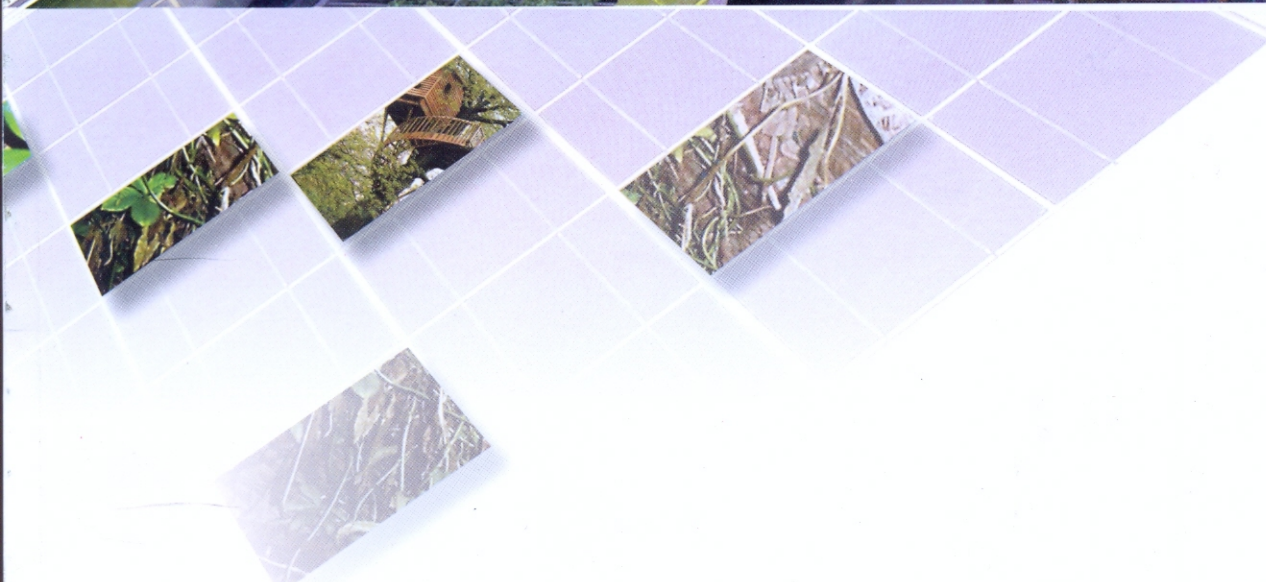


pp. 198402DC2604

ISSN: 0798-9601

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN

Publicación cuatrimestral



26 | I
2010

INSTITUTO DE DESARROLLO
EXPERIMENTAL DE LA
CONSTRUCCIÓN / IDEC
FACULTAD DE
ARQUITECTURA
Y URBANISMO
UNIVERSIDAD CENTRAL
DE VENEZUELA
DECANATO DE
INVESTIGACIÓN
UNIVERSIDAD NACIONAL
EXPERIMENTAL DEL TÁCHIRA

Industrializar sin prejuicios

Tres experiencias en el ámbito de la construcción en Venezuela: 1970-1980

Nancy Dembo

Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Central de Venezuela

Resumen

La incorporación de los procesos de industrialización, como opción en la construcción de edificaciones, ha formado parte de nuestra aspiración de ingreso a la modernidad. Esta aspiración se vio privilegiada, durante la década de los setenta, por una bonanza económica consecuencia del alza de los precios del petróleo a nivel mundial, lo que sin duda impactó a Venezuela. Las experiencias constructivas de la postguerra, en su afán por reconstruir con celeridad la Europa en ruinas, servirían de fuente de inspiración para el desarrollo de propuestas nacionales, en un ámbito abierto a la experimentación. Este trabajo está orientado a mostrar algunas de las experiencias construidas entre 1970 y 1980 en Venezuela, que involucraron procesos de industrialización. Nos interesa señalar, a partir del análisis tectónico de los ejemplos seleccionados, el impacto que, desde diversas perspectivas, se produjo en el objeto construido a partir de la incorporación de técnicas constructivas sistematizadas.

Descriptores

Construcción industrializada, prefabricación, coordinación modular

Abstract

The incorporation of industrialization processes, as an option for building construction, has been part of our goal to enter into "modernity". This ambition benefited during the seventies from an economic bonanza resulting from the rise of oil prices worldwide, which with no doubt had an impact on Venezuela. The post-war building experience in its eagerness to rebuild a Europe in ruins was the source of inspiration for the development of Venezuelan projects, within a scope open to experimentation.

