

* Arquitecto por la Universidad Autónoma de México (UNAM). Planificador urbano y regional por la Universidad de Edimburgo y candidato a Doctor en Ciencias Sociales por la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco (UAM-X). Es profesor – investigador titular de tiempo completo en la misma institución.
E – mail: angelmercado2@hotmail.com

CRECIMIENTO ECONÓMICO. LIBRE COMERCIO Y TECNOLOGÍA DE LA VIVIENDA EN MÉXICO 1994-2000

ÁNGEL MERCADO MORAGA*

INTRODUCCIÓN

Entre las actividades humanas más antiguas que han requerido habilidad, aprendizaje, acumulación de experiencias y transferencia de conocimientos está la construcción de vivienda. Tan antigua como la civilización misma, la construcción de vivienda social, sin embargo, no parece haber salido de una fase tecnológica relativamente básica, incluso en los países desarrollados, lo que indica que luego del impulso proporcionado por la revolución urbano-industrial que trajo consigo nuevos materiales y procedimientos constructivos, su tránsito a otra fase al comenzar el siglo XXI continúa en evolución.

Un libro clásico que recorre esto desde los orígenes del poblamiento hasta el presente apunta que:

En épocas lejanísimas el hombre, sobrecogido de espanto ante los fenómenos naturales y acosado por los animales y los elementos, no encontró otro cobijo que las guaridas de las fieras que luego sustituyó por grutas o cavernas a las que decoró. La lluvia torrencial hizo que un grupo de hombres atemorizados se apiñara en torno a un árbol cualquiera, doblendo las ramas inferiores y sujetándolas al suelo con pellas de barro. Algo consiguieron con ello, pero debido a que la lluvia se filtraba todavía a través de las hojas surgió la idea de oponer un dique más eficaz a la violencia del temporal. Acumulan ramas secas, helechos y juncos que recubren después con barro, valiéndose de estacas para procurar un desagüe; y luego, a fin de preverse del amplio charco que anega el pie del árbol, el grupo entero se aplica a elevar el nivel del suelo

This essay is divided in two parts, each one is dedicated to achieve an objective: first, to show the new technology improvements in Mexico's building industry in 1994, specially in the named "social interest dwelling"; second, the text deals with the technology paths in building sector during the six years after the signature of NAFTA between Mexico, United States and Canada.

This Quivera's issue has only first part of the article, so it shows the result of a dwelling contest promoted by SEDESOL (Social Development Secretary, which belongs to Federal Government of Mexico) and Metropolitan University, a public institution.

Key words: paths technology, building industry, technology innovation, social interest dwelling, NAFTA, Gross National Product.

con ramas, juncos y arcilla. Más tarde eligen dos árboles jóvenes y próximos entre sí, que luego con ayuda de una rama terminada en forma de horquilla atraen el segundo tronco y lo ligan fuertemente al primero con una atadura de juncos; después colocan estacas alrededor del abrigo recién construido formando un círculo en la base y doblendo sus

extremidades superiores hasta la unión de los árboles guías. Los intersticios son rellenados con una trama de juncos, ramas y grandes hojas de helechos, y luego recubierto con barro. La única abertura de la choza se practica en la parte opuesta al viento dominante y el piso se cubre con ramas secas, juncos y barro amasado [Fergus, O., con dibujos de Violet-Le-Duc y J.M. Narro, 1954]. Ver también: Oliver, Paul, 1978. Para el caso mexicano ver Manzanilla, 1986; López Morales, 1993; González Aragón, 1993; y Ayala, 1996.

El objetivo de este ensayo es mostrar el estado que guardaban las innovaciones tecnológicas de la vivienda de interés social en el país en 1994, e identificar las trayectorias tecnológicas del sector durante los primeros seis años del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN, en adelante TLC para abreviar), tiempo que coincide con el periodo presidencial 1994-2000 durante el cual México signó o inició otros tratados de libre comercio con Europa, Asia y América Latina¹. También coincide con una fase de crecimiento

¹ En el presente, México tiene tratados de libre comercio con 31 naciones. El valor de las exportaciones en el país asciende a 350 mil millones de dólares anuales.

económico sostenido con EU — el mayor de los últimos años — durante los cuales el intercambio de bienes y servicios con México alcanzó niveles importantes. En otro texto [Mercado, 2001] se realiza un ejercicio de prospectiva 2000-2010 de dichas trayectorias tomando como estudio de caso la Región Centro del País (Distrito Federal, Estado de México, Hidalgo, Morelos, Puebla, Querétaro y Tlaxcala), en especial la ciudad de México, en virtud de que en ésta se produce y se comercializa más de la mitad de las innovaciones tecnológicas de la vivienda.

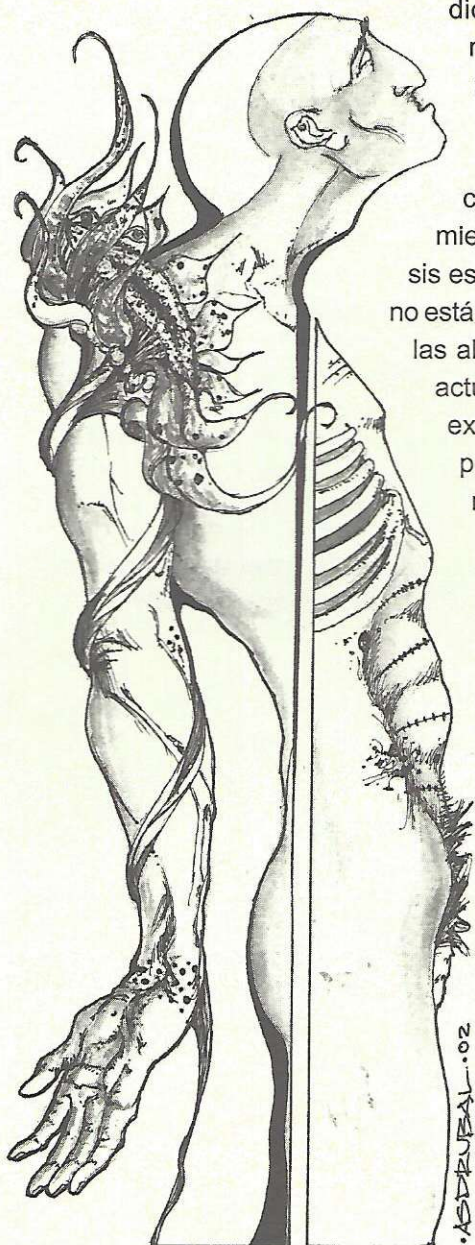
Una hipótesis es que con el TLC y el crecimiento económico de la región dio comienzo en la vivienda mexicana una *nueva trayectoria tecnológica de largo plazo* cuyo perfil, aunque incierto todavía, ya está condicionando el comportamiento del sector. Otra hipótesis es que esta nueva trayectoria no está determinada por ninguna de las alternativas que ofrece en la actualidad el mercado interno y externo de tecnologías, sino por la combinación errática y muy ineficiente de ellas, y el resultado es un *producto híbrido*, pues que la práctica social se está definiendo lentamente con base en el ensayo y error. La tercera hipótesis es que la Investigación y Desarrollo (I+D) puede contribuir a que esa práctica social sea más rápida y acumulativa, no en dirección a un modelo nuevo de vivienda, que sustituya a los anteriores, sino a una *matriz tecnológica* que proporcione coherencia a las alternativas existentes y asegure un proceso

evolutivo integrado. La cuarta hipótesis, desarrollada en el texto, [op.cit.] es que la Región Centro del País -por su tamaño, características socioeconómicas y dinámicas territoriales- podría ser una especie de *incubadora social* para concretar el desarrollo tecnológico de la vivienda en la presente década.

Para dar una idea del tamaño del mercado de vivienda en Norteamérica cabe señalar que, de acuerdo con Naciones Unidas (1988) los tres países producen alrededor de 2.5 millones de viviendas anuales, de las cuales 1.7 millones pertenecen a EU, 200 mil a Canadá y 600 mil a México (la mitad formales y la otra informales). De los tres, México acusa tendencias claras de crecimiento, mientras que en los otros la tendencia es estabilizar o incluso disminuir su producción anual, aunque también tienden hacia el mantenimiento y la reposición del parque habitacional cuya demanda de materiales y servicios conforma un mercado de proporciones crecientes. El valor anual de las viviendas producidas por los tres países asciende alrededor de 100 mil millones de dólares, incluido el suelo y los servicios complementarios; es decir, unos 40 mil dólares por vivienda en promedio si bien con diferencias de costos entre países.

En México, por ejemplo, el costo de la vivienda de interés social, "cuyo valor al término de su edificación no excede la suma que resulta de multiplicar por quince el salario mínimo general elevado al año" [D.O.F., 1996], en el año 2001 equivale a unos 20 mil dólares por vivienda (a razón de 10 pesos por dólar); en tanto que el de la vivienda popular "cuyo valor al término de su edificación no excede la suma que resulta de multiplicar por veinticinco el salario mínimo general elevado al año" [op.cit.] es decir, unos 30 mil dólares.

El texto es resultado de dos encuestas de productos, procesos y empresas levantadas en 1993 y 1994 (las últimas realizadas en el país hasta el presente); en el marco del I y II Concursos Nacionales de Tecnologías para la Vivienda de Interés Social que la UAM-Xochimilco realizó para la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) del Gobierno Federal, cuyo diseño



metodológico, ejecución y evaluación estuvieron dirigidos por el autor al frente de un grupo de investigadores de la propia UAM²; también es resultado del seguimiento del sector entre 1994 y 2000, a raíz del TLC con Estados Unidos y Canadá, como parte del monitoreo de vivienda que realiza el autor cotidianamente. Con las encuestas se pudo determinar el estado que guardaba entonces la tecnología de vivienda en México, el cual se vio alterado por el TLC y el crecimiento económico, lo que dió lugar a una nueva trayectoria tecnológica.

El universo lo conforman 160 empresas que participaron en el concurso a las que se les considera representativas del universo de 400 productores de tecnología que tiene el mercado mexicano en esta rama de la construcción (SEDESOL/UAM-X, 1993, 1994). Junto a éste se contemplaron los otros dos modelos tecnológicos: el tradicional, que refuncionaliza materiales y procedimientos constructivos de la vivienda campesina e indígena llevándolos a escala semindustrial para consumidores urbanos; y el convencional, a base de tabique de barro recocado o tabicón de cemento y losa de concreto armado que representa con mucho el modelo tecnológico dominante no sólo en las ciudades sino también, por efecto del mercado y la demostración, en el medio rural. Frente al modelo convencional se midió la eficiencia tecnológica de los otros dos: el tradicional y el de las innovaciones.

1. REFERENCIAS TEÓRICO METODOLÓGICAS

1.1. LOS HECHOS ESTILIZADOS

A los "hechos estilizados" extraídos de la evidencia empírica -dice la corriente evolucionista del cambio tecnológico-, es necesario referirlos a los paradigmas tecnológicos y sus trayectorias para conocer sus verdaderas implicaciones [Dosi, Pavitt y Soete, 1993; Lall, 1996]. A diferencia de las abstracciones formales de la economía neoclásica, las corrientes evolucionistas explican dicho cambio en un marco de evolución de las empresas e institu-

ciones generadoras de tecnología [Hualde, 1993; Katz, 1996] y estiman que el proceso de innovación se encuentra influido por su propia historia, desde un punto de vista global, pero también por la historia individual de las empresas y las instituciones. Así, hay un mecanismo subyacente a la dinámica de las empresas y a la estructura del mercado que imprime cierto sabor "biológico" a los modelos evolucionistas [Katz, op.cit.].

Entre las principales obras de la corriente evolucionista se encuentran los trabajos de Nelson y Winter (1982), Freeman (1988), Dosi (1982), Pérez (1989) y Pavitt (1984). La teoría comprende tres conceptos básicos [Corona, 1999]: *trayectoria tecnológica*, *paradigma tecnológico* y *sistema nacional de innovación*. La primera refiere la evolución de la tecnología; el segundo alude a los sistemas tecnológicos cuyo denominador común es la capacidad para transformar el aparato productivo; en tanto que el tercero (que engloba un conjunto de instituciones como empresas, centros de investigación y desarrollo, universidades, empresas de consultoría y mecanismos de financiamiento, entre otros) implica la creación de una amplia red que pone en contacto a los agentes con el fin de que interactúen en la búsqueda de un marco institucional propicio para la innovación. En suma [Dosi, et.al., 1993], un paradigma tecnológico es un "patrón" de solución a problemas seleccionados, basado en principios derivados del conocimiento y la experiencia previa; en tanto que una trayectoria tecnológica es el progreso tecnológico a lo largo de las transacciones comerciales, económicas y tecnológicas establecidas por un paradigma.

² Por la SEDESOL la investigación estuvo a cargo de la entonces Dirección General de Normas y Tecnología de la Vivienda, a cuyo frente se encontraba la Arq. Belinda Ramírez Reyes; en la Dirección de Procedimientos Constructivos, a cargo del Arq. Franco Bucio Mújica, se coordinó el desarrollo de la investigación. Por la UAM-X, los investigadores asociados fueron Angel Mercado Moraga (coordinador), Alejandro Mercado Quiñones, Juan Carlos Hernández Esquivel, Guadalupe Gómez Goujón, Roberto Ascencio Alvarez, Irene Pérez Rentería, Mario Larrondo Shields, Leonardo Garrido Hurtado, Eduardo Preciat Lambarri, Steffanie Adams (Toronto), Marcial Chih Chao (Seattle), René Mancilla (Chile) y Gerardo E. Mercado (Houston).

Las trayectorias, por otra parte, permiten distinguir cuatro grupos principales de empresas/industrias: las dominadas por el oferente; las intensivas en escala; las de oferentes especializados, y las basadas en la ciencia. De éstas, la que interesa al presente trabajo es la primera. Al respecto señala Dosi que:

las empresas dominadas por el oferente se encuentran en sectores tradicionales de la manufactura, agricultura, *construcción de vivienda*, producción informal familiar y muchos servicios profesionales, financieros y comerciales. Generalmente son pequeñas y su I+D casero, así como débiles sus capacidades de ingeniería. Se apropian menos sobre la base de una ventaja tecnológica que sobre la base de las habilidades profesionales, diseño estético, acceso privilegiado a la fuente (como la tierra fértil), marcas y publicidad. Dentro de sus trayectorias tecnológicas, la reducción de costos es una meta fundamental, pero ellos sólo hacen una contribución menor a su tecnología de proceso. La mayoría de las innovaciones provienen de oferentes de equipo y materiales, aún cuando en algunos casos también contribuyen los clientes mayores y los servicios de investigación y desarrollo financiados por el gobierno. Lo usual es que una proporción relativamente alta de las innovaciones de procesos utilizadas en estos sectores sean producidas por otros sectores [Dosi, et al., 1993].

Luego, el criterio fundamental en las elecciones técnicas es el nivel de salarios comparado con el precio y el desempeño de bienes de capital desarrollados de manera exógena. En México [Connolly, 1988] por ejemplo, el bajo nivel de mecanización en la construcción de vivienda tie-

ne que ver con la manera como se determina el salario del obrero de la construcción: "mientras exista una gran masa de campesinos empobrecidos dispuestos a incorporarse al trabajo de la construcción con salarios reducidos en tareas que no demandan mayor capacitación y sin protección sindical, difícilmente habrá aumentos significativos de productividad en esta rama"³. Así, una proporción elevada de las innovaciones de procesos utilizadas en la vivienda (usualmente con baja intensidad de capital) son producidas por otros sectores y luego combinadas con una fuerza de trabajo desvalorizada [Mercado, 1996].

1.2. EL CAMBIO TECNOLÓGICO EN MÉXICO

En México, como en el resto de América Latina, existen dos elementos fundamentales en el cambio tecnológico: en primer lugar la transferencia exógena de tecnología, y en segundo la asimilación tecnológica o aprendizaje de la misma [Aboites, 1992]. La ausencia de un núcleo endógeno que alimente el cambio tecnológico tiene una importancia capital, sin embargo, como señala Katz (1976, 1996), la investigación respecto al cambio tecnológico en América Latina es limitada y fragmentaria por lo que la teoría sobre este fenómeno es aún incompleta. Añade Aboites (*op.cit.*) que en las economías semi-industrializadas el cambio tecnológico no puede ser observado genéricamente a través del ciclo propuesto por J.A. Schumpeter (invención, innovación, difusión) y pregunta: ¿cómo, entonces, puede ser concebido y explicado el proceso de cambio tecnológico en estos países, particularmente América Latina?. Varios autores [Nelson y Winter, 1971; Katz, 1976; Teitel, 1990; citados por Aboites, *op.cit.*] han tratado de contestar esta pregunta señalando que el proceso de cambio tecnológico en estas economías se caracteriza, a diferencia de lo propuesto por J.A. Schumpeter, por la existencia de fases tecnológicas asociadas al fenómeno de la transferencia tecnológica. Tres son estas fases:

La primera, *fase de adquisición o incorporación* de una nueva tecnología a una industria

³ La industria de la construcción ha venido incorporando avances tecnológicos relevantes pero sólo en determinadas etapas del proceso productivo. "Las tareas de excavación y cimentación se transforman sustancialmente en las últimas décadas con la incorporación de máquinas que reemplazan la actividad manual, sin embargo, en muchos aspectos del proceso de trabajo la industria emplea herramientas simples incorporadas en etapas anteriores al capitalismo. Por ello la construcción es una rama industrial con baja composición orgánica de capital: incorpora una elevada proporción de trabajo en relación con las máquinas y materiales empleados en la producción" [Ziccardi, 199].

particular, digamos la industria de la construcción, consiste en la compra de información técnica incorporada (maquinaria y equipo) o desincorporada (planos de ingeniería de planta, manuales de operación) para el uso interno en el proceso productivo. Implica no sólo la negociación y fijación de precios sino también un rezago tecnológico respecto al país vendedor [Katz, 1976]. La segunda, *fase de asimilación y aprendizaje*, está asociada a la adaptación del producto o sistema de producción y a las condiciones del entorno económico del sector o rama de actividad. Y la tercera, *fase de creación de nuevos productos o procesos productivos*, en cierta forma una profundización de la anterior, se caracteriza por un intenso proceso de asimilación y aprendizaje tecnológico. En ésta, a pesar de que la fuente principal del cambio tecnológico es exógena, internamente desarrolla un flujo de innovaciones tecnológicas que nutren el proceso de modernización del aparato productivo. Sin embargo, este flujo sólo adopta el campo de las innovaciones incrementales y adaptativas sin llegar a constituir propiamente el núcleo endógeno del cambio tecnológico.

Si es así, cabe una pregunta adicional: ¿Son aplicables estas fases a la industria de la construcción, particularmente la parte que se ocupa de vivienda? Lo son, ciertamente, no obstante las particularidades que hacen de la industria de la construcción una rama singular respecto al resto de las manufacturas [Briscoe, 1992].

En este sentido, el Centro de Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (UNCHS, por sus siglas en inglés) encuentra que el desarrollo tecnológico de la vivienda en países semi-industrializados presenta las siguientes situaciones [UNCHS, 1991]:

a. Las tecnologías sofisticadas de construcción son empleadas por compañías extranjeras en los proyectos a su cargo, casi siempre "llave en mano", las más de las veces sin difusión local y se pierden una vez que se concluye y retira el grupo de trabajo a su país de origen. Las posibilidades de acumular el aprendizaje de

estas tecnologías -en constante evolución, por naturaleza- son casi nulas, aún con los expertos locales que participan en ellas debido a que su repetición sistemática es improbable. Lo es, en cambio, aunque lentamente, en las empresas locales grandes que, a través de estos proyectos, siguen una determinada curva de desarrollo tecnológico que además utilizan como estrategia de venta. Puede decirse que equivale a la primera fase (de adquisición o incorporación).

b. Las tecnologías sofisticadas también son empleadas localmente, en forma creciente, por grandes empresas paraestatales de construcción que realizan proyectos complejos; y también, a un ritmo menor, por empresas privadas locales de mediano y pequeño tamaño. En cualquier caso, se trata de tecnologías que son ya del dominio público en los países industrializados y no de innovaciones propiamente dichas. Toman diversas formas: inversión en maquinaria y equipo nuevo, etc., pero también, particularmente, en adaptación de éstas y otras tecnologías disponibles mediante el uso cotidiano, manejo más conveniente de la información y mejor organización del trabajo. Equivale a la segunda fase (de asimilación y aprendizaje). En esta fase cabe inscribir también a los trabajadores mexicanos que, en calidad de indocumentados, se emplean en la industria de la construcción estadounidense y en menor medida, la canadiense; quienes, por su número que asciende ya a cifras considerables, son portadores de innovaciones tecnológicas que después, a su modo, aplican en el medio mexicano.

c. Los resultados de la I+D formal e informal, en general procurados por instituciones públicas y académicas internas y en mayor cantidad por numerosos



productores locales de reducido tamaño, maestros albañiles y empresas familiares que desarrollan sus propios prototipos, son adoptados por los pequeños y medianos constructores y también por las fabricantes de materiales de construcción, tanto urbanos como rurales. Aquí el cambio tecnológico es muy lento e incompleto, sin embargo, con mucho representa el tipo de cambio tecnológico que socialmente concentra más esfuerzos institucionales y recursos de inversión, los resultados -aunque no espectaculares- son más consistentes a largo plazo. Equivale a la tercera fase (de creación de nuevos productos o procesos productivos).

d. Están, por último, las tecnologías tradicionales, cuya tendencia es a desaparecer gradualmente en virtud de su abandono social por parte de los constructores formales e informales. Algunos las modifican para adaptarlas a las nuevas necesidades del mercado; otros las "modernizan" o refuncionalizan con nuevos ingredientes que, sin perder sus cualidades ambientales y culturales, las hacen más seguras y duraderas; otros las emplean como detalle folklórico. La tendencia más firme, sin embargo, es a sustituirlas por tecnologías convencionales. En cierta forma es una variante de la tercera fase.

En ese orden de ideas el ensayo establece como premisa que la tecnología de la vivienda de interés social (cuya trayectoria, es determinada por el oferente) tiene una componente científica que es necesario ponderar, a fin de no limitar los análisis únicamente al mayor o menor acierto de los productos finales en el mercado, desatendiendo la importancia que los procesos y las empresas significan en el cambio tecnológico de la misma [Annerstedt, 1994]. De ahí que la encuesta contemplara los tres componentes del cambio tecnológico: productos, procesos y empresas; y posteriormente,

con el apoyo estadístico respectivo, permitiera estimar tendencias en la *capacidad tecnológica* del sector entre 1994 y 2000.

La información solicitada a los concursantes sirvió para documentar dichos componentes, además de asegurar los indicadores necesarios para evaluar los trabajos y poder premiarlos. Se le dividió en dos partes: I. información para conocer las características de la vivienda y los procedimientos constructivos utilizados; es decir, una encuesta de productos y procesos, que fue solicitada a través de un cuestionario técnico; y, II. información para conocer el perfil profesional de los productores de tecnología, esto es, una encuesta de empresas solicitada a través de un curriculum en sobre cerrado que fue abierto luego de que el jurado emitió su fallo.

Por otra parte, a efecto de identificar los ámbitos en que se desenvuelve la tecnología en México [Aboites, 1992], fueron establecidas dos categorías tecnológicas de la vivienda: «A», correspondiente al ámbito de la invención, y «B», dirigida a los ámbitos de la innovación y la difusión conjuntamente. A la primera se le denominó «vivienda preindustrializada», cuyo desarrollo se encuentra en la fase inicial de penetración en el mercado o que aún no ha tenido acceso a éste; a la segunda se le llamó «vivienda industrializada», cuya característica es que cuenta con presencia clara en el mercado de cuando menos los últimos cinco años y cuya producción tiene lugar en escala masiva [SEDESOL/UAM-X, 1994]. La convocatoria, así, invitaba a participar en dos categorías tecnológicas cuya diferencia consiste en el grado de industrialización y la presencia en el mercado. Distinción, por otra parte, que resultó clara para los concursantes y facilitó las tareas de evaluación. La condición, cumplida en ambas categorías, fue que los concursantes entregaran una propuesta tecnológica para una vivienda completa y no únicamente una parte de ella. No fue un concurso de materiales de construcción o componentes aislados de la vivienda sino de integración tecnológica propiamente dicha.⁴

La distinción entre vivienda preindustrializada (categoría A) y vivienda industrializada (ca-

⁴ La evaluación del I Concurso Nacional de Tecnología para la Vivienda de Interés Social siguió tres etapas. La primera a cargo de la SEDESOL y el grupo de investigadores de la UAM-X para reducir el universo de 160 trabajos recibidos a 60 "preseleccionados". La segunda a cargo de los fondos federales de vivienda (INFONAVIT, FOVISSSTE, FONHAPO, FOVI) quienes por separado lo redujeron a 31 finalistas. Y la tercera a cargo del jurado calificador de la cual surgieron 12 trabajos premiados, 6 por cada categoría.

tegoría B) tenía que ver también con los instrumentos de fomento, entonces vigentes. El diseño conceptual del concurso contemplaba que la SEDESOL integraría (como lo hizo) una Cartera de Proyectos a partir de los proyectos seleccionados, que haría llegar a CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) y NAFIN (Nacional Financiera, S.N.C.) para su conocimiento; luego de lo cual, estos organismos entrarían en contacto con las empresas respectivas a fin de requerirles mayor información que sirviera para evaluar sus propuestas tecnológicas y —dependiendo del resultado— otorgarles apoyo financiero a través del *Fondo de Investigación y Desarrollo para la Modernización Tecnológica* (operado por CONACYT), en los casos de la categoría A y del *Programa de Desarrollo Tecnológico* (operado por NAFIN), en los casos de la categoría B [SEDESOL/UAM-X, 1994].

El ensayo analiza 31 trabajos finalistas (16 pertenecientes a la A y 15 a la B), de modo que el conjunto viene a ser una muestra calificada del universo mayor de 160 innovaciones tecnológicas y los 60 proyectos preseleccionados. Se trata, entonces, de un resumen de tendencias observadas en la evaluación de los llamados “hechos estilizados” para: 1. documentar el universo de innovaciones tecnológicas de la vivienda de interés social en México; 2. prefigurar sus trayectorias tecnológicas; y, 3. ilustrar las fases por las que transita su desarrollo tecnológico en los primeros seis años del TLC.

1.3. ESTRUCTURA INSTITUCIONAL DEL CAMBIO TECNOLÓGICO DE VIVIENDA EN MÉXICO

En México no hay un sistema nacional de innovaciones que procure el cambio tecnológico de la vivienda de interés social⁵. Lo que más se le acerca es una estructura que para fines de fomento articula actores e instituciones con las fases y los niveles macro y micro del desarrollo tecnológico como se muestra en la figura 1⁶.

De acuerdo con esta figura, la información tecnológica de la vivienda en México fluye a través de bloques o niveles denominados macro, micro y de gestión. El bloque 1 combina las fases del desarrollo tecnológico con las institucio-

nes públicas de vivienda (nacionales e internacionales) por la vía institucional. El bloque 2 combina las fases del desarrollo tecnológico con las empresas productoras y usuarias del mismo por la vía del mercado. El bloque 3, con los organismos públicos y privados de vivienda y la Secretaría de Desarrollo Social como cabeza de sector, recibe e intercambia flujos de información con los otros bloques y produce diversas medidas de fomento tecnológico para el sector vivienda en su conjunto, al igual que información por módulos para usuarios especializados.

El nivel macro se alimenta con información proporcionada por los instrumentos de política general (TLC, INEGI, CMIC⁷, plan nacional de desarrollo, programa nacional de ciencia y tecnología, programa nacional de vivienda, etc.) y produce insumos para los módulos especializados del bloque 3. El nivel micro recibe información cotidiana de instrumentos de difusión tecnológica como el Concurso Nacional de Tecnologías de Vivienda mencionado y otros como exposiciones anuales del sector, algunas publicaciones especializadas (Catálogo SEDESOL, Catálogo CIHAC⁸, Catálogo Sweet's⁹, revista Obras¹⁰, revista Tecnología y Construcción, etc.)

⁵ Como se dijo anteriormente, un *sistema nacional de innovación* engloba un conjunto de instituciones como empresas, centros de investigación y desarrollo, universidades, empresas de consultoría y mecanismos de financiamiento, entre otros, e implica la creación de una amplia red que pone en contacto a los agentes con el fin de que interactúen en la búsqueda de un marco institucional propicio para la innovación [Corona, 1999, *op.cit.*].

⁶ El esquema de la figura 1 es más analítico que normativo, es decir, no existe institucionalmente, aunque su funcionamiento es más o menos de esa forma. Ver SEDESOL-UAM-X, 1994, vol. II, “Propuesta de un sistema de información tecnológica para la vivienda de interés social en México” e “Instrumentos de fomento tecnológico en la vivienda de interés social”. La relación entre cambio institucional e innovación tecnológica es un tema fundamental para el desempeño de sectores en el que intervienen numerosos actores y circunstancias. Para el caso mexicano ver Aboites, 1995.

⁷ Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción.

⁸ CIHAC (Centro Impulsor de la Construcción y la Habitación, A.C.) es un grupo privado cercano a la CMIC que organiza cada año una Exposición Internacional de Edificación y Vivienda y publica un extenso catálogo.

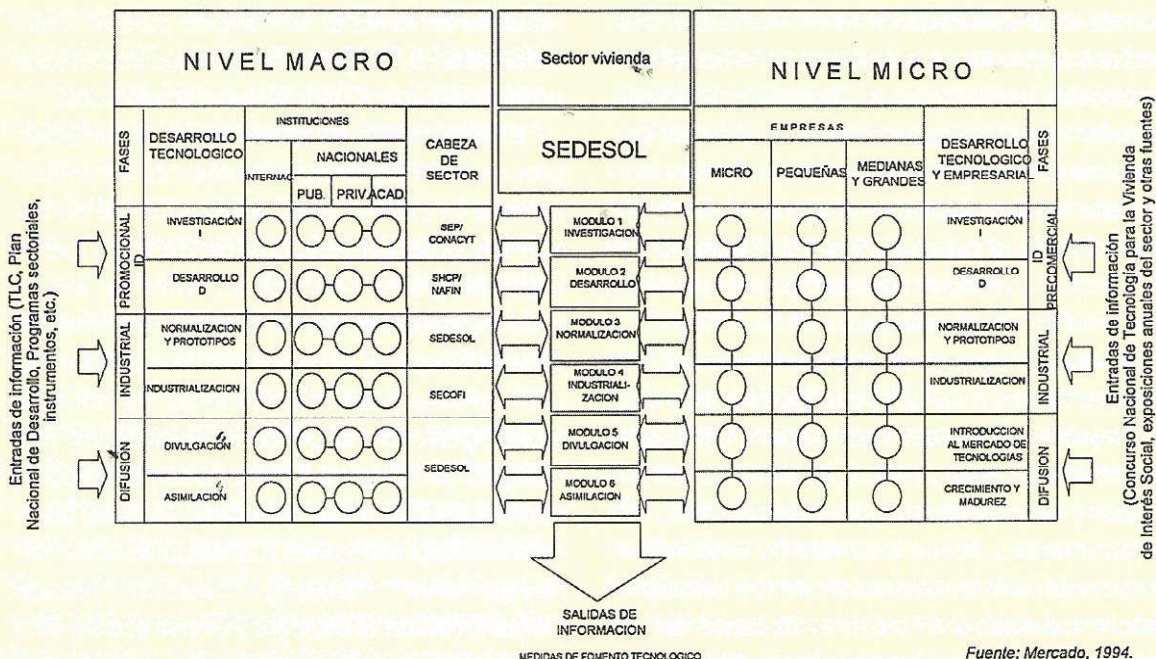
⁹ Sweet's, empresa estadounidense con cien años de experiencia en el ramo, es una fuente primaria de información sobre productos y sistemas de construcción empleados en Estados Unidos que edita McGraw-Hill Construction en ese país. A raíz del TLC se distribuye anualmente en México una extensa edición bilingüe para América Latina.

¹⁰ En particular la edición especial de la misma revista Obras: *Guía de Compras. Productos y servicios para la construcción*, que en el 2001 se publica por segunda vez consecutiva. Un instrumento de consulta que ofrece información actualizada sobre fabricantes y distribuidores de productos, prestadores de servicios y herramientas.

y los bancos de datos disponibles en SEDESOL, Instituto Tecnológico de la Construcción, CYDET-D¹¹,

Internet¹², etc. También produce insumos para los módulos especializados del bloque 3.

FIGURA 1
ESTRUCTURA INSTITUCIONAL DEL CAMBIO TECNOLÓGICO DE LA VIVIENDA EN MÉXICO



Fuente: Mercado, 1994.

2. UNIVERSO DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS DE LA VIVIENDA EN MÉXICO ¹³

En este ensayo el universo de innovaciones tecnológicas equivale a los llamados "hechos estilizados" de la escuela evolucionista, esto es, a la evidencia empírica de las trayectorias tecnológicas que se analizan en el apartado 5.

La reseña empírica se hace mediante siete indicadores seleccionados: 1. tipología de proyectos; 2. evaluación de empresas, según perfil profesional; 3. evaluación de productos, según rendimientos y atributos; 4. evaluación de procesos, según eficiencia en el uso de recursos; 5. productividad de proyectos innovadores; 6. evaluación de aspectos sociales; y 7. integración tecnológica del sector.

2.1. TIPOLOGÍA DE PROYECTOS

Los 31 proyectos fueron clasificados según el ámbito urbano o rural al que fueron dirigidos, la tecnología empleada y los materiales de construcción en cimientos, muros y techos, es decir en la estructura soportante.

En el ámbito territorial, 10 de los proyectos son de orientación urbana, 5 rural y 16 de am-

¹¹ CYDET-D son las siglas del Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, promovido por España, en el que México es uno de los países signatarios a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT. Cuenta con un subprograma denominado Tecnología para la Vivienda de Interés Social, a través del cual organiza eventos y publica materiales especializados en América Latina.

¹² Ver *.com para la construcción*, número especial de la revista Obras (Año XXVII/No. 336, diciembre 2000) dedicado al uso de portales electrónicos en la industria de la construcción, páginas Business to Business (B2B).

¹³ La base estadística de este apartado se muestra en el anexo.

bos; es decir, que la orientación territorial de 32% es urbana, 15% rural y 52% mixto. El tipo de tecnologías empleadas indican que 12% son a base de block, 40% de panel, 30% con estructuras, 6 % con tierra y 12% con "otros". En cuanto a los materiales empleados en la estructura de las viviendas (cimientos, muros, techos), la evaluación señala que en la cimentación 64% de las propuestas utiliza el concreto, 14% el concreto combinado con otros materiales, 4% el adobe, 10% la piedra braza, 6% "otros materiales" y 4% sin información. Evidentemente la tendencia es continuar con el concreto armado como tal o combinado con otros materiales cuya suma asciende a 78%. Los demás (adobe, piedra, y "otros") parecieran seguir la tendencia contraria, probablemente sin mayor explicación que los usos y costumbres.

Los muros presentan una amplia diversificación en sus propuestas tecnológicas: 18% en adobe, adopedra y tierra confinada; 4% en arena sílica o arcilla, 32% en concreto y agregados, 4% en tabicel, 6% en block hueco de concreto, 16% en tabla/acero y poliestireno/cemento, 6% en tridipanel/poliestireno, 4% en panel fibrocemento, 4% en madera y 6% lámina y otros materiales. Según se ve, prácticamente contemplan todas las opciones del mercado de manera indistinta, sin embargo, si se agrupan por materiales afines, se observa que en los muros una quinta parte de las propuestas (22%) están hechas a base de tierra (adobe, adopedra y tierra confinada, arena sílica o arcilla), mientras un tercera parte (32%) lo está a base de concretos y agregados.

Los techos también presentan diversificación, determinada las más de las veces por el mismo sistema de los muros. Un 10% es a base de rastra/adobe o tierra cruda, 26% de concreto, 22% de concreto y otros materiales, 4% de adopedra, 10% de poliestireno/tridipanel, 6% en ferrocemento/panel, 12% en vigueta y bovedilla y 10% en madera y agregados diversos. Agrupados por materiales afines, se observa que sólo un 10% es a base de tierra y un 48% de concreto.

2.2. EVALUACIÓN DE EMPRESAS (PERFIL PROFESIONAL)

IDENTIFICACIÓN DE LAS EMPRESAS

Siete clasificaciones fueron utilizadas para identificar a las empresas por su condición jurídica: personas físicas, empresa privada, dependencia pública, organización social, organización no gubernamental, institución académica y mixta. Solo cinco obtuvieron respuesta en el siguiente orden decreciente: 68% empresa privada, 19% persona física, 7% institución académica, 3% dependencia pública y 3% organización social. Es claro que el desarrollo tecnológico de la vivienda radica esencialmente en el sector privado (68% son empresas y 19% personas físicas). Se ocupa de ello un 87% del universo estudiado.

Por su lugar de procedencia, una tercera parte de las entidades federativas están participando en el cambio tecnológico, pero es en la ciudad de México donde se concentra más de la mitad: 42% en el D.F. y 10% en el Estado de México. Les sigue en importancia: Baja California con 10%; Aguascalientes, Jalisco y Tamaulipas con 7%; y Campeche, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León y Puebla con 3%. Un caso aislado que representa también 3% procede de Estados Unidos¹⁴. En cuanto a su caracterización como "formal" (es decir afiliadas a la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción) o "informal" (no afiliadas a la CMIC), una tercera parte (32%) de las empresas están afiliadas y dos terceras partes no lo están (58%) o no especificaron (10%).

Por su carácter, 26% de las empresas dijeron ser matrices, 10% filiales, 39% independientes y 3% organismos descentralizados. Una cuarta parte (22%) no especificó. Luego, un 36% (matrices+ filiales) responden ya a formas modernas de organización empresarial, mientras el resto (incluidas las que no especificaron) aparentemente son empresas de carácter tradicional

¹⁴ Hacia 1994, en el preámbulo del TLC, la participación de EU en el sector vivienda comenzaba apenas, no obstante que hacía mucho dominaba ya el mercado de determinados materiales de construcción, equipos, herramientas, muebles de baño y cocinas, accesorios, etc.

aunque en el caso de las "independientes" podría tratarse de empresas pequeñas muy eficientes.

RECURSOS HUMANOS

Los recursos humanos de las empresas se dividen en "propietarios", "gerentes responsables del proyecto" y "técnicos". La evaluación buscaba conocer sus principales características profesionales. Los propietarios de las empresas estudiadas cuentan en un 54% con licenciatura, 20% con maestría, 10% con nivel medio y 16% no especificó. En número de años al frente de sus empresas, 24% dijo tener menos de un año, 6% de uno a cinco, 24% entre seis y diez, 6% de 11 a 20, otro 6% más de 20 y 34% no especificó. Y con respecto a la experiencia previa inmediata en este tipo de proyectos, un 16% dijo tenerla entre uno a cinco años, 10% entre uno y seis años, 10% de 11 a 20 años, 16% más de 20 años y 48% no especificó. Pareciera que el mercado de tecnologías para la vivienda de interés social comienza a ser un sector de inversión que ofrece cierta estabilidad comercial a sus propietarios, quienes a su vez incorporan un nivel educativo cada vez más alto a su trabajo, sin embargo, el que dos terceras partes de los propietarios hayan entrado a este mercado hace menos de cinco años, igual indica que no logra aún estabilizarse y que muy posiblemente su impulso reciente obedece menos a una trayectoria y más a las expectativas de una demanda creciente no satisfecha y TLC.

Por parte de los gerentes responsables del proyecto innovador, que en numerosos casos es el mismo propietario desempeñando esta función, el perfil es como sigue: 48% cuentan con estudios de licenciatura y 20% de maestría; el resto con nivel medio (4%) y no especificado (28%). También aquí el nivel profesional es relativamente alto; 68% con estudios superiores. Pero, con relación al número de años conduciendo la empresa, al parecer, estos profesionales recién están entrando al mercado laboral

¹⁵ De acuerdo con Nacional Financiera, S.N.C. las empresas con 1 a 30 trabajadores se les considera microempresas, con 31 a 300 pequeñas y con 301 a 500 medianas.

de la tecnología, pues un 22% declaró tener menos de un año en su empleo actual y otro 22% entre uno y cinco años; el resto: 10% entre seis y diez años y 6% de 11 a 20 años. Un 40% no especificó, pero muy probablemente pertenecen al grupo con menos de cinco años de antigüedad. Quiere decir que 84% de los gerentes (22% + 22% + 40%) tienen menos de cinco años al frente de los proyectos tecnológicos, que emprende la empresa en la que prestan sus servicios. Una cosa parecida ocurre con su experiencia previa en la conducción de proyectos tecnológicos, 4% dijo tener menos de un año, 16% entre uno y cinco, 12% de seis a diez, 6% de 11 a 20 y 6% más de 20. Un 56% no especificó, que sumado a los que tienen menos de cinco años se eleva a un 76%. La cuarta parte restante, entonces, tienen más de cinco años.

El perfil profesional de los técnicos, que también en muchos casos podría tratarse de personas que son al mismo tiempo propietarios y gerentes, es distinto. Con respecto al nivel educativo: 28% dice tener licenciatura y 10% maestría; el resto, 62%, es de nivel medio 4%, pasantes 20% y no especificados 38%. Con relación a su antigüedad en el empleo actual: 16% dice tener menos de un año; 12% entre uno y cinco; 6% entre seis y diez; 4% entre 11 y 20 años. Y su experiencia previa en el desarrollo de proyectos tecnológicos de vivienda: 4% entre uno y cinco años; 10% entre seis y diez, y un 86% que no especificó.

CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS DE LAS EMPRESAS

Dos son las características operativas estudiadas: tamaño de la empresa según personal ocupado¹⁵ y producción. Por su tamaño 40% son microempresas, 12% son pequeñas y ninguna mediana; el restante 48% no contestó pero probablemente se trata de las primeras. De ese modo un 88% son microempresas y 12% pequeñas. Por su capital invertido (a pesos corrientes de 1994, cuando la paridad indicaba 5.32 pesos por dólar), 4% disponen hasta 10 mil pesos, 4% entre 10 mil y 100 mil pesos, 10% de 100 mil a 500 mil pesos, 6% de 500 mil a 1 millón de pesos, 12% de 1 millón a 10 millones



de pesos y 6% con más de 10 millones de pesos. El resto, 48%, no contestó.

Respecto a la producción de estas empresas, medida por el número de viviendas y el volumen de sus ventas anuales, un 6% dijo no producir ninguna, 12% menos de 50 al año, 12% entre 51 y 100, 16% de 101 a 1000 y 4% más de 1000 viviendas; el resto, 56%, no contestó. Indican estas cifras que un 62% (6% + 56%) de las empresas no producen comercialmente ninguna vivienda al año, acaso por problemas de mercado o por el estado experimental de sus propuestas, pero al mismo tiempo 20% producen de 101 a más de 1000 viviendas al año lo que indica ya cierto posicionamiento.

ORIGEN Y DESTINO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

La muestra de 31 empresas indica que 56% generan las ideas en su interior y que 32% las obtienen por fuera; un 6% dice generar sus ideas innovadoras de manera combinada y 6% no especificó. También indica que al 20% les tomó menos de un año desarrollar dichas ideas hasta su puesta en el mercado, mientras que a 28% le tomó de dos a cinco años; esto es, que casi la mitad de las empresas (48%) destina menos de cinco años en la conducción de sus ideas desde la generación conceptual hasta la puesta en el mercado. El resto, 52%, requiere más tiempo: 20% de seis a diez años, 6% de 11 a 20 y 6% más de 20. Un 20% no especifi-

có, pero al igual que ocurre con los demás indicadores, podría tratarse de los rangos de menor valor (menos de cinco años) de modo que sumados a los otros la cifra ascendería a 68% las empresas que les toma menos de cinco años desarrollar una tecnología hasta su introducción en el mercado. El financiamiento lo llevan a cabo con recursos propios en un 82% y con recursos externos sólo un 6%. Otro 6% dijo obtenerlos de manera mixta y 6% no especificó.

Por otra parte las empresas orientan sus ideas hacia diversos fines. Un 34% a nuevos procesos (maquinaria y equipo o procedimientos constructivos), 96% a nuevos productos (vivienda completa o partes de la misma que implican un procedimiento constructivo a veces único e indivisible) y 20% a formas nuevas de organización en el trabajo. La tendencia es a profundizar el desbalance entre desarrollo tecnológico de procesos y productos en favor casi exclusivamente de estos últimos, y a no ocuparse prácticamente nada de innovar las formas organizativas del trabajo.

Hay, sin embargo, una aparente eficiencia en estas formas empresariales de impulsar el desarrollo tecnológico, pues sólo una cuarta parte de las innovaciones se encuentra aún en la fase experimental. Efectivamente, 24% dice estar en esa fase, 56% en la de su introducción al mercado y 32% en la de crecimiento. Únicamente 6% dijo estar ya en la fase de madurez. Además, 62% afirma que sus innovaciones

están ya protegidas por patentes o títulos de invención, mientras el 38% restante (32% que no lo tiene + 6% no especificó) carece de ello. Y, asimismo que 52% cuenta con la norma correspondiente, 28% no la tiene, 10% está en trámite y 10% no especificó. Es decir, tres cuartas partes de las empresas encuestadas han superado la fase experimental, dos terceras partes tienen sus innovaciones protegidas con patentes y más de la mitad cuenta con la norma correspondiente. La tendencia es a consolidar la propiedad intelectual del sector.¹⁶

AUTOEVALUACIÓN

Este último aspecto de las empresas consistió en 20 preguntas. Todas recibieron respuestas demasiado favorables por tratarse de una autoevaluación, sin embargo, dejando de lado la representatividad numérica, lo importante que aportan es su aceptación a describir integralmente sus productos. La escala utilizada ofreció seis opciones: irrelevante, bajo, medio, alto, relevante y no especificado.

Sumando los valores "alto" y "relevante", el resultado obtenido es como sigue:

1. Impacto en venta de productos y servicios (64%); 2. impacto en utilidades (66%); 3. impacto en productividad (86%); 4. ahorro de agua (64%); 5. ahorro de energía (76%); 6. contribución al mejoramiento del medio ambiente (78%); 7. creación de empleos (74%); 8. exportaciones (62%); 9. sustitución de importaciones (46%); 10. disminución de costos (96%); 11. mejoría de

la calidad (96%); 12. prestigio de la empresa (82%); 13. contribución a la generación de innovaciones (96%); 14. contribución a la generación de nuevas ideas (100%); 15. contribución a la generación de nuevas empresas u organizaciones (80%); 16. incremento en la competitividad de la empresa (86%); 17. logro de objetivos estratégicos de la empresa (86%); 18. mejoramiento de la calidad y el clima laboral u organizacional (64%); 19. impacto en la formación de recursos humanos de la empresa (60%); y 20. "otros" (16%).

2.3. EVALUACIÓN DE PRODUCTOS (RENDIMIENTOS Y ATRIBUTOS)

Para la evaluación de productos por sus rendimientos se seleccionaron tres indicadores: superficie construida, costo directo por metro cuadrado y tiempo empleado en la construcción de la vivienda (figuras 2 y 3). La muestra de 31 empresas reveló que 23% ofrece menos de 43 metros cuadrados de construcción (por debajo de las disposiciones reglamentarias), 32% entre 43 y 60 metros cuadrados, 26% de 60 a 70 metros cuadrados y 19% más de 70 metros cuadrados.

Dos terceras partes, entonces, ofrecen soluciones de vivienda cuya superficie es de 43 a 70 metros cuadrados; el resto, 42% (23% + 19%), o son demasiado pequeñas o demasiado grandes para los estándares reglamentarios o comerciales de la vivienda de interés social. No obstante, las menores de 43 m² podrían estar cubriendo el submercado de casetas, cuartos aislados y pies de casa; mientras las mayores de 70 m², que no por más grandes son más eficientes, podrían estar ofertándose en el submercado de clase media que así resuelve sus necesidades, no de la casa familiar, sino de las ampliaciones que le siguen a la versión original de ésta, conforme lo demanda el crecimiento de la familia.

El costo directo por metro cuadrado guarda proporción con el tamaño de las viviendas propuestas, ya que prácticamente todas (90%) están por debajo de los 650 pesos, lo que costaba

¹⁶ La tendencia a consolidar la propiedad intelectual del sector vivienda, sin embargo, puede estar sobrestimada. A juicio del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial [IMPI, 2001], por ejemplo, aunque entre 1990 y el 2000 el número de solicitudes para registrar patentes en general pasó de 5 mil a 13 mil anuales (predominantemente en artículos de uso y consumo, técnicas industriales, química y metalurgia, mecánica e iluminación); la mayoría son inventos cuyos titulares son extranjeros, en contraste con los titulares mexicanos que en 1991 tramitaron 564 patentes y apenas 455 en el 2000. De acuerdo con la UNAM al año se solicita el registro de 500 inventos nuevos, aunque en el mismo periodo son desarrollados alrededor de 5 mil innovaciones tecnológicas que no se protegen [Santiago, 1981]. Está, además, la piratería. La siguiente es la opinión de Pablo Sosa, inventor de un baño de vapor portátil, quien explica por qué en México se registra apenas uno de cada diez inventos: "Yo tengo 35 inventos y sólo he registrado cuatro porque la piratería me ha quitado el 80% de mis pedidos".

en 1994 el metro cuadrado en la tecnología convencional, cuando la paridad indicaba 5.32 pesos por dólar (en 2000, con tipo de cambio flotando alrededor de 10 pesos por dólar, el costo promedio era cuatro veces mayor), lo que les permite ofrecer mayor superficie construida. En el tiempo de ejecución la situación es parecida: sólo un 3% requiere más de 13 semanas que ocupa regularmente la tecnología convencional. En efecto, del 97% restante, 65% dice necesitar menos de cuatro semanas, 22% de cuatro a ocho semanas y 10% de ocho a 14 semanas. Así, la tendencia a diferenciar los mercados por el tamaño de la vivienda se ve reforzada por las tendencias a disminuir el costo y los tiempos de ejecución.

Por otra parte, para la evaluación de productos según sus atributos, fueron seleccionados dos conceptos: adaptabilidad de las propuestas y naturaleza técnica de sus procedimientos constructivos. Los proyectos dicen adaptarse de una u otra manera a los reglamentos de construcción, a todas las clases de climas y a todos los tipos de suelo. También a diversas soluciones arquitectónicas. Un 12% afirma adaptar únicamente materiales regionales en sus propuestas, 10% dice lo mismo pero con materiales industrializados y un 78% con ambos. Por el tipo de tecnología empleado, la vivienda es 6% convencional, 32% industrializada en sitio, 36% semindustrializada o mixta y 26% industrializada en planta (fábrica).

2.4. EVALUACIÓN DE PROCESOS (USO EFICIENTE DE LOS RECURSOS)

Cinco indicadores fueron utilizados para evaluar la eficiencia en el uso de los recursos de los 31 trabajos finalistas. Uno de ellos referido al capital (maquinaria y equipo), otro con respecto a la mano de obra (jornadas aplicadas en la edificación de la vivienda) y tres referidos a algunas materias primas básicas (cemento gris, acero y agua).

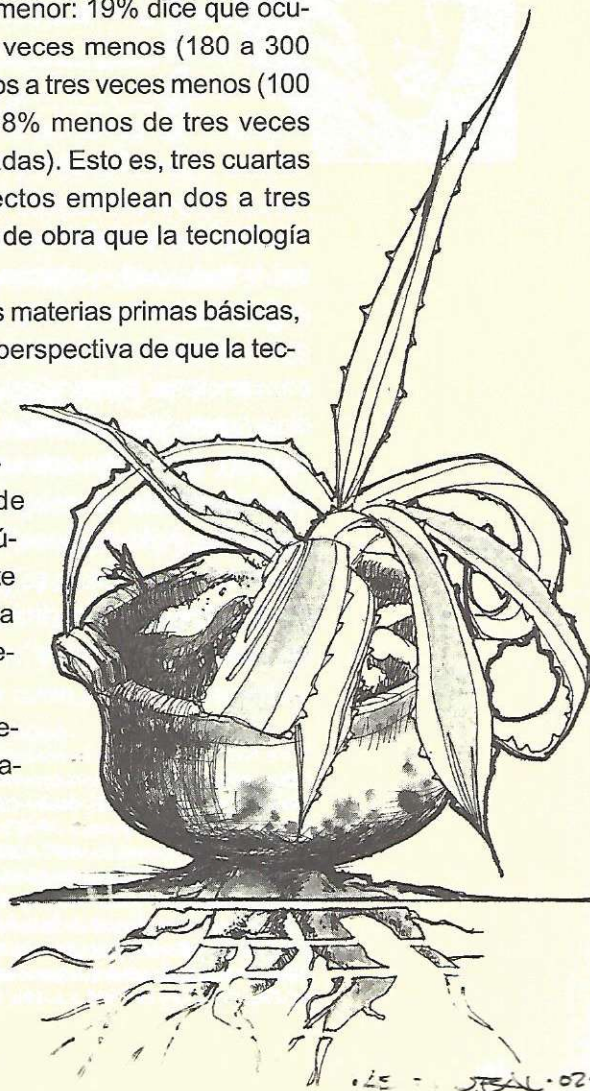
Los concursantes informan que todos utilizan la maquinaria y equipo presumiblemente con características tecnológicas diversas. Un 32%

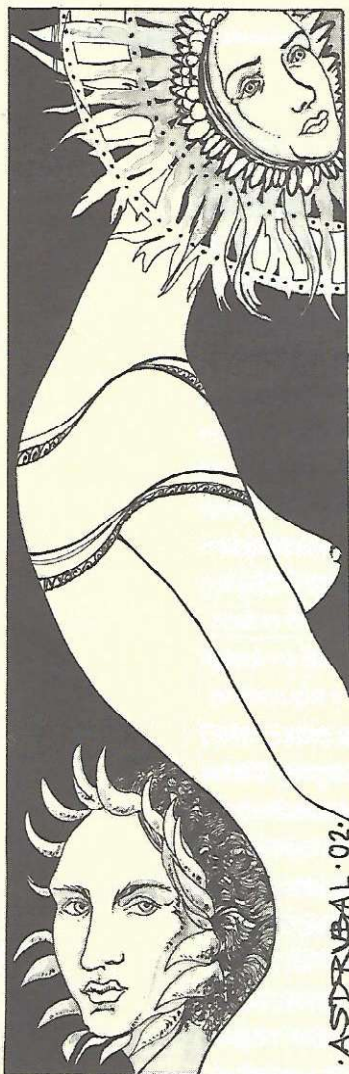
dice hacerlo menos de ocho horas y otro 32% entre ocho y 17 horas; el resto los requiere de 17 a 100 horas (26%) y más de 100 horas (10%). Dos terceras partes de las propuestas resultan menos mecanizadas que la tecnología convencional cuyo tiempo promedio es de 16 horas; mientras el resto requiere maquinaria y equipo de una a seis veces (26%) y hasta más.

Luego, se confirma una tendencia observada en la evaluación de las categorías A y B por separado: dos terceras partes orientan sus innovaciones hacia tecnologías de baja intensidad en el uso de maquinaria y equipo, mientras una tercera parte hace lo contrario. Esa baja intensidad en el uso de maquinaria y equipo no se corresponde con un incremento proporcional en la mano de obra, de modo que superara las 300 jornadas de trabajo que ocupa la tecnología convencional. De hecho sólo un 10% afirma requerir más de esa cifra; el resto es considerablemente menor: 19% dice que ocuparía de una a dos veces menos (180 a 300 jornadas), 23% de dos a tres veces menos (100 a 180 jornadas) y 48% menos de tres veces (menos de 100 jornadas). Esto es, tres cuartas partes de los proyectos emplean dos a tres veces menos mano de obra que la tecnología convencional.

Con relación a las materias primas básicas, si se parte desde la perspectiva de que la tecnología convencional emplea 10.54 toneladas de cemento gris, 623 kilos de acero y 25 metros cúbicos de agua durante la construcción, la muestra de 31 empresas indica que:

- 26% emplea menos de cuatro toneladas de cemento gris;
- 45% entre cuatro y seis toneladas,
- 22% de seis a 12;
- y 7% más de 12;
- es decir, únicamente





te 7% emplea más cemento que la tecnología convencional; el resto, 93% lo hace entre una y tres veces menos.

- 19% utiliza menos de 300 kilos de acero, 19% entre 300 y 500 kilos, 48% de 500 a 1500 kilos y 14% más de 1500. Puede decirse que una mitad claramente requiere menos acero que el empleado por la tecnología convencional, mientras la otra lo usa de una a dos veces y media más.

- 71% utiliza menos de 10 metros cúbicos de agua durante la construcción, 16% entre 10 y 20 m³ y 13% más de 20. Todos afirman requerir menos que la tecnología convencional, y específicamente un 87% dice emplear sólo la mitad.

2.5. PRODUCTIVIDAD

Con la información disponible no fue posible aplicar los coeficientes usuales para medir la productividad del trabajo (valor agregado/personal ocupado). Convencionalmente fue establecido el siguiente método: i. medir frente a la tecnología convencional los rendimientos a través de indicadores seleccionados (incluidos en la encuesta); y ii. combinarlos entre sí para obtener una relación semejante al coeficiente *capital/ producto*. Ante la imposibilidad de medirlo en términos monetarios, el coeficiente fue construido a través de participaciones porcentuales donde el "capital" es la maquinaria y

equipo, la mano de obra, el cemento gris, el acero y el agua utilizados durante la construcción de la vivienda; y el "producto" es la superficie construida, el costo por metro cuadrado y el tiempo de ejecución. El porcentaje obtenido indica cuánto más elevada es la productividad de los proyectos innovadores respecto a la tecnología convencional. Y, en tanto coeficiente, qué tanto dicha productividad se vería reducida por un aumento marginal en los rendimientos de la tecnología convencional.

Los resultados muestran que la productividad conjunta alcanzada por ambas categorías es 62% superior a la tecnología convencional, cifra no despreciable en términos de viviendas, ni tampoco en insumos, pues si se le extrapola al tamaño que alcanza la producción de vivienda en México, significa que con los mismos insumos requeridos ahora para producir en un año digamos 100 mil viviendas podrían hacerse 162 mil en menos tiempo.

El caso, sin embargo, es que la productividad en la tecnología convencional es baja por ineficiente, dominada por inercias, y que por tanto es factible de mejorarse introduciendo medidas no muy radicales para elevar su productividad, sin incurrir necesariamente en los costos del cambio tecnológico¹⁷.

Visto así, cualquier incremento de la productividad ofrecida por las innovaciones tecnológicas es posible compensarlo en la tecnología convencional antes de derivar en una ventaja comparativa adversa que obligue a invertir en nuevos activos fijos o incluso salir del mercado. Pero eso no necesariamente es negativo, de hecho en eso consiste también el desarrollo tecnológico: en propiciar la competitividad del sector entre opciones tecnológicas diversas, incluido el reciclamiento de tecnologías existentes, y no únicamente en estimular la producción de nuevos procedimientos y materiales que sustituyan a los anteriores en ocasiones sólo por moda o presión del mercado.

¹⁷ En términos generales la productividad de la industria de la construcción mexicana se sitúa entre 60% y 70% de la productividad media industrial del país [Connolly, 1988]. Su evolución, además, es más lenta; por ejemplo, entre 1950 y 1978 la productividad de la economía nacional pasó de 100.0 a 250.8, en tanto la productividad de la construcción fue de 100.0 a 184.4. [SPP, 1981]. Pero igual ocurre en los países desarrollados, donde, por ejemplo en Gran Bretaña, es de 72.3% respecto al total de la industria manufacturera [Briscoe, 1992]. En Estados Unidos la situación es similar, aunque comparada con la Gran Bretaña es notoriamente superior: en 1980, por ejemplo, GB=100, EU=170; y en 1986, GB=100, EU=151. [Briscoe, *op.cit.*]

2.6. EVALUACIÓN SOCIAL

La dificultad de abordar las dimensiones social y cultural de las tecnologías a partir de la información proporcionada en un concurso se libró indirectamente a través de dos indicadores: las características socioeconómicas de los destinatarios potenciales de los proyectos (en número de veces el salario mínimo), y el grado de participación social en el proceso constructivo (estimado en porcentajes). El primer indicador señala que 64% de los proyectos están dirigidos a la población que percibe entre uno y tres veces el salario mínimo, 32% los que reciben entre tres y seis y 4% de seis a diez. Por su parte, el grado de participación social muestra que el 16% de las propuestas incorpora a los usuarios entre 0 y 25%, 22% lo hace de 25% a 50%, 32% entre 50% y 75% y 30% de 75% a 100%.

2.7. INTEGRACIÓN TECNOLÓGICA DEL SECTOR¹⁸

La integración tecnológica califica las innovaciones por su grado de integración técnica y de mercado. Cuanta menos integración presentan en uno u otro sentido, las tecnologías resultan más limitadas, a pesar de que en lo específico estén bien resueltas. Del total de proyectos innovadores, 58% dicen ofrecer tecnologías abiertas, 4% cerradas y 34% mixtas. Un 4% no contestó. Por otra parte, un 92% es de procedencia nacional, 4% extranjera y 4% no especificada. En tanto que un 95% afirma que la disponibilidad de sus partes en el mercado es abundante; es así en la estructura (cimientos, muros, techos), instalaciones (hidráulica, sanitaria, eléctrica), muebles y accesorios de baño y cocina, componentes (herrajería, carpintería, cancelaría) y acabados.

Estas cifras, sin embargo, no permiten afirmar que las innovaciones forman parte de un proceso de integración tecnológica; más bien se concluye que el desarrollo tecnológico de la vivienda en México repara poco en la integración. Por el contrario, al parecer, lo que motiva a los productores de tecnologías es la diferen-

ciación completa de sus propuestas respecto a lo existente, a veces injustificadamente, al grado de perseguir la singularidad por sí misma, sin tomar en cuenta otros factores. Incluso al interior de sus propios proyectos, se advierte esto. La dispersión es la característica dominante.

3. BRECHA TECNOLÓGICA

Al definir Aboites (1992) la brecha tecnológica como la diferencia entre la frontera tecnológica de una industria y el estado que guarda la tecnología en un país particular, aclara que es extremadamente complicado delimitar con certeza el estado último de la tecnología en una rama o sector industrial y que por lo mismo es difícil tener una idea adecuada del rezago tecnológico. Con todo, es posible aproximarse a través de comparaciones más o menos consistentes, por ejemplo mediante encuestas como la empleada por Aboites que —no obstante las dificultades metodológicas— permitieron conocer el rezago tecnológico de la industria mexicana embotelladora de refrescos con respecto a su similar en Estados Unidos. Luego, acorde con la teoría evolucionista, la innovación tecnológica crea brechas de tecnología y es una fuente fundamental de ventajas absolutas entre países; mientras que la difusión de tecnología actúa en el sentido opuesto, cerrando las brechas tecnológicas [Lagos, 1999].

En ese tenor, ¿qué tanto se separan los proyectos innovadores de vivienda de los convencionales? En el siguiente apartado es empleado un método comparativo para conocer la brecha tecnológica que crean los proyectos innovadores de vivienda respecto a la vivienda convencional, y se reflexiona acerca de las tendencias de corto plazo enmarcadas por los ciclos económicos.

¹⁸ La integración tecnológica en un concepto complejo que se refiere a la "universalidad constructiva" de las innovaciones tecnológicas en el sentido de si son "abiertas", "cerradas" o mixtas; y a las características de coordinación modular en cuanto a compatibilidad en dimensiones, funcionalidad, etcétera, con los sistemas constructivos existentes lo mismo nuevos que convencionales. También se refiere a la disponibilidad de sus partes integrantes en el mercado y al origen (nacional, extranjero) de las mismas. [SEDESOL/UAM-X 1993, *op.cit.*]

3.1 LOS PROYECTOS INNOVADORES FRENTE A LA VIVIENDA CONVENCIONAL

Una forma de estimar la brecha entre proyectos innovadores y convencionales es comparando sus principales atributos. En 1993 se compararon uno a uno los proyectos innovadores frente a un prototipo convencional proporcionado por INFONAVIT¹⁹, como parte de la evaluación del I Concurso Nacional de Tecnologías para la Vivienda de Interés Social que junto con otros insumos fue utilizada por el jurado para elegir a los ganadores²⁰.

Fueron comparados los proyectos frente a otro de vivienda unifamiliar construido con tecnología convencional (mampostería en la cimentación, tabique de barro rojo en los muros y losa

plana de concreto armado en el techo). Se utilizó un prototipo de Infonavit estudiado a detalle por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología [*Explosión de insumos e impacto macroeconómico de la vivienda en la industria de la construcción, 1992*]. El cuadro 1 muestra los coeficientes técnicos respectivos.

Una forma práctica de mostrar las llamadas *ventajas absolutas* ofrecidas por los proyectos innovadores frente a la tecnología convencional es por medio de gráficas ("Círculo de valores"), que entre otras cosas permite ver como el comportamiento de un indicador está relacionado con otro y viceversa. El círculo contiene 11 radios o vectores (uno por cada indicador²¹) y dos círculos concéntricos. El primero con los valores de la tecnología convencional (señala-

CUADRO 1
COEFICIENTES TÉCNICOS DE UN PROTOTIPO DE VIVIENDA CONVENCIONAL

1. Costo directo de la construcción	N\$ 35,943.60*
2. Superficie construida	52.87 m ²
3. Tiempo de ejecución	13 semanas
4. Características socioeconómicas de los destinatarios potenciales	3 v.s.m.
5. Costo directo por metro cuadrado	N\$ 650
6. Jornadas aplicadas en la construcción	301.6
7. Uso de maquinaria y equipo	16.24 hrs.
8. Agua utilizada en la construcción	25.65 m ³
9. Energía eléctrica utilizada en la construcción	1,200 kw
10. Participación de los usuarios en el proceso constructivo	25 %
11. Mantenimiento anual	10 %

* En 1992 la unidad monetaria del país era el nuevo peso (N\$) al que se le restaron tres ceros en 1993. La cantidad anotada en el cuadro (casi 36 mil nuevos pesos) equivale a 2,530 veces el salario mínimo que entonces se situaba alrededor de 14.2 nuevos pesos; y representa la mitad del costo de referencia de la vivienda de interés social "cuyo valor al término de su edificación no excede la suma que resulta de multiplicar por quince el salario mínimo general elevado al año [D.O.F., 1996]. Es así, porque el costo directo aquí anotado no incluye suelo, indirectos ni utilidades.

Fuente: Elaboración propia con base en SEDUE, 1992, *Explosión de insumos e impacto macroeconómico de la vivienda en la industria de la construcción*. Dirección General de Normas e Insumos de Vivienda, Dirección de Insumos para la Construcción.

¹⁹ Instituto Nacional del Fondo de Vivienda para los Trabajadores.

²⁰ Los principales productos generados por el I Concurso Nacional de Tecnologías para la Vivienda de Interés Social fueron: un directorio actualizado de empresas e innovaciones tecnológicas, un catálogo nacional de tecnologías existentes en el país (inventario de proyectos), un paquete metodológico de documentos básicos y un catálogo que reúne los resultados del Concurso. Los tres primeros forman parte del informe entregado por el grupo de investigadores de la UAM-X (1993), el cuarto es un libro publicado en 1993 por la Sedesol.

²¹ Indicadores empleados (ver cuadro 1): 1. costo directo de la construcción (miles de pesos y número de veces el salario mínimo),

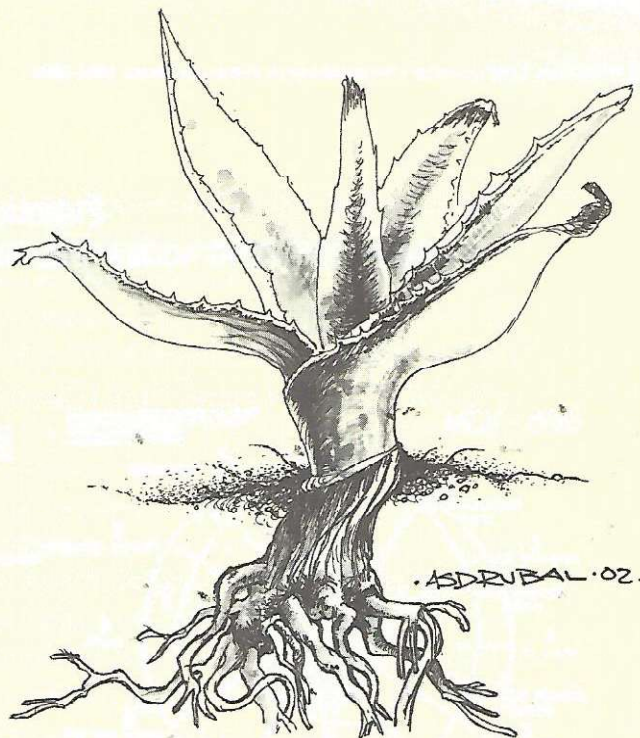
2. superficie construida (metros cuadrados), 3. costo por metro cuadrado, 4. tiempo de ejecución (número de semanas), 5. jornadas aplicadas en la construcción (número), 6. uso de maquinaria y equipo (horas), 7. agua utilizada en la construcción (metros cúbicos), 8. energía eléctrica utilizada en la construcción (kilowatts), 9. características socioeconómicas de los destinatarios potenciales (número de veces el salario mínimo), 10. participación de los usuarios en el proceso constructivo (%) y 11. mantenimiento anual respecto al valor total de la vivienda (%). Dos indicadores complementarios fueron: cantidad de cemento empleado en la construcción (toneladas) y cantidad de acero empleado en la construcción (toneladas).

dos en el cuadro 1) y el segundo con valores al doble de cantidad que ésta y por ello claramente ineficientes. Luego, la tecnología convencional es un círculo concéntrico a la mitad de todos los vectores, que a su vez señala el límite del campo óptimo.

Así, cualquier indicador será mejor o peor que el de la tecnología convencional, si está dentro o fuera del "campo óptimo"; por ello la escala de algunos indicadores es de más a menos a partir del centro (cuando el valor máximo es lo óptimo, por ejemplo la superficie construida), en tanto que otros es de menos a más (cuando el valor mínimo es lo óptimo, por ejemplo el costo). En otros términos: todo lo que se localiza entre el centro y el círculo de la tecnología convencional (círculo intermedio) equivale a las *ventajas absolutas* producidas por los proyectos innovadores; por tanto, todo lo que está entre este círculo intermedio y el círculo exterior equivale a las *desventajas absolutas* de los proyectos innovadores frente a la tecnología convencional. El procedimiento consiste en dibujar sobre los círculos los vectores de la tecnología que se desea evaluar. El resultado es un *perfil de las innovaciones* frente a la tecnología convencional. Ver figuras 2 y 3.

Para este apartado se eligieron los cinco proyectos ganadores del Concurso en cada categoría (vivienda preindustrializada y vivienda industrializada). La idea es mostrar el perfil tecnológico de los proyectos que un jurado altamente calificado consideró mejores, es decir, los que a su juicio encabezan las nuevas trayectorias tecnológicas de la vivienda en el país, si bien, como es de suponer en certámenes de este tipo, muchos otros proyectos participantes pudieran ser igual o más representativos.

Como se verá en los siguientes apartados, el perfil tecnológico de la vivienda preindustrializada es claramente disperso, contrastante, dejando ver su naturaleza exploratoria prácticamente hacia todas las direcciones posibles. En cambio, el perfil de la vivienda industrializada (con excepción de un proyecto) es más consistente, dejando ver una ruta más clara hacia la optimización integral.



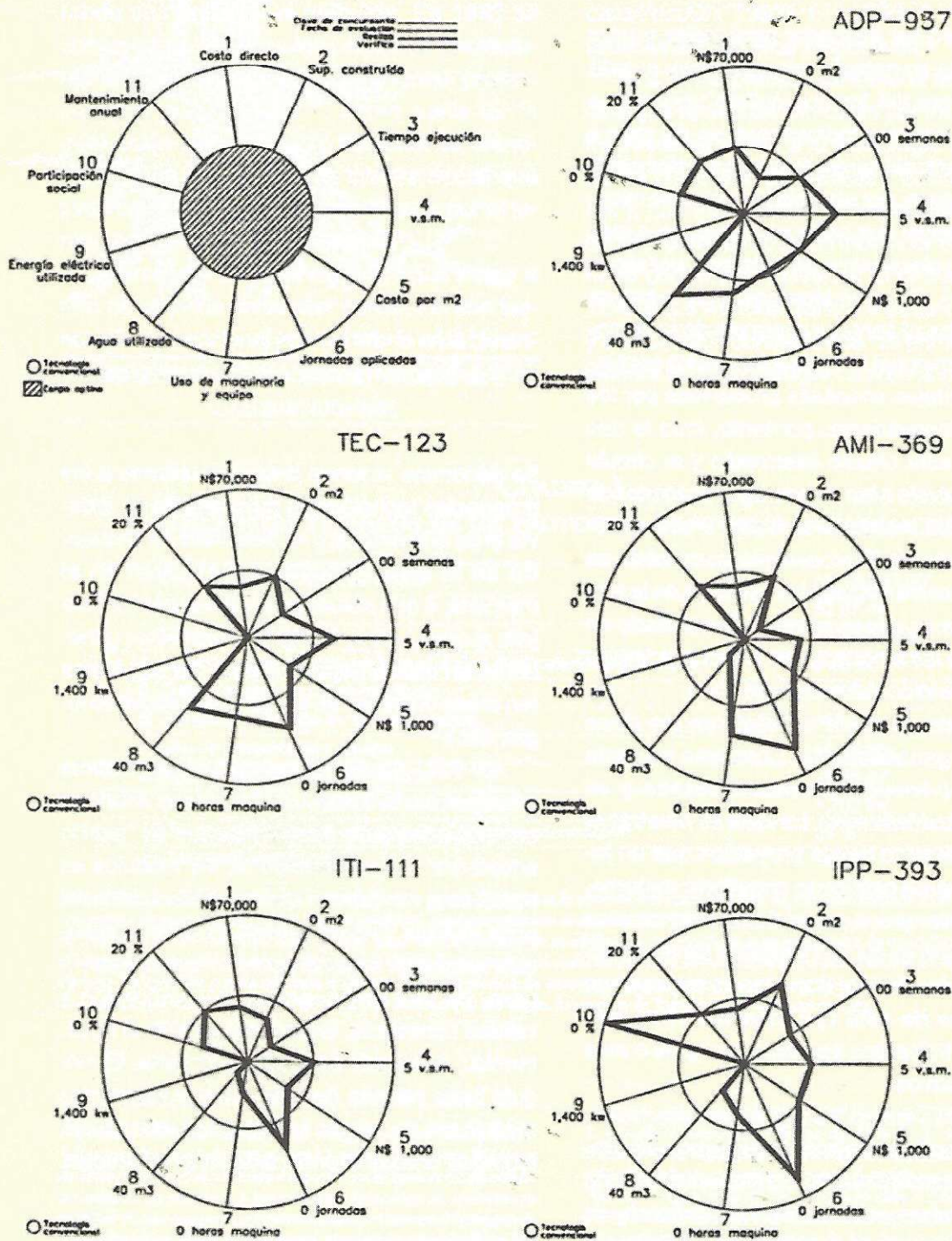
3.2. BRECHA TECNOLÓGICA EN LA VIVIENDA PREINDUSTRIALIZADA

Se denomina *vivienda preindustrializada* a las propuestas tecnológicas cuyo ámbito es todavía el de la invención y su desarrollo se encuentra en la fase inicial de penetración en el mercado, o que aún no ha tenido acceso a éste [cifr. SEDESOL/UAM-X, 1994]. Los proyectos ganadores en esta categoría fueron los siguientes (en orden decreciente: primer lugar, segundo lugar, etc.).²²

ADP-937.- Sistema constructivo cuyo insumo principal es la tierra con la que se fabrican componentes para muros y techos de "ladrillo adopedra". La producción de los módulos es mecánica, no quema combustible, consume poca energía y no contamina. El ladrillo producido resulta un material económico, modular, ligero, de alta resistencia a la compresión y calidad controlada, totalmente estable al agua, térmico, adecuado para cualquier clima. El módulo base permite generar nuevos elementos modulares de mayor complejidad estructural, logrando una coherencia total en la edificación.

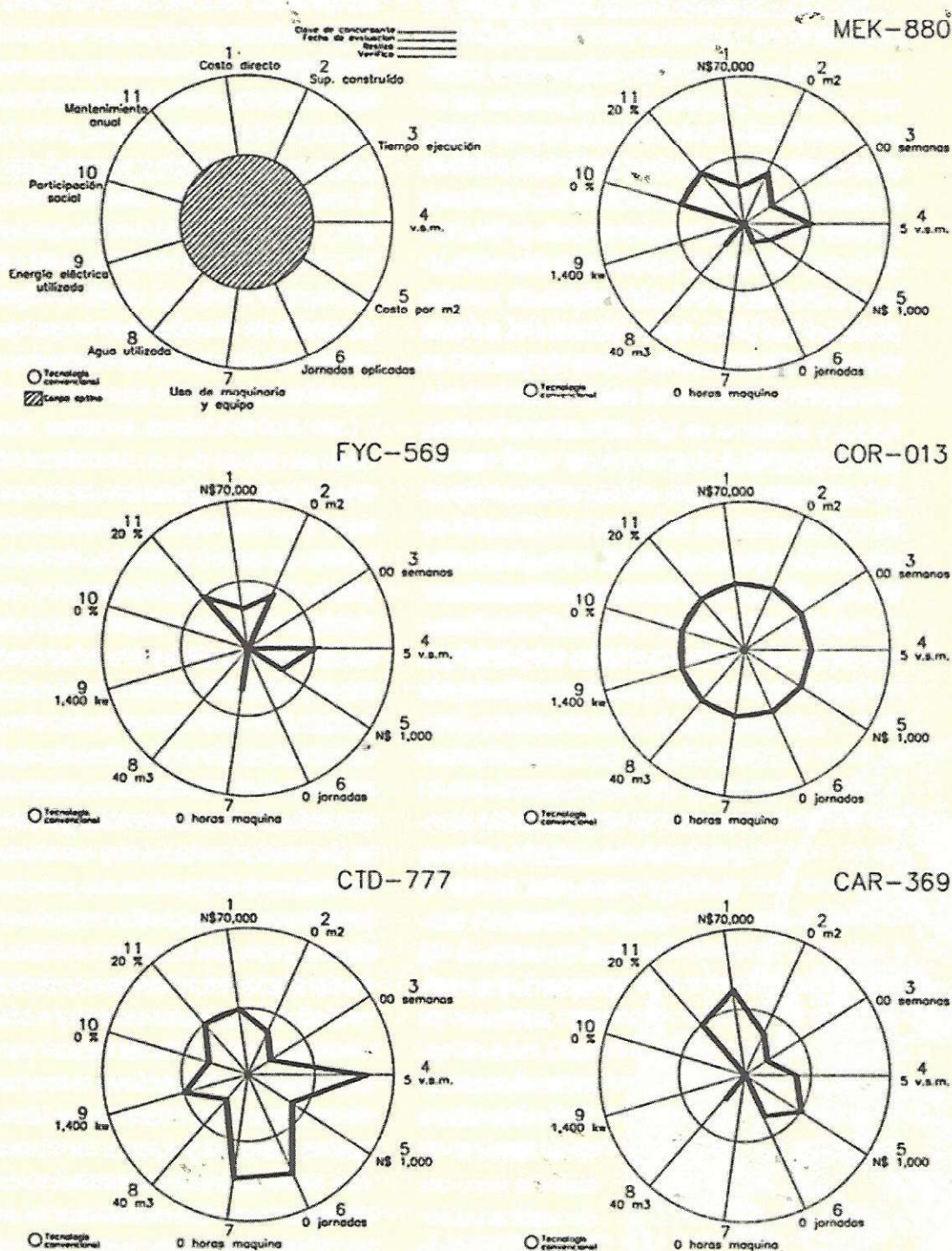
²² La descripción técnica de los proyectos es la publicada en el Catálogo del I Concurso Nacional de Tecnologías para la Vivienda de Interés Social (SEDESOL, 1993). Las siglas de cada proyecto (ADP-937, TEC-123, etc.) es la clave de identificación con la que se mantuvo el anonimato hasta la apertura de sobres luego de seleccionados los ganadores.

FIGURA 2
PERFILES TECNOLÓGICOS DE LA VIVIENDA PREINDUSTRIALIZADA



Fuente: Mercada, 1994, 2000.

FIGURA 3
PERFILES TECNOLÓGICOS DE LA VIVIENDA INDUSTRIALIZADA



Fuente: Mercado, 1994, 2000.

Es aplicable tanto en el medio rural como en el urbano, posibilitando la construcción de edificaciones con carga vertical hasta de cuatro niveles. El sistema constructivo es susceptible de emplearse en programas de autoconstrucción de vivienda.

TEC-123.- Sistema constructivo a base de block 25 cm x 12.5 cm x 9 cm, elaborado con material de recuperación de desperdicios plásticos del tipo de polietileno, por el proceso de inyección a presión en moldes de alta producción, especialmente diseñados para la utilización de materiales reciclados. El módulo se ensambla a presión para formar muros o losas y, una vez armados, se colocan las instalaciones hidráulicas y eléctricas, para recibir el repellado. La composición del block es de polietileno de alta densidad reprocesado de tipo 60120 y 65050 en su mayoría, con aditivo de estearato de zinc, para fluidez y antífuma de tipo clorado. Los paneles son de poliestireno expandido al vapor reciclado con antífuma de tipo clorado. El sistema puede combinarse con sistemas tradicionales de construcción y además facilita la integración con todo tipo de instalaciones eléctrica e hidráulicas.

AMI-369.- El sistema "MODU-CEL" es un sistema constructivo mixto fabricado en planta que permite determinar de una manera rápida

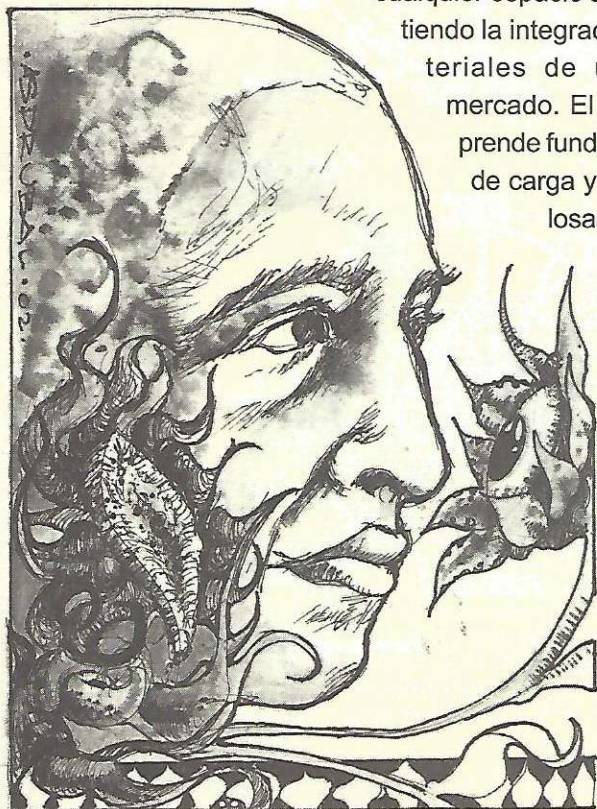
cualquier espacio arquitectónico, admitiendo la integración de diversos materiales de uso común en el mercado. El sistema en sí comprende fundamentalmente muros de carga y divisorios, así como losas de entepiso y azotea en su caso. El

desplante y anclaje del sistema se hace sobre cimentaciones tradicionales sobre todo terreno. El sistema MODU-CEL consiste en el ensamble y armado de tableros estructurales tanto para muros como

para techos, suministrados a la medida requerida en obra. Se complementa el sistema con el ensamble en los claros modulares de muros, con block de concreto comprimido. Para las losas se usan placas-plafón de concreto ligero comprimido como cimbra perdida y acabado, aligeradores de poliestireno o similar, malla electrosoldada de refuerzo y concreto $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$. El sistema está fabricado con acero en varillas A.R., cemento, arena, grava, bloques de concreto comprimido y aligeradores de poliestireno (se puede usar casetones de concreto ligero, etc.). Los tableros modulares para muros tienen una retícula modular de 60 x 60 cm, con un espesor de 8 cm. Llevan integrados en la parte inferior el armado de acero, que forma la cadena de desplante, así como el armado para castillos en uno de sus extremos.

ITI-111.- El sistema modular TECNOKIN es a base de células de construcción en seco a partir de piezas prefabricadas de concreto presforzado y reforzado para la construcción en forma abierta de muros y losas. La fabricación de las piezas básicas es con el proceso de extrusión. También algunas de las piezas complementarias se fabrican extruídas; el resto se cuelan en moldes especiales. Todas las piezas son de concreto armado $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ y se envía la totalidad de las piezas en un solo flete con peso total de 42 toneladas. Las maniobras de descarga y estiba se realizan con montacargas, lo que permite un proceso acelerado y de alta producción. Este sistema resuelve muros y losas totalmente prefabricadas, compatible indistintamente consigo mismo o con cualquier otro sistema, ya sea tradicional, semiprefabricado o prefabricado; es decir, este sistema es abierto y mixto.

IPP-393.- El "Sistema Modal" permite la fabricación industrializada de viviendas en el mismo sitio de obra, utilizando moldes o cimbras que se colapsan y rigidizan en forma mecánica con sistemas electro-hidráulicos, dando como resultado viviendas monolíticas de una sola pieza. El sistema puede producir plantas dimensionadas hasta de 15 metros x 9 metros en claros sin soportes; usa refuerzos con acero convencional así como muros y losas tradicio-



nales. Las alturas de piso a techo son hasta de 3 metros. Los moldes son reutilizables a fin de efectuar varios colados. Para la utilización de este sistema se requiere contar con área apropiada para la instalación de la fábrica en obra. Este sistema constructivo provee; equipo para el colado de concreto, cobertizo móvil para proteger las operaciones del colado, equipos para transporte de módulos terminados y asistencia técnica, así como entrenamiento del personal.

PERFIL TECNOLÓGICO DE LA VIVIENDA PREINDUSTRIALIZADA (CASOS SELECCIONADOS)

Como muestra la figura 2, el perfil tecnológico de la vivienda preindustrializada es claramente disperso, dejando ver su naturaleza exploratoria prácticamente hacia todas las modalidades (tierra, block, paneles, prefabricados, etc.) y todos los indicadores.

Vistos por separado, se observa que los proyectos innovadores dirigen su atención hacia determinados indicadores, obteniendo mejores rendimientos que la tecnología convencional y por ello dan lugar a importantes ventajas absolutas; aunque desatienden otros indicadores, al grado de que resultan claramente inferiores a los que ofrece la tecnología convencional, crean desventajas absolutas. En otros, el rendimiento es exactamente el mismo al de referencia. La brecha, entonces, si no errática es muy elástica (las ventajas son anuladas por las desventajas). A los posibles usuarios, por tanto, aún bajo el supuesto que tienen frente a sí todo el abanico de posibilidades (cuestión que no es así, pues muchas de este tipo de innovaciones no han penetrado suficientemente en el mercado), se les dificulta la selección de tecnologías pues ninguna resulta mejor en todas sus partes que la tecnología convencional. Como sea, la figura 2 indica que la tecnología convencional es posible mejorarla en prácticamente todas sus componentes.

Por otro lado, lo que se aprecia en conjunto es que los proyectos innovadores conforman una alternativa muy sólida si se combinaran entre sí, pues lo que le falta a unos proyectos lo tienen los otros y viceversa. Es fácil compro-

barlo si se sobreponen las gráficas, aunque seguramente hay profundas incompatibilidades muy difíciles de salvar. Sobre las posibilidades y características de una *opción híbrida* volveremos más adelante en el apartado 5.2.

3.3. BRECHA TECNOLÓGICA EN LA VIVIENDA INDUSTRIALIZADA

Se denomina *vivienda industrializada* a las propuestas tecnológicas cuyo ámbito es ya la innovación propiamente dicha y la difusión respectiva, que cuenta con presencia clara en el mercado cuando menos los últimos cinco años y su producción tiene lugar en escala masiva [cfr. SEDESOL/UAM-X, 1994]. Los proyectos ganadores en esta otra categoría fueron los siguientes (en orden decreciente: primer lugar, segundo lugar, etc.).²³

MEK-880.- "MEKI" consta de 5 elementos constructivos: cimentación, castillos, cerramientos, muros y losas que todos en conjunto forman una barda, un edificio o una casa. Estos elementos están elaborados a base de concreto con fibras de polipropileno. Dichos muros son prefabricados en sitio con concreto premezclado o hecho en el lugar, cuyas dimensiones son de 8 cm de espesor y 84 cm de ancho y altura variable según sus características de suelo ya que se puede empotrar para dar más rigidez al conjunto en general. Los muros constan de una media caña de aproximadamente 5 cm de espesor en todo el perímetro, la cual sirve para que los castillos de concreto y el cerramiento de la losa queden perfectamente anclados y todo ello forme una sola unidad. Este sistema proporciona una economía de hasta 40% respecto a los sistemas convencionales; de igual manera la estructura de este sistema da una resistencia de hasta 18 veces más que cualquier losa de concreto común. La resistencia

²³ La descripción técnica de los proyectos es la publicada en el Catálogo del I Concurso Nacional de Tecnologías para la Vivienda de Interés Social (SEDESOL, 1993). Las siglas de cada proyecto (MEK-880, FYC-569, etc.) es la clave de identificación con la que se mantuvo el anonimato hasta la apertura de sobres luego de seleccionados los ganadores.

térmica es satisfactoria ya sea en ambientes cálidos o fríos variando de 6 grados centígrados hasta 10 grados centígrados a favor. Este sistema proporciona un buen comportamiento al ataque de la humedad, así como una gran resistencia al impacto.

FYC-569.- El sistema "FERROCRET" se puede utilizar también en la construcción de casas rurales bajo el sistema de construcción progresiva o en etapas. Consta de una estructura metálica que se rellena de concreto. La novedad más importante de este método es el uso de una cimbra metálica autoportante que se coloca sobre las trabes principales y no necesita para su fijación de puntales, andamios, cargadores, vigas madrina, clavos o alambre ya que sus apoyos son por gravedad. Los componentes de la estructura de acero son ligeros, constan de 8 columnas, 4 trabes de sección variable y 6 herramientas en lámina de alta resistencia. El peso de esta estructura básica es de 514 kilogramos; además, los componentes están modulados de acuerdo con las medidas estándar de los fabricantes de

acero, elimina 100% el desperdicio. La cimentación consta de zapatas aisladas. Los muros de carga son de concreto armado con mallalac de 6 x 6-10/10 de 10 cm de espesor. El entrepiso es de losa nervada de concreto reforzado. El peso de losa de 7 cm de espesor es de 150 kg/m².

COR-013.- El sistema "CORTINA" es un sistema de construcción *in-situ*, que ofrece gran resistencia sísmica basado en la prefabricación en obra de las losas y muros para el izaje y montaje de los elementos de la estructura, tanto de interiores como de fachada, permite claros cortos y losas delgadas, lo cual incide en la economía de la cimentación. El tiempo de construcción se reduce a la mitad del normal y repercute en la disminución de costos. El sistema se

aplica con mayor eficiencia en proyectos repetitivos para edificaciones de uno a ocho pisos, aplicable a vivienda, prisiones, escuelas, condominios, hoteles, etc. Un paquete de muros y losas puede estar formado de uno a ocho pisos y el área por piso abarcar de 50 m² a 600 m² dependiendo de las condiciones particulares del proyecto. El sistema "CORTINA" realiza el montaje de construcción con una estructura metálica modular empleando gatos hidráulicos controlados en forma central y automática. Para ello se realiza un análisis profundo de cada una de las etapas de operación del sistema y desarrollo del diseño de cada componente para disminuir el error humano en su colocación y operación.

CTD-777.- Sistema de construcción mediante paneles constituidos por un alma de poliestireno expandido, autoextinguible, aligerada con huecos que pueden llenarse de concreto armado, constituye castillos convencionales con mallas de acero colocadas en ambas caras y unidas entre sí mediante conectores también de acero, sobre las que se aplican una o varias capas de concreto lanzado (mortero) y acabados con revestimientos o pinturas convencionales. El sistema constituye una estructura monolítica de alta resistencia. Los paneles de diversos diseños y especificaciones, pueden ser utilizados para: cimentación, muros de carga, muros divisorios interiores, fachadas, losas de entrepiso y azotea. Cuando se trata de muros sometidos a solicitaciones mecánicas por constituir la estructura portante del edificio, la limitación del altura es de cinco plantas. Los componentes del sistema son: paneles para muros de 7, 12 y 26 cm de espesor, con anchos de 30, 60, 90, 120 y 240 cm. Las alturas varían de acuerdo al proyecto. Las losas para pisos y entrepisos de 18 cm de espesor y 60 cm de ancho; los largos son de acuerdo al proyecto. Debido a que el diseño y fabricación de los paneles es computarizada, los componentes están modulados para cualquier diseño arquitectónico y estructural, permite flexibilidad en proyectos y su integración con los sistemas tradicionales.

CAR-369.- Sistema constructivo industrializado el cual integra los muros con paneles de concreto aligerado con poliestireno. El producto "ROCAPANEL" tiene una gran resistencia mecánica a la compresión de 27.5 kg/cm², a la flexión de 9.4 kg/cm² y al cortante directo de 5.5 kg/cm²; adicionalmente, es un excelente aislante térmico con un factor de conductibilidad térmica de 12 cal/hrs/centígrados y aislante acústico de 52 decibe-



ASPRUBAL-02

les, proporciona un gran confort sónico. No absorbe humedad por ser fabricado con cemento portland, arena y perla de poliestireno expandido que proporciona un bajo peso volumétrico. Está fabricado con agregados inorgánicos que no producen hongos, bacterias, etc. No despiden malos olores y su resistencia química es equivalente a un concreto normal. Tiene gran resistencia a la intemperie, se puede almacenar al aire libre. El sistema constructivo "CARCI" tiene una gran resistencia sísmica ya que sus elementos son ligeros y flexibles.

PERFIL TECNOLÓGICO DE LA VIVIENDA INDUSTRIALIZADA (CASOS SELECCIONADOS)

La figura 3 muestra que, en la vivienda industrializada, el perfil tecnológico de los proyectos innovadores no es tan disperso como en la vivienda preindustrializada. Las tendencias son más consistentes, si bien hay variedad en las opciones (concreto premezclado, estructuras metálicas, prefabricados, paneles, etc.). Con excepción de unos pocos indicadores, en general todos ofrecen mejores rendimientos que la tecnología convencional. Aquí, a diferencia de la vivienda preindustrializada, la combinación (opción híbrida) entre proyectos innovadores es prácticamente imposible.

Un caso atípico —aunque significativo por tratarse de un sistema ampliamente comercia-

lizado— es el de COR-013, cuyo perfil industrial es exactamente el mismo que el de la vivienda construida con tecnología convencional, no obstante superarla es el resultado final. Uno a uno los indicadores del proyecto innovador son los mismos que los del proyecto convencional; la diferencia está en el producto final (mejor en el primero que en el segundo), aunque el mercado se inclina por lo contrario (abrumadora preferencia por el segundo). Podría decirse que se trata de una tecnología convencional industrializada. En los demás proyectos las innovaciones apuntan más hacia el cambio tecnológico propiamente dicho.

3.4. TENDENCIAS DE CORTO PLAZO ENMARCADAS POR LOS CICLOS ECONÓMICOS

A corto plazo los perfiles tecnológicos de la vivienda preindustrializada y la vivienda industrializada se modifican según el ciclo económico. Si, como fue el caso en México a finales de 1994 y 1995, el ciclo es de crisis, los perfiles tecnológicos mostrados en las figuras 2 y 3 tienden a desplazarse sobre los vectores más sensibles a los costos y elevado contenido de importación, hasta perder las ventajas iniciales respecto a la tecnología convencional. Si, por el contrario, como fue en México entre 1996 y 1998, el ciclo es de crecimiento acelerado, los perfiles tienden a acentuar las ventajas iniciales respecto a la tecnología convencional.



BIBLIOGRAFÍA

- Aboites A., Jaime. *Trayectorias tecnológicas en la manufactura. La industria embotelladora de refrescos en México*, México: Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, DCSH, Departamento de Producción Económica, 1992.
- _____. *Cambio institucional e innovación tecnológica*, México: UAM-Xochimilco, 1995.
- Aguilar, Alberto. 1999a. "Vivienda" en *Periódico Reforma/Negocios*, p.3-A, 27-julio-1999.
- _____. 1999b. "Vivienda" en *Periódico Reforma/Negocios*, p.3-A, 28-julio-1999.
- Annerstedt, Jan. "La medición de la ciencia, la tecnología y la innovación", en Salomon, Jean-Jacques, Francisco Sagasti y Céline Sachs (Comps.), *Una búsqueda incierta. Ciencia, tecnología y desarrollo*, México: Universidad de las Naciones Unidas, Centro de Investigación y Docencia Económicas y Fondo de Cultura Económica, 1996.
- Briscoe, Geoffrey. *The economics of the construction industry. Construction technology and management*, London: B.T. Batsford Ltd, in association with the Chartered Institute of Building, 1992 (reprinted).
- Bucio Mújica, Franco M. *Plan de Calidad de la Vivienda*, México: Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C. (ONNCCCE), ponencia presentada en el Foro de Consulta de Vivienda convocado en la ciudad de México por la Universidad Iberoamericana, la Secretaría de Desarrollo Social y el Instituto del Fondo Nacional de Vivienda para los Trabajadores, febrero 8 de 2001.
- Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. *Informe correspondiente al primer trimestre*; en *Reforma/Negocios*, p.5-A, 19 mayo 1999.
- CIHAC. *Catálogo CIHAC de la Construcción. El mercado de la construcción. Un perfil de su industria y servicios*, México: Centro Impulsor de la Construcción y la Habitación, A.C., 1995, 1996.
- Connolly, Priscilla. "La industria de la construcción y relaciones de trabajo en la producción habitacional en México", en Michel, M.A. (Coord.), *Procesos habitacionales en la ciudad de México*, México: SEDUE-Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, 1988.
- Corona Treviño, Leonel (Coord.). *Cien empresas innovadoras en México*, México: UNAM/Seminario Economía de la Tecnología y Grupo Editorial Miguel Ángel Porrúa/Las ciencias sociales, 1997.
- _____. "La teoría evolucionista en la economía de la tecnología", en Corona T. L. (Coord.), *Teorías económicas de la tecnología*, México: Ed.JUS/IPN-CIECAS, 1999.
- Dosi, Giovanni. *Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change*. North Holland: Research Policy II (1982) 147-162. Cit. Corona, 1999, op.cit., 1982.
- Dosi, Giovanni, Keith Pavitt y Luc Soete. *La economía del cambio tecnológico y el comercio internacional*, México: CONACYT-SECOFI, 1993.
- Fergus, O., con dibujos de Violet-Le-Duc y J.M. Narro. *La evolución de la vivienda humana*, 1954.
- Hualde, Alfredo. "Cambio tecnológico e innovación", en Jordi Micheli, (Comp.), *Tecnología y modernización económica*, México: UAM-Xochimilco, 1993.
- INEGI. Varios años, censos respectivos. México: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. "Muchos inventos pocas patentes" en *Periódico Reforma/Cultura*, p. 1-C, 15-enero-2001.
- INFONAVIT. "El Infonavit y organismos canadienses firman Carta de Intención para fortalecer la edificación de vivienda popular en México", en *Este País. Tendencias y Opiniones*, núm 98, mayo de 1999, p. 13, 1999.
- Katz, Jorge. "Tecnología, economía e industrialización tardía" en Salomon, Jean-Jacques, 1996.
- Francisco Sagasti y Céline Sachs (comps.). *Una búsqueda incierta. Ciencia, tecnología y desarrollo*, México: Universidad de las Naciones Unidas, Centro de Investigación y Docencia Económicas y Fondo de Cultura Económica.
- Lagos Chávez Irán. "La teoría evolucionista y el comercio internacional", en Corona T., L., coord., *Teorías económicas de la tecnología*, México: Ed.JUS/IPN-CIECAS, 1999.
- Lall, Sanjaya. "Las capacidades tecnológicas", en Salomon, Jean-Jacques, Francisco Sagasti y Céline Sachs (Comps.), *Una búsqueda incierta. Ciencia, tecnología y desarrollo*, México: Universidad de las Naciones Unidas, Centro de Investigación y Docencia Económicas y Fondo de Cultura Económica, 1996.
- Mercado M., Angel. *Teoría económica de las innovaciones tecnológicas. Tecnología y construcción de la vivienda en México*. UAM-Xochimilco/CSH, Doctorado en Ciencias Sociales, Serie Ensayos de Investigación DOC.CS.A.AMM 18/94-P., 1994.

- Mercado, Angel (Mexico), Steffanie Adams (Toronto, Canada) and G. E. Mercado (Houston, USA). *Technological trends in North American Housing*. Mexico, United States & Canada: R+D for Housing Technology, 1995.
- Mercado M., Angel. *Cien indicadores de la vivienda en México*, UAM-Xochimilco/CSH, Doctorado en Ciencias Sociales, Serie Ensayos de Investigación DOC.CS.AMM /2000-1.
- Mercado M., Angel (Coord.). *Memoria técnica del I concurso nacional de tecnologías para la vivienda de interés social en México*, 2 vols., México: SEDESOL/UAM-X, 1993.
- _____. *Fomento tecnológico de la vivienda de interés social en México*, 5 vols., México: SEDESOL/UAM-X, 1994.
- Mercado Quiñones, Alejandro. *Maquinaria, herramienta y equipo empleados en la industria de la construcción mexicana*, México: Instituto Tecnológico de la Construcción, documento de trabajo, 1996.
- Nelson y Winter. *An evolutionary theory of economic change*. Ed. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, y Londres, Inglaterra. Cit. Corona, 1999, op.cit., 1982.
- Ochoa Martínez, Raquel. "El legado de Fox. ¿Las cuentas claras...", en *Revista Obras*, enero 2001, año XXVIII, No. 337. México: Grupo Editorial Expansión, 2001.
- Pavvit, K. "Sectorial pattern of technical change: toward a taxonomy and theory", en *Research Policy*, No. 13, North Holland. Cit. Corona, 1999, op.cit., 1984.
- Pérez, C. "Technical change, competitive restructuring and institutional reform in developing countries", SSP Publications, Discussion paper No. 4, The World Bank, Washington, D.C. december (versión en español publicada por el Trimestre Económico, No. 233, Enero-Marzo, 1992, México, pp.23-64). Cit. Corona, 1999, op.cit., 1989.
- Ramírez, José Carlos. *Los efectos del TLCAN sobre comercio y la industria en México*, Centro de Investigación y Docencia Económicas, Documento de Trabajo Número 176, 1999.
- Reforma con datos de la CMIC. *Negocios*, p. 9-A, *Repunta la construcción*, 13-agosto-1999.
- Reforma/Infosel. *Negocios*, p. 12-A, 5° Informe de Gobierno/ Sectores, 30-agosto-1999.
- _____. *Negocios*, p. 1-A, *Fortalezas y rezagos*, 31 agosto 1999.
- Revista Obras, nov 1995, año XXIII, Vol. XXIII, No. 275, *Informe especial. Exportación e importación en la construcción*. México: Grupo Editorial Expansión.
- _____. oct 1998, año XXV Vol. 25, No. 310, *Informe especial. Exportación e importación en la construcción*. México: Grupo Editorial Expansión.
- Rubio, Luis. "El TLC: Sin lágrimas ni risas. Un diagnóstico sobre los resultados del TLC", en *Revista Nexos* 261, sep 1999, México, 1999.
- Santiago, Augusto. *Invenovación*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1981.
- SEDUE. *Explosión de insumos e impacto macroeconómico de la vivienda en la industria de la construcción*. México: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, Dirección General de Normas e Insumos de Vivienda, Dirección de Insumos para la Construcción, 1992.
- SEDESOL. *Catálogo del I concurso nacional de tecnologías para la vivienda de interés social*. México: Secretaría de Desarrollo Social, 1993.
- Sosa, Pablo. entrevista al periódico *Reforma/Cultura*, 15-enero-2001, p. 1C, 2001.
- United Nations. *Construction statistics yearbook, annuaire statistiques du bâtiment et des travaux publics*, New York, 1988.
- United Nations Centre for Human Settlements (Habitat). *Technology in human settlements: role of construction*; Nairobi: UNCHS, HS/262/91E, 1991.
- Ziccardi, Alicia. *Las obras públicas de la ciudad de México (1976-1982). Política urbana e industria de la construcción*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Sociales, 1991.



Revista iapem

Instituto de Administración Pública del Estado de México, A.C.
ISSN 0187-8484 No. 49 MAYO AGOSTO 2001

POLÍTICAS PÚBLICAS

- **Gestión Municipal**
- **Método de casos:**
herramienta de gestión pública
- **Política comercial**
y migración en América del Norte

Reportes del
XXV Congreso Internacional de Ciencias Administrativas
GOBIERNO Y ADMINISTRACIÓN PÚBLICA EN EL SIGLO XXI
(Atenas, Grecia, 9 al 13 de julio de 2001)

Coordinador del número: Mtro. Juan Miguel Morales Gómez