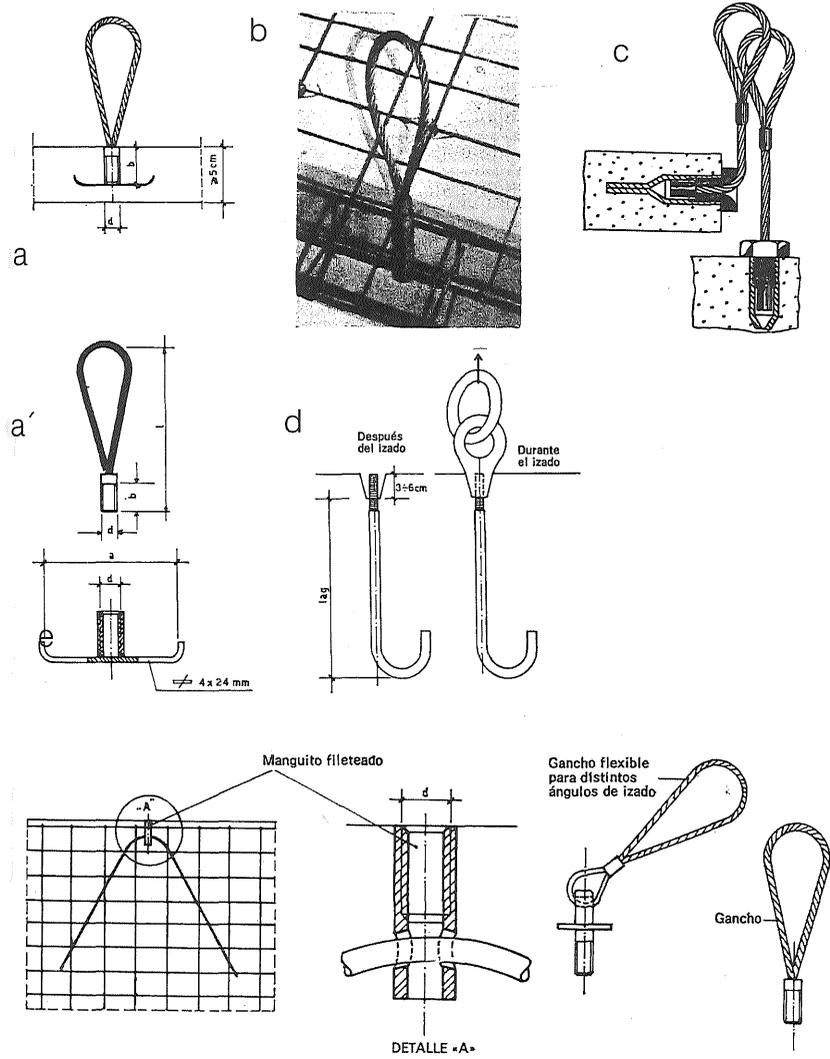


Figura 6.18.- Distintas soluciones de ganchos de izado de elementos: ganchos especiales (con bucles fileteados) para paneles esbeltos (forjados); a) bucles fileteados; b) bucles ligados a un hierro redondo en el hormigón; c) posición del cable para paneles verticales o vigas; d) posición del cable para paneles verticales o vigas; e) redondos de acero incorporados en el hormigón con cabeza fileteada y perno cónico de enganche.

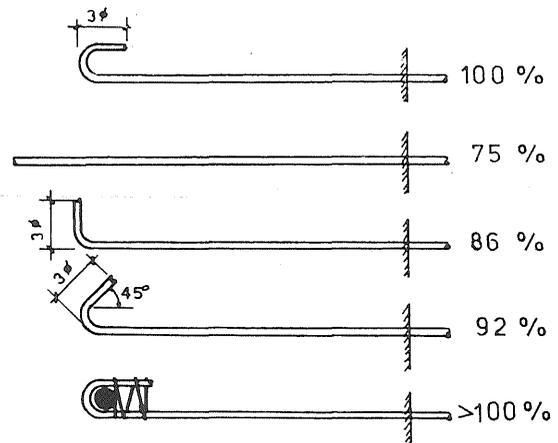


Figura 6.17.- Efectos contra el desgarro de los diferentes tipos de conformación de armaduras.

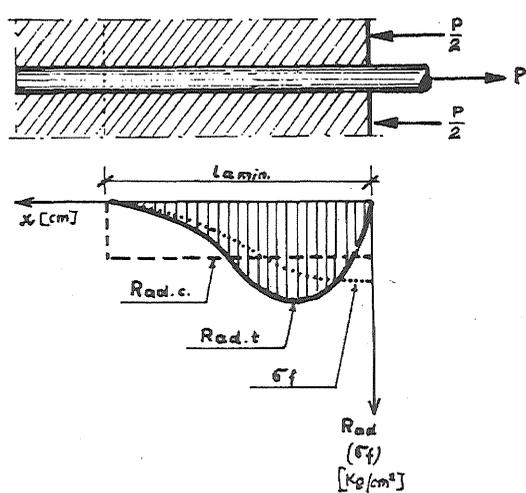


Figura 6.16.- Curvas de reparto de tensiones de adherencia para un redondo metálico traccionado.

Existen soluciones más sofisticadas sin bucles ni asas de elevación:

- Sistemas tipo ventosas (poco utilizables para elementos de hormigón).
- Mecanismos de autocierre.

Puede afirmarse como recomendación general que el peor de los sistemas de elevación es aquel que se improvisa. Por otra parte, hay que señalar la importancia de que sobre los elementos se marque de forma clara su peso. La práctica demuestra que personas con experiencia en este tipo de trabajos, interrogadas en una encuesta realizada sobre el terreno, evaluaban el peso de los elementos que manipulaban entre márgenes que oscilaban entre la mitad y el doble del peso real.

VI.4.3. Medidas de control de ejecución y seguridad en el montaje

Las recomendaciones que recoge este apartado son especialmente aplicables en realizaciones de importancia a base de grandes elementos. No obstante hemos creído oportuno incluirlas, ya que estimamos que son pertinentes para fomentar las ideas sobre realizaciones bien organizadas.

Manipulación y transporte

Todos los elementos prefabricados se manipularán en posición acorde con su forma y diseño. Los elementos se elevarán y se sostendrán durante las operaciones de fabricación, almacenado, transporte y montaje tan sólo en los puntos de elevación o apoyo, o ambos, como se muestre en los planos de taller.

Los bordes de los elementos complejos se protegerán adecuadamente mediante algún material auxiliar o por otros medios para impedir suciedades, desconchados o fisuración del hormigón.

De todo lo anterior ha de deducirse que resulta deseable el que en los planos de fabricación de elementos de una cierta complejidad se mencionen de forma detallada y precisa las disposiciones que han de adoptarse para su elevación, manipulación y transporte.

Longitud mínima de los anclajes de los ganchos en el hormigón

Varias razones convergen al decidir la longitud mínima de los anclajes de los ganchos. Las que tienen mayor relevancia cuando se usan redondos de acero son:

- La resistencia del hormigón.
- El diámetro de los redondos.
- La naturaleza de la superficie del redondo.

La Figura 6.16 ilustra esquemáticamente la distribución de las tensiones de adherencia y de tracción del redondo cuando está solicitado a rotura y las curvas de adherencia para un redondo tenso donde:

- Rad. t = Curva teórica de las tensiones de adherencia.
- Rad. c = Curva efectiva de las tensiones de adherencia.
- σ_f = Tensiones del redondo.

La profundidad mínima de anclaje del redondo en el hormigón viene dada por la condición crítica: el inicio de la fase de deslizamiento y de rotura simultáneos.

Cuanto se ha dicho se recoge en la fórmula:

$$Rak(S) \times \frac{\pi d^2}{4} = \pi d \times l_a \times Rad.c \quad (*)$$

Ponemos en evidencia el término (longitud de anclaje) y obtenemos la fórmula:

$$l_a = \frac{d}{4} \times \frac{Rak(S)}{Rad.c} \quad (**)$$

Adoptando un coeficiente de seguridad $f = 1,6$ para el anclaje mínimo, obtenemos la fórmula para la profundidad mínima de anclaje del redondo en el hormigón:

$$l_{a \text{ mín}} = \frac{d}{4} \times \frac{Rak(S) \times 1,6}{Rad.c} \quad (***)$$

donde:

$l_{a \text{ mín}}$ = longitud mínima del anclaje del redondo en el hormigón

l_a = profundidad del redondo en el hormigón en situación de equilibrio crítico

$Rak(S)$ = desnervamiento del acero.

d = diámetro del redondo

$l_{a \text{ mín}}$ = profundidad del redondo en el hormigón vibrado en función de su resistencia, del diámetro, clase y tipo de acero.

De la fórmula (***) se obtiene la profundidad mínima de anclaje del redondo en el hormigón, en función de la resistencia del hormigón, diámetro del redondo, clase y tipo del acero.

Para garantizar una mayor seguridad a rotura de las barras, se usan también ganchos de anclaje. Contra rotura de los ganchos la Figura 6.17 ilustra varias soluciones de enganche. Cuando las extremidades del gancho se repliegan se puede disminuir la profundidad mínima de anclaje del redondo en un 25% y cuando se usen ganchos con hormigón ligero de $R28 \geq 150 \text{ kg/cm}^2$ (, debe aumentarse la profundidad mínima en un 40% - 80%). (Figura 6.18).

VI.5. TRANSPORTE DE ELEMENTOS

VI.5.1. Introducción

Se entenderá como transporte el conjunto de operaciones comprendidas en la carga del vehículo, ida, descarga y vuelta.

Para el transporte de grandes paneles suelen adoptarse los tres tipos siguientes de organización:
A : un pupitre según el eje longitudinal del vehículo. (Figura 6.19).

AA: dos pupitres recibiendo paneles por ambos lados. (Figura 6.20).

M: dos pupitres que reciben sólo por el interior.

Carga: el plan de carga, especialmente cuando se trata de grandes elementos debe ser supervisado por el jefe del parque, adoptando el orden inverso al de su utilización en obra y teniendo presente:

- El traslado aéreo de los elementos (seguridad de personas y elementos).

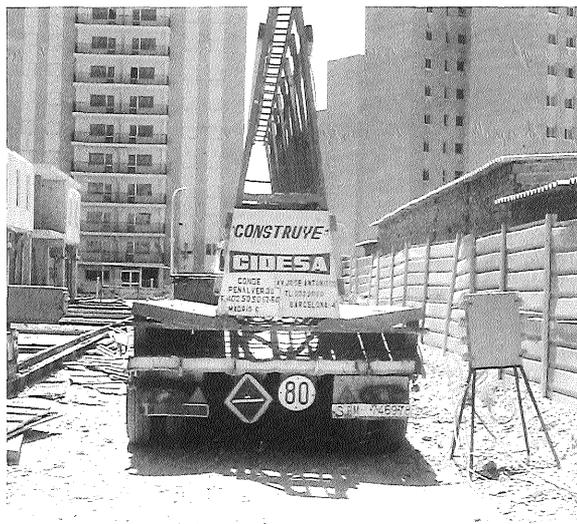


Figura 6.19.- Vehículo normal preparado con un «pupitre en A» para el transporte de grandes elementos. (Figura J. Salas).

Figura 6.20.- Vehículo normal preparado con «pupitre en AA» para el transporte de grandes elementos. (Figura J. Salas).

- Atado de los elementos sobre el vehículo.
- Las medidas para el transporte horizontal.

Transporte: la operación completa del transporte supone el tener presente los siguientes aspectos:

- Elección del itinerario.
- Respeto de gálibos máximos de circulación.
- Atención a la fuerza centrífuga en curvas; (un panel de 2 toneladas de peso ejerce sobre un camión que toma una curva de 400 metros de radio a una velocidad de 85 km/h, una fuerza centrífuga de unos 300 kgf.).
- Frenado brusco; (una desaceleración brusca del orden de 8 m/s² supone que un panel de 2 toneladas ejerce una acción horizontal de unos 1.600 kgf.).
- Vías de acceso a la obra: estado del terreno, trazado, etc.
- Área de descarga.

VI.5.2. Otras consideraciones sobre el transporte de elementos

En los casos de factorías de prefabricación clásicas suele entenderse por radio de acción de las mismas el área o zona geográfica que puede ser atendida en términos de rentabilidad económica. Lógicamente, las variaciones al respecto son notorias ya que entre otras circunstancias influyen: el peso y volumen de los elementos a transportar; el costo de la mercancía; el medio de transporte empleado (ferro-

Tabla 6.7

CUADRO RESUMEN DE TIPOS Y CARACTERISTICAS DE LAS GRUAS		
TIPOS DE GRÚAS	VENTAJAS	INCONVENIENTES
GRÚAS TORRE SOBRE CARRILES	Movilidad de las cargas. Muy útiles para la repetición de movimientos.	El montaje y desmontaje. La instalación de la vía de carriles. Su transporte de un punto a otro. Poca capacidad de carga.
GRÚAS SOBRE ORUGAS	Gran movilidad. No requieren vías.	Falta de estabilidad. Efecto perjudicial sobre ciertos pavimentos. Altura limitada. Fuerte inversión.
GRÚAS SOBRE NEUMÁTICOS	Por su movilidad están consideradas como las más eficientes. Capacidad de carga elevada.	Necesidad de suelo estable y compacto. Poco precisas. Caras.
GRÚAS DE PÓRTICO	Por sus limitaciones de movimiento sólo son de utilidad en zonas de fabricación y almacenamiento. Gran capacidad de carga. Precisión de montaje.	Limitación de movimiento. Precisan carriles dobles. Dificultad de montaje en altura. Lentitud de movimientos.
GRÚAS MÁSTIL	Sencillez y economía. Poco peso. Gran capacidad de carga (10 Tn).	Difícil manejo. Gran limitación de movimientos. Problemas de montaje. Lentitud de movimientos.

Figura 6.21.- Elementos de elevación de todo tipo y características expuestos en la feria de la construcción de Bolonia, Italia. Los equipos que pueden ser normales y cotidianos en el Primer Mundo, no tiene la misma traducción en Latinoamérica y menos, en el sector la vivienda de bajo coste. (Figura J. Salas).

Figura 6.22.- Colocación de un tramo de escaleras prefabricado utilizando una grúa dotada de la posibilidad de pequeños movimientos y gran precisión. (Figura J. Salas).

carril, camión normal, camión especial...); el estado de la red viaria; la ubicación de la obra, etc.

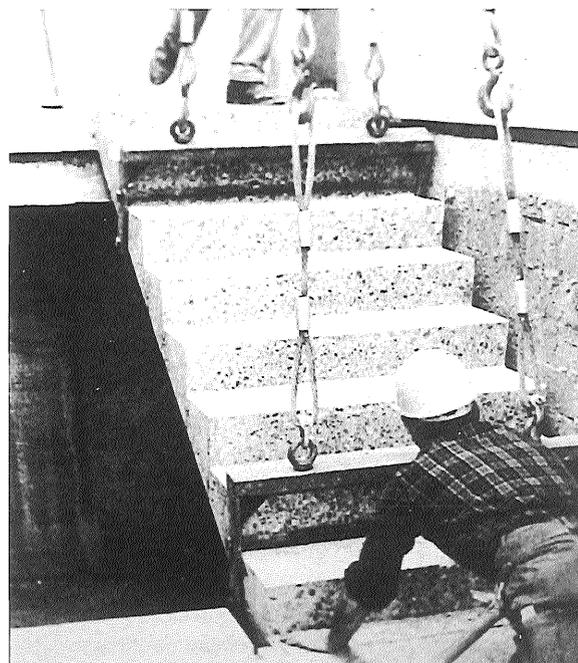
En Europa los sistemas a base de grandes elementos de hormigón suelen fijar el radio de acción de una planta de producción entre 100 y 150 kilómetros. A este supuesto corresponde, grosso modo, una incidencia sobre el coste de la mercancía transportada del orden de 3% - 7%. Teniendo en cuenta que los elementos prefabricados raramente superan el 40% del coste total de la obra, puede estimarse entre un 1,5% y un 3,0% la repercusión total del transporte sobre el coste de construcción.

Más racional que hablar de radio de acción en términos de distancias, nos parece que sería el establecer los siguientes criterios:

- **Radio de acción óptimo:** zona que permite realizar dos ciclos completos (carga-ida-descarga-vuelta) en una jornada de trabajo de unas 8-10 horas.
- **Radio de acción económico:** zona que permite realizar un ciclo completo en una jornada de trabajo.
- **Radio de acción posible:** dependiente del tipo y circunstancias de la operación, será objeto de estudio en cada caso.

A título orientativo pueden darse los datos correspondientes a una realización de 425 viviendas realizadas con grandes paneles prefabricados de hormigón. Para el transporte de estos elementos mediante camiones normales fueron precisos:

- 740 viajes para el transporte de los elementos de forjado.



- 980 viajes para los elementos verticales exteriores.
- 1.275 viajes para los elementos verticales interiores.
- 460 viajes para piezas y elementos complementarios.

En dicha realización, ubicada dentro de un *radio de acción económico*, el peso de elementos prefabricados por metro cuadrado construido fue de 0,85 toneladas lo que suponía una 95 Tn/vivienda y unas 38 horas-hombre por transporte y vivienda.

El sistema de transporte para grandes distancias a base de contenedores puede ser citado como el mejor ejemplo de transporte coordinado y automatizado que tiene ante sí un gran futuro. El inventario de contenedores en servicio ha crecido a razón de un 35% por año en la última década. Los contenedores regulares tienen un ancho de 2,44 metros, una altura de 2,44 metros, y longitudes diferentes de 3,05, 6,10, 9,15 o 12,60 metros.

VI.5.3. Elevación de elementos

Hemos repetido en varias ocasiones a lo largo del texto nuestra recomendación para VBC de una/dos plantas de altura, de emplear elementos de manejo manual. No obstante y pensando fundamentalmente en las necesarias soluciones de conjunto de poca altura (hasta cuatro plantas) y gran densidad (800 habitantes por hectarea), nos parece que hemos de abordar algunos criterios sobre las grúas como medio de elevación idóneas para estos casos. (Figuras 6.21 y 6.22).

Las grúas deben cumplir las siguientes condiciones mínimas:

- Contar con sistema de microvelocidades.
- Estar equipadas con limitadores de par, de carga y de carrera.
- Disponer de una altura superior en 3 metros a la del edificio más alto.

La Tabla 6.7, de forma muy genérica a modo de cuadro-resumen, recoge ventajas e inconvenientes de distintos tipos de grúas.

Los operarios responsables de los equipos de elevación deben respetar las siguientes precauciones:

- Establecer un código de transmisión de señales.
- El gruista ha de contar con la acción del viento.
- Los cargadores deben atenerse a las indicaciones sobre los pesos de los elementos.

VI.6. MEDIDAS DE CONTROL DE EJECUCIÓN Y SEGURIDAD EN EL MONTAJE

El montaje de los elementos prefabricados de hormigón deberá llevarse a cabo por montadores con capacidad demostrada. Sólo se deberán emplear trabajadores competentes y adecuadamente entrenados para manejar y montar elementos prefabricados de tipo estructural.

Todos los elementos de hormigón prefabricado se montarán a nivel, plomada, escuadra y dentro de las tolerancias permisibles.

Deberán colocarse de forma tal que no se permita la acumulación de errores dimensionales. Se alinearán co-

rrectamente las juntas verticales y horizontales y se mantendrán anchuras de junta uniformes a medida que progresa el montaje. Cada elemento se fijará en su sitio de forma segura como se indique en los planos.

No se permitirán sin la aprobación del director de obra los ajustes o cambios en las uniones que pueden producir esfuerzos adicionales en los elementos o en las propias uniones. Los elementos se montarán en el orden indicado en los planos.

VI.6.1. Comprobación de la edificación

El contratista general deberá facilitar líneas, centros y pendientes de referencia con suficiente detalle para permitir el montaje.

Antes del montaje de los elementos prefabricados, el técnico deberá comprobar todas las dimensiones en obra que afecten al trabajo que tenga encomendado. Cualquier discrepancia grave entre las dimensiones de diseño y las de la obra que pueda afectar adversamente al montaje, debe ser motivo para no proseguir con éste hasta que no se corrijan o modifiquen dichas condiciones.

VI.6.2. Características de las grúas

Las grúas utilizadas han de contar con capacidad de elevación (teniendo en cuenta el peso del elemento más pesado y la distancia máxima a la cual es necesario colocarlo); precisión de movimientos para poder colocar sin golpes y velocidad para los desplazamientos intermedios. La grúa utilizada en una obra de montaje de elementos prefabricados debe ser idónea para la tarea; en particular, debe estar equipada necesariamente de una *microvelocidad*.

VI.6.3. Los operarios

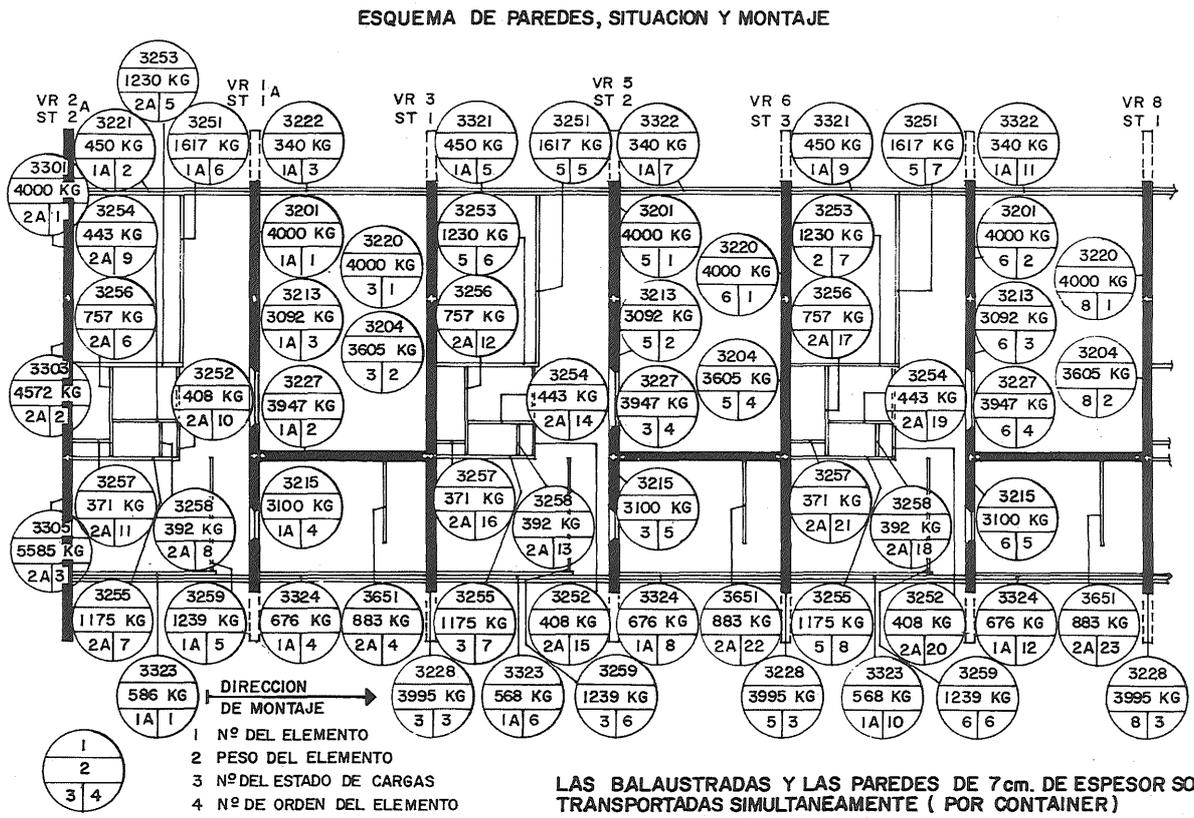
La transmisión de señales entre el que acciona la grúa y los hombres de la obra, reviste gran importancia.

La utilización de aparatos emisores-receptores proporcionan grandes servicios, a condición de que sean respetadas las reglas estrictas de utilización y que en caso de averías en uno de los aparatos se traduzca inmediatamente en una detención de los movimientos de la grúa.

El operario debe poder imaginar rápidamente circuitos que no impliquen el paso de las cargas por encima del personal. El responsable del manejo de la grúa debe preocuparse permanentemente por la importancia del viento y respetar la orden de detención cuando éstos sean fuertes.

El estado mecánico de la grúa debe ser idóneo: sin elementos deformados, frenos y embragues bien regulados. *Los limitadores de par, de carga y de marcha* deben funcionar con seguridad. El limitador de par debe estar provisto de un dispositivo material, resistente, regulado de tal manera que la carga más

Figura 6.23.- Plano de montaje: la secuencia de colocación debe de fijarse previamente y no ser alterada de manera improvisada por razones estructurales y de seguridad en el trabajo.



Figuras 6.24 a y b.- Dos momentos del montaje de un gran panel de hormigón: captación del elemento hasta situarlo sobre los pernos de posicionamiento y liberación de la grúa cuando el elemento ya está debidamente posicionado y es autoportante.

LAS BALAUSTRADAS Y LAS PAREDES DE 7cm. DE ESPESOR SON TRANSPORTADAS SIMULTÁNEAMENTE (POR CONTAINER) PARA 4 APARTAMENTOS

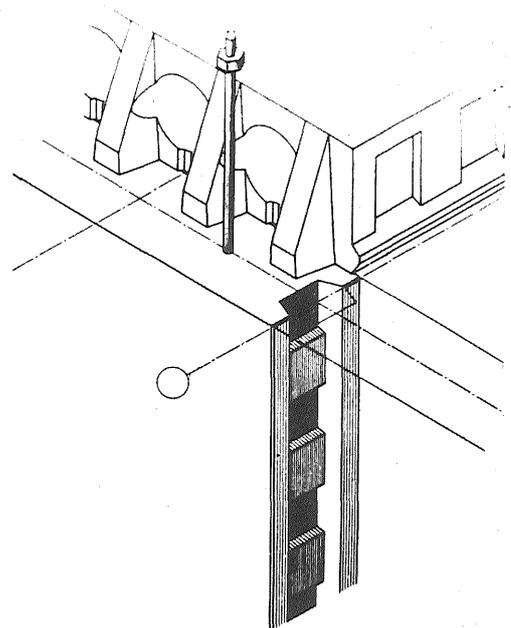
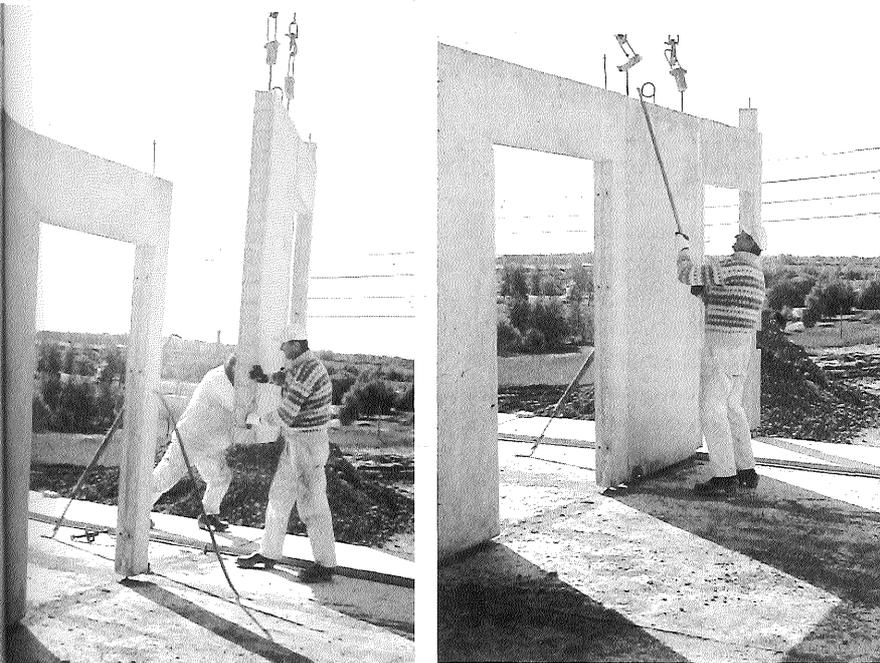


Figura 6.25.- Detalle del perno de posicionamiento sobre un panel vertical con junta dentada sobre el que apoya una losa de forjado aligerado de hormigón armado.

pesada no pueda sobrepasar sobre el brazo la posición susceptible de provocar una caída. La altura de la grúa tiene una repercusión sobre la longitud libre del cable. Si se desarrolla desde el comienzo de los trabajos toda la longitud del carrete (o de brazo para una grúa automotriz), lo que será necesario para colocar los últimos paneles, se tiene para los primeros pisos una longitud libre de cable tal que la precisión de maniobra queda sensiblemente reducida (principalmente a causa del alargamiento elástico del cable). Recordemos sin embargo que un espacio libre de dos metros debe mantenerse entre el último forjado y todo elemento móvil de la grúa. La vía, en el caso de una grúa torre montada sobre raíles, debe ser objeto de vigilancia diaria; en algu-

nos casos, la única solución satisfactoria será la utilización de contrapesos (hormigón o acero). Es preciso no perder de vista que una simple inclinación de 1º sobre el asiento de una grúa de 30 metros de altura aumenta su alcance en 50 centímetros aproximadamente, lo que no debe ser despreciado. Las juntas de los raíles deben ser especialmente cuidadas de manera que se eviten golpes al paso de la grúa. Si se utilizan grúas sobre neumáticos o bien de oruga, se prestará especial atención a la resistencia del suelo. El personal de tierra encargado de proceder al enganche de los elementos debe tener conocimiento, no sólo de su peso, sino también del peso de los balancines y otros elementos. El operario de la grúa debe

igualmente poder juzgar sobre la carga a levantar. (Diferencias de forma y de constitución pueden inducir a error a aquel que no realiza el enganche).

Señales de colores pueden, por ejemplo, llamar la atención sobre paneles que no podrían levantarse en el extremo del trazo sin peligro para la grúa. Tales señales deben venir colocadas desde la fabricación del panel.

VI.6.4. Preparación en tierra

Algunas precauciones tomadas en la preparación de la elevación pueden aumentar el nivel de seguridad durante la colocación. Sin abordar la cuestión de las caídas de altura, es deseable, siempre que sea posible, colocar sobre los paneles los antepechos definitivos o provisionales antes de la elevación.

Los cordajes de maniobra pueden fijarse al suelo sobre las argollas de elevación o sobre los balancines: tendrán la ventaja de permitir en la recepción una guía por tracción, preferible a los empujes ejercidos hacia el exterior de la construcción. Recordemos que tales cordajes encuentran igualmente su utilidad para el almacenado de los paneles.

El apuntalamiento puede prepararse en tierra. El elemento se levanta incluso afianzado en sus puntales, lo que reduce el tiempo de espera de la grúa para la realización del apuntalamiento del panel en el momento de la colocación. Este proceso evita a los obreros el tener que apoyar una escalera contra un panel del que la grúa solamente asegura el mantenerlo por intermedio de las argollas de elevación que están siempre a merced de una falsa maniobra.

VI.6.5. Organización

El desenganche de los elementos verticales de fachada es a menudo peligroso por el lado en el que no hay panel adyacente. El desenganche por el lado izquierdo es el más peligroso (para un diestro), por lo que todos los montajes de paneles de fachada deben hacerse preferentemente en el sentido de las agujas del reloj, cuando se mira a la obra desde arriba. De esta manera, siempre hay un panel adyacente al lado izquierdo (Figuras 6.23, 6.24 a y 6.24 b). Es preferible tener una tarima de unos pocos peldaños (cuatro) de diseño ligero, robusto, adaptado, en lugar de escaleras apoyadas contra los paneles.

En lo que se refiere al orden de colocación de los paneles, es importante no cambiar el que se ha previsto por el estudio de los métodos.

VI.6.6. La colocación

Los procedimientos que llevan un dispositivo de colocación automático (pernos de centrado empotrados, de longitudes diferentes para tener un fácil enganche, perfiles trapezoidales machos y hembras, llaves, etc.) son los idóneos porque los paneles se colocan rápidamente y no pueden deslizarse. (Figura 6.25).

Hay que destacar que los dispositivos que confieren una automatización pueden ser una fuente de trastornos y accidentes si se utilizan sin el cuidado necesario. En efecto, si la colocación de estos dispositivos no se respeta rigurosamente en fábrica, o si durante el transporte se deterioran, el equipo de colocación puede verse obligado a ejecutar acrobacias peligrosas.

A menudo se colocan cuñas bajo el panel suspendido en la grúa, con los riesgos inherentes a la falsa maniobra o a la ruptura de una argolla de elevación. O bien, cuando el panel se ha desenganchado es difícil servirse de las tenazas, porque no se ha previsto el desenganche para el ajuste.

En lo que concierne a las losas de forjado (o a los descansillos de escalera) es preciso prohibir de manera formal la presencia de obreros bajo una losa en trance de ser colocada.

VI.6.7. Seguridad

Como resumen de reglas prácticas de seguridad en obras en las que se emplean elementos prefabricados apuntamos seguidamente un extracto de medidas de precaución referentes a la prevención de accidentes:

- Cuando el edificio se construye enteramente o en su mayor parte con piezas prefabricadas, un técnico debidamente capacitado debe encargarse de la dirección del trabajo de elevación. El capataz de la elevación debe dirigir cada paso del trabajo personalmente. Para trabajos de larga duración debe proveerse un ayudante del capataz.

- Los deberes del capataz son los siguientes:

- a) Seleccionar su equipo y examinar las aptitudes de los operarios.

- b) Determinar la tarea y competencia de los diversos miembros del equipo.

- c) Tratar la técnica de la elevación con los trabajadores que deben realizar esta operación.

- d) Estudiar los planes referentes a la tecnología, organización y medidas de precaución y tratar los posibles problemas con el proyectista.

- e) Proveer todos los preparativos necesarios, señales de aviso, guardas.

- f) Examinar las piezas y los puntos de suspensión una vez sujetas aquellas a la máquina de elevación y revisar continua y sistemáticamente los materiales y las estructuras empleadas en la elevación.

- g) Inspeccionar personalmente cada cable de sujeción y cada arriostamiento inmediatamente después de su instalación; a partir de ese momento, comprobar éstos y los previamente existentes al menos una vez a la semana.

- Las diversas fases del trabajo de elevación pueden ejecutarse únicamente por operarios capacitados, que estén bien entrenados en sus respectivos trabajos.

- La elevación debe llevarse a cabo sin interrupciones hasta completar la colocación de la pieza.

- Debe prohibirse el dejar una pieza suspendida del gancho de una grúa en los descansos así como que los trabajadores estén sobre las piezas durante la elevación de éstas.

- Para colocar o arriostrar las piezas debe proveerse de andamios seguros, debiéndose tomar las medidas necesarias para asegurar el acceso a éstos sin peligro.
- La fijación final de las piezas debe realizarse paralelamente a la elevación. Prescindiendo de esta regla, la fijación final de las piezas debe efectuarse, tan pronto como sea posible, después de su colocación.

VI.7. TRES FORMAS DE PRODUCIR MIL VIVIENDAS POR AÑO

Dando por sentadas las bases globales de los temas abordados en este capítulo: producción, transporte y montaje de elementos prefabricados, predominantemente grandes, estimamos de interés el proponer una reflexión global antes de abordar en los Capítulos 8, 9 y 10 distintos aspectos concretos de la construcción industrializada.

Pretendemos provocar una reflexión personal en los lectores interesados en el tema. Reflexiones que serán diferentes ya que diferentes son los contextos en los que se realizarán dichas valoraciones.

Nuestra propuesta, que debe tomarse en su sentido amplio, y que en modo alguno debe circunscribirse a discutir el detalle concreto, no es otra que la de pretender transmitir al lector, nuevamente, que no hay soluciones universales. Hemos elaborado la Tabla 6.8 tratando de recoger los datos fundamentales de tres posibles familias de plantas productoras de viviendas, las tres con prácticamente sólo una característica en común: su capacidad para producir 1.000 viviendas en un año (o lo que es equivalente: unas tres viviendas / día).

Hemos tratado de condensar las tres formas que estudiaremos en las nominaciones que le hemos asignado:

- *Planta de producción industrial.*
- *Taller autóctono de producción.*
- *Germen de producción.*

A cada uno de ellos dedicaremos apartados monográficos más adelante. Hablaremos de típicas *plantas de producción industrial* en el Apartado 8.7. En nuestra personal opinión, son típicos *talleres autóctonos de producción* los que veremos en los Apartados 8.2 y 8.5, al hablar respectivamente de los sistemas Tabibloc, Sandino y Sancocho, cada uno de ellos con sus particulares características propias, pero encuadrables todos ellos en la columna central de la Tabla 6.8 a la que seguiremos refiriéndonos; finalmente dedicaremos el Apartado 10.2 a un típico *germen de producción*.

Estamos hablando de soluciones que tienen una característica en común: su capacidad de producción, pero hemos de decir en aras a la clarificación de nuestros argumentos, que se trata de productos distintos:

- Viviendas de muy distinta superficie (80; 60 y 35 metros cuadrados construidos respectivamente).
- De muy distintos tipos de acabados (totalmente equipadas con instalaciones de buena calidad; con acabados y equipamiento modestos; prácticamente viviendas desnudas, según los tres casos enumerados).

- Viviendas que se dirigen a estratos muy diferentes de la población latinoamericana (quintiles 4º, 3º y 2º respectivamente).

Dicho lo anterior, que centra el tipo de productos a prefabricar y en cierto modo la materialización de las tres distintas tipologías, nos parece de interés centrarnos en la descripción de las tres familias de plantas productoras:

Planta de producción industrial:

- Típica solución que responde (en nuestra personal opinión) a las formas de proceder del pasado.
- Se trata de fábricas de producción importadas, mediante el procedimiento de industria llave en mano.
- Se requiere una muy fuerte inversión: del orden de un millón de dólares por vivienda/día, lo que permite reducir la plantilla en forma notable elevando los rendimientos de producción (10 - 15 horas-hombre por metro cuadrado de obra gruesa terminada suele ser un valor medio en este tipo de plantas).
- Permite sacar de la fábrica un alto tanto por ciento del valor de construcción de la vivienda. Un 70% del valor de construcción de la obra gruesa es objetivo alto, lo que supone que la planta llegue a aportar del orden del 40% del coste final de la vivienda (suelo urbanizado incluido).
- Inversiones de la cuantía mencionada implican la participación de importantes grupos inversores nacionales o multinacionales, en muchas ocasiones ajenos al sector construcción;
- La implantación suele realizarse de una sola vez con la participación de técnicos nacionales debidamente entrenados en el país origen de la tecnología.
- El *know how* y lo que hemos denominado *ordware* se adquiere, teóricamente adaptado al medio en el que se implanta, lo que suele ser a la larga una debilidad del proceso ya que suele implicar una dependencia tecnológica que se mantendrá en el tiempo.

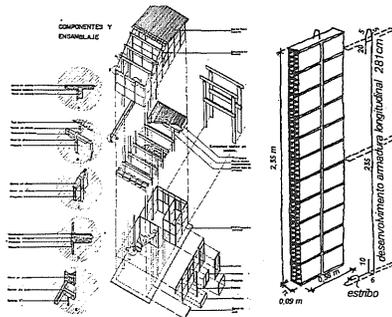
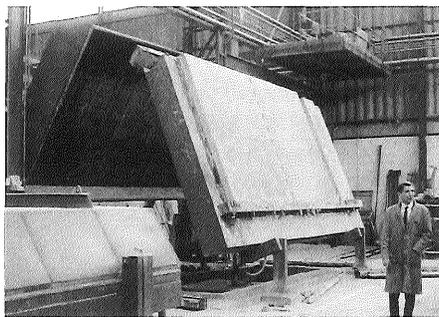
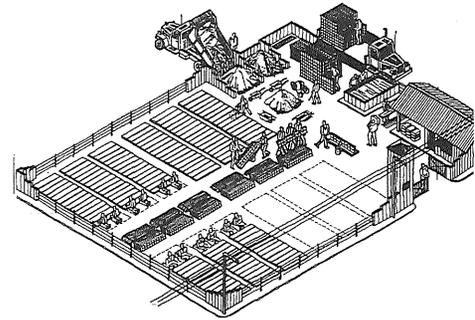
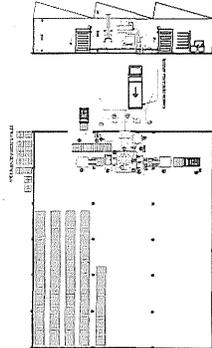
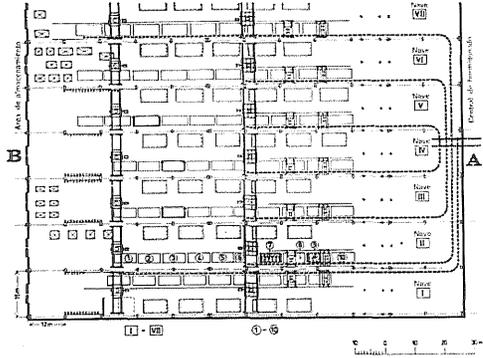
Taller autóctono de producción:

- Típica solución que responde (en nuestra personal opinión) a la manera en la que han procedido muchas de las plantas vigentes en diferentes países latinoamericanos.
- Se trata de plantas de producción basándose en equipos nacionales y muy pocos importados, que han crecido lentamente al unísono con la demanda.
- Requiere inversiones de tipo medio dilatadas en el tiempo: del orden de 100.000 dólares por vivienda/día, lo que permite adaptar plantilla/inversión según las circunstancias. Consigue rendimientos medios de producción (15-20 horas-hombre por metro cuadrado de obra gruesa terminada suele ser un valor medio en este tipo de plantas).
- Permite sacar de la planta de producción un mediano tanto por ciento del valor de construcción de la vivienda. Un 70% del valor de construcción de la obra gruesa es un objetivo plausible, lo que supone que la planta llega a aportar del orden del 45% del coste final de la vivienda (suelo urbanizado incluido).
- Inversiones de la cuantía mencionada implican la participación de empresas locales de tipo medio, en muchas ocasiones del sector construcción.
- La implantación suele realizarse muy lentamente, varios lustros, siempre en permanente cambio de adaptación contando con un equipo técnico autóctono, por lo general muy implicado en el proceso de la empresa.

Tabla 6.8

TRES FORMAS DE PRODUCIR MIL VIVIENDAS POR AÑO

CARACTERÍSTICAS:	PLANTA DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL	TALLER AUTÓCTONO DE PRODUCCIÓN	GERMEN PRODUCTIVO
TIPOLOGÍA	Industria adquirida llave en mano	Industrialización autóctona latinoamericana	Industrialización sin industria
INVERSIÓN ESTIMATIVA (en \$ USA para 1.000 viviendas / año)	3.000.000	300.000	30.000
MANO DE OBRA POR m2 DE VIVIENDA CONSTRUIDA (en horas - hombre)	10-15	15-20	20-30
GRADO DE INDUSTRIALIZACIÓN (% del valor de construcción obra gruesa que sale de la planta)	70% Pc (35% venta)	70% Pc (45% venta)	70% Pc (55% venta)



VOLÚME DE ARGAMASSA	FERRO 3,4 mm
Consumo por placa	
Observado em Pacatuba na produção de 04 placas:	
1 1/2 sacos de 50kg = 75,0 kg	ferro malha 3,4 x 85 cm = 255 cm
desperdício 10% = 7,5 "	ferro longitudinal 281 cm = 281 cm
TOTAL = 82,5 kg	TOTAL = 535 cm
	5,36 x 1,09 m x 0,071 kg/m = 0,40 kg
TUOLOS FURADOS	
22 furos x 1,05 m (desperdício)	malha 3,4 mm
= 23 furos	
PESO ESTIMADO : 30 Kg	

MATERIAIS POR PLACA - 2,35 x 0,38 m		
Discriminação	Un.	Quantidade
Tuolos furados	u.	23,00
Ferro 3,4 mm	Kg	0,40
Cimento	Kg	4,90
Areia grossa	m³	0,015

TIPO DE ENTIDAD PROMOTORA / PROPIETARIA	Gran empresa (en ocasiones grupo multinacional)	Empresa mediana de ámbito nacional	Empresa (entidad) pequeña (micro)
KNOW HOW	Se adquiere adaptada - según - el vendedor al medio	Se crea lentamente, en ocasiones por saltos	Transferido por los técnicos y/o instituciones participantes
ORWARE	Se adquiere a la medida	Se crea lentamente, en ocasiones no se explicita	Se hace sobre la marcha (no sin muchos errores y pérdidas)
TIEMPO DE CONSOLIDACIÓN	La implantación se hace de una sola vez (dos años)	Se implanta lentamente (incluso una década)	"Salta" de realización en realización y en ocasiones -las menos- se consolida

Figuras 6.8 A.- Planta de una gran fábrica sueca de producción de elementos de vivienda en altura, capaz para producir 3.000 viviendas por año.

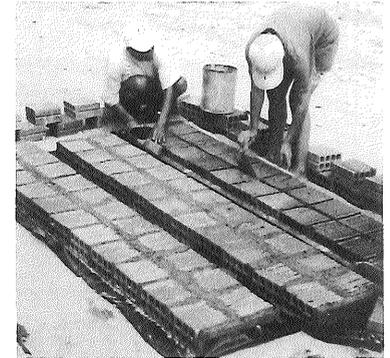
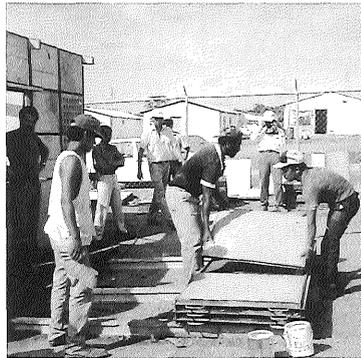
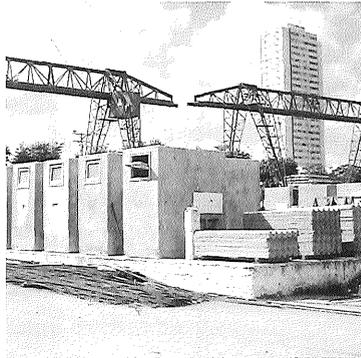
Figuras 6.8 B.- Pequeña planta de producción de elementos ligeros de vivienda con un cierto grado de mecanización

Figuras 6.8 C.- Planta al aire libre de elementos, GRET-CEVE, en Ceará (Brasil) de la que nos ocuparemos en 10.2.3

Figuras 6.8 D.- Zona de producción de grandes paneles fabricados en mesas abatibles con campana individual de curado por vapor, sistema Balency en Inglaterra. (Figura J. Salas).

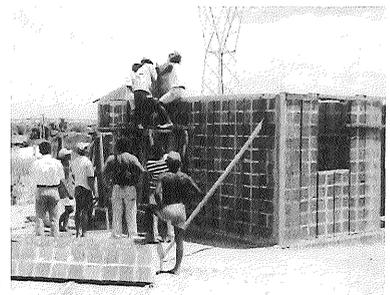
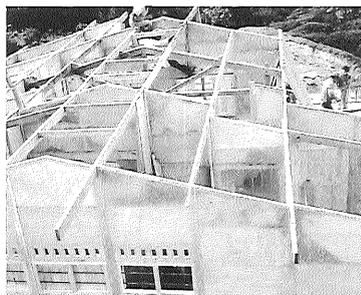
Figuras 6.8 E.- Esquemas de funcionamiento del sistema integral de viviendas de Servivienda de Colombia utilizando elementos ligeros. (Esquema de Servivienda).

Figuras 6.8 F.- Esquema de un elemento tipo de ladrillos cerámicos utilizados en la realización de Fortaleza, Ceará, Brasil. (Esquemas CEVE-GRET).



SECTOR SOCIAL PRIORITARIO	4º Quintil	3º Quintil	2º Quintil
EQUIPO TÉCNICO	Técnicos nacionales con estancias en la casa origen del sistema	Equipo nacional, asimilando tecnología y conocimientos de carácter libre	En ocasiones un técnico y/o institución transfiere sus conocimientos
DEFINICIÓN / CONCLUSIÓN	ALTA DEPENDENCIA TECNOLÓGICA	RIESGO DE MORTALIDAD EMPRESARIAL O DE ESTANCAMIENTO POR FLUCTUACIONES DEL MERCADO	DEPENDIENTE DEL LIDERAZGO DE LA PERSONA / INSTITUCIÓN RESPONSABLE

IMAGEN DE UN CASO REPRESENTATIVO



Figuras 6.8 G.- Línea de producción, en este caso en Cuba, de cabinas sanitarias pesadas de hormigón totalmente equipadas. (Figura J. Salas).

Figuras 6.8 H.- Aspecto de un sencillo y manual proceso de producción de elementos muy manejables, en el caso representado del sistema Sancocho. (Figura J. Salas).

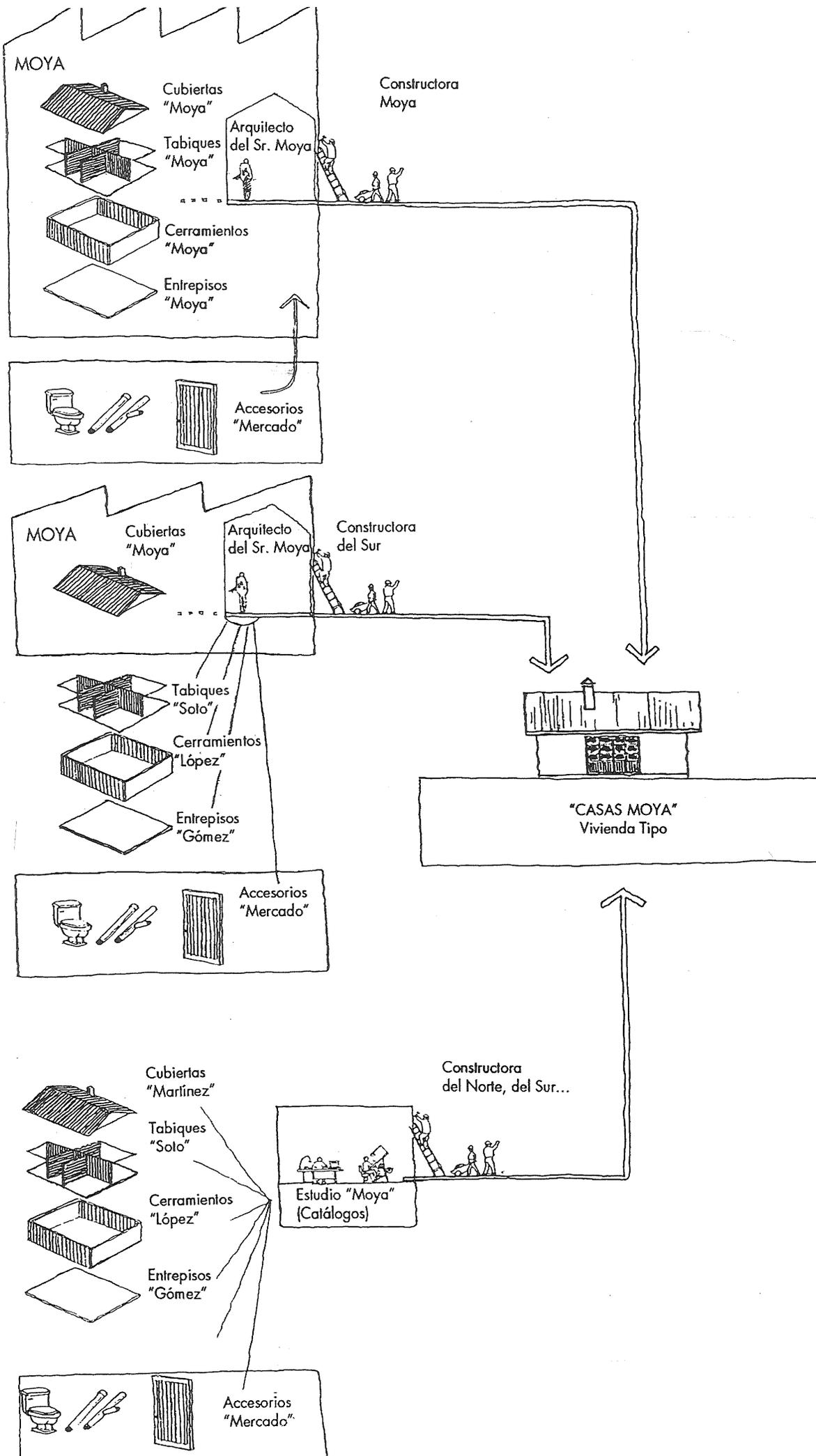
Figuras 6.8 I.- Zona de preparación de paneles cerámicos en el mismo Proyecto comentado en toda esta columna de «Industrialización sin industria». (Foto CEVE).

Figura 6.8 J.- Bloques de cuatro plantas de viviendas realizados con el sistema cubano Gran Panel IV que podría plantearse como representativo en Latinoamérica de la alternativa «Planta de Producción Industrial». (Figura J. Salas).

Figura 6.8 K.- Vivienda en proceso de ejecución del sistema Servivienda de Colombia que adoptamos como representativo de la alternativa «Taller Autóctono de Producción». (Figura J. Salas).

Figura 6.8 L.- Vivienda en proceso de ejecución del proyecto en Fortaleza descrito y que adoptamos como representativo de la alternativa «Germen Productivo». (Figura CEVE).

Figura 6.26.a,b y c.- Tres Formas de construir "Viviendas Moya."



- El *know how* y lo que hemos denominado *ordware* se elabora paulatinamente, en muchas ocasiones sin explicitarlo formalmente. Su principal característica suele y debe ser su adaptación al medio en el que se implanta, lo que suele ser a la larga una fortaleza de estos procesos; en muy contadas ocasiones se transfiere formalmente este cúmulo de saber hacer.

Germen de producción:

- Típica solución que responde (en nuestra personal opinión) a la manera en la que han procedido instituciones y ONGs, en muchos casos pertenecientes al sector informal de diferentes países latinoamericanos.
- Se trata de pequeños talleres de producción basándose en equipos nacionales muy simples, que se han instalado al objeto de atender, en principio, una realización concreta.
- Requiere escasa inversión no siempre dilatada en el tiempo ya que en ocasiones es producto de una aportación externa: puede cifrarse en unos 10.000 dólares por vivienda/día, lo que sólo permite reforzar la plantilla en forma acorde a las circunstancias.
- Consigue rendimientos bajos de producción (20-30 horas-hombre por metro cuadrado de obra gruesa terminada, pueden tomarse como valores medios en este tipo de actuaciones).
- Permite sacar de la planta de producción un alto tanto por ciento del valor de construcción de la vivienda, hasta un 70% del valor de la obra gruesa, lo que supone, que del pequeño taller llega a aportar del orden del 60%, creciente conforme más humilde es la vivienda en cuestión más cuando la del coste final de la vivienda (suelo urbanizado incluido).
- Inversiones de la cuantía mencionada implican la participación de empresas locales de tipo medio, en muchas ocasiones del sector construcción.
- La implantación suele realizarse muy lentamente, varios lustros, siempre en permanente cambio de adaptación contando con un equipo técnico autóctono, por lo general muy implicado en el proceso de la empresa.
- El *know how* suele venir incorporado con los profesionales participantes en el proceso global, lo que hemos denominado *ordware* suele ser débil en este tipo de procesos. Sus principales características suelen ser: capacidad de hacer mucho con poco;

generar procesos innovadores que tienden a desaparecer con los que lideraron el proceso; empieza a ser más frecuente la transferencia Sur-Sur de conocimientos.

**VI.8. TRES FORMAS DE COORDINAR EL PROCESO CONSTRUCTIVO.
(De como el orden de los actores puede alterar el resultado)**

De forma muy simplificada, mediante tres esquemas gráficos, se intenta transmitir la visión personal del autor sobre tres posibles formas de coordinar el proceso constructivo. Siempre en el contexto de la vivienda de interés social.

El esquema adjunto, Figura 6.26a, representa una forma de industrialización del pasado reciente. Trata de recoger la filosofía de los sistemas cerrados de prefabricación. De la misma fábrica, con los mismos materiales, con un proyecto gestado en el marco del sistema y una constructora (montaje) que en ocasiones también pertenece al mismo grupo, se ofrece al mercado una gama determinada de viviendas-tipo.

La Figura 6.26b, ilustra sobre la forma de ejecutar incluso gamas formales idénticas a las del caso anterior, pero con una filosofía típica de los subsistemas abiertos. Partiendo de un subsistema propio, *Cubiertas Moya* que se combina con otros subsistemas, componentes y productos de mercado, sobre la base de un proyecto industrializado abierto, pero condicionado por el subsistema de origen, se ejecutan por una constructora tradicional, ajena al grupo (la Constructora del Sur), gamas de viviendas idénticas a las *Casas Moya*.

La Figura 6.26c trata de representar las singularidades de una actuación típica, de cómo la industrialización abierta acometería la construcción de viviendas-tipo de las llamadas *Casas Moya*. Componentes, subsistemas y productos de diferentes procedencias (catálogos), coordinados por la *Oficina de Proyectos Moya*, articulan un proyecto específico industrializado (mejor podría entenderse como no tradicional), que ejecutado por constructoras externas proporcionan gamas de *Casas Moya*.