The object of this work is to present some of the projects built in Venezuela, between 1970 and 1980, which include industrialization processes. From the tectonic analysis of the selected examples, we want to point out, from different points of view, the impact produced on the built object since the incorporation of systematized building techniques.

Descriptors

Industrialized construction, prefabrication, modular coordination systems

El presente trabajo tiene como objetivo conformar una visión de la actividad constructiva que privilegió el tema de la industrialización en Venezuela durante la década de los años setenta del siglo XX, a partir de tres experiencias que abordaron el tema del desarrollo tecnológico desde perspectivas diferentes. La revisión de los aspectos tectónicos (consideraciones estructurales, procesos constructivos, y materiales utilizados) permite indagar sobre las consecuencias que la aplicación de estas formas de construcción tendrían sobre el objeto construido.

La experiencia acumulada sobre las técnicas y los procesos de sistematización de la construcción en nuestro país, tanto desde el sector público como del privado, no es despreciable, de allí la aspiración de retomar del olvido algunas de las propuestas y soluciones desarrolladas en la década de los setenta, marcada por el *boom* petrolero de 1973, circunstancia que serviría para impulsar el desempeño de la industria de la construcción venezolana¹.

En esta oportunidad aspiramos mostrar sólo tres casos que permiten constatar el sentido de analizar dichas experiencias. En la selección hemos considerado conveniente incluir ejemplos vinculados a diversas formas de industrialización que abarcan la prefabricación de componentes de concreto armado, la racionalización del vaciado en sitio del hormigón y la producción en serie de componentes de acero. Con esa intención hemos escogido el sistema Vivienda Venezolana totalmente prefabricado en concreto armado, el sistema SIMIX, donde se combinan dos formas de producción, la prefabricación de losas y tabiquería y el vaciado en sitio con encofrados racional-

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN | Vol. 26-I | 2010 | pp. 09-20 | Recibido el 04/02/09 | Aceptado el 04/05/10

lizados para las paredes portantes y, por último, el sistema SIMAC, diseñado sobre la base de componentes de acero elaborados en taller y ensamblados en sitio.

Antecedentes históricos

La producción en el ámbito de la construcción industrializada en Venezuela, en la década de los setenta, tiene como antecedente la intensa actividad que se desarrolló desde la Unidad de Diseño en Avance del Banco Obrero entre 1961-1969. Esta institución estatal sería responsable de la programación masiva de viviendas de bajo costo, entre 1928 –año de su fundación– hasta 1975, cuando se transformó en el Instituto Nacional de la Vivienda-INAVI. “Lo que en sus inicios fue sólo un ente financista se transformó con el pasar de los años en un organismo encargado de la planificación, el diseño y la construcción de viviendas para las clases media y obrera del país” (Meza, 2008). Desde dicha instancia se pondría en marcha el Programa Experimental de Vivienda², marco fundamental para el desarrollo y la puesta en marcha de las primeras experiencias con sistemas industrializados en el país. La orientación del equipo profesional que allí laboraba estuvo marcada por una tendencia racionalista, con una fuerte apuesta a las ideas sobre la industrialización³ de los procesos de construcción surgidas en Europa en el período de entreguerras y retomadas luego de la II Guerra Mundial como opción para la reconstrucción de las áreas devastadas.

Así como, en su momento, los nuevos materiales impulsaron propuestas espaciales y formales que permitieron romper con el eclecticismo decimonónico, los procesos constructivos vinculados a la industrialización estimularon el potencial expresivo de las edificaciones caracterizadas por un alto grado de racionalidad. Estas ideas se constituyeron en referentes para el desarrollo de propuestas nacionales apoyadas, en los años sesenta, por una política de sustitución de importaciones que abrió el espacio a la experimentación.

La posibilidad de poner en práctica sistemas constructivos industrializados de distinta índole, donde era posible experimentar con diversos criterios sobre prefabricación, sistematización del vaciado en sitio, sistemas abiertos y cerrados de producción en serie, entre otros, sirvió de banco de prueba a las distintas convicciones de los integrantes del equipo que se formó en torno al Programa Experimental de Vivienda. Dicho Programa, pro-

movido y coordinado desde la Oficina de Programación y Presupuesto del Banco Obrero, sentó así las primeras bases para la implantación de sistemas constructivos industrializados para la producción de edificaciones.

El inicio de un nuevo gobierno en 1969 estuvo acompañado por una reorientación de la política de desarrollo urbano que desestimó los esfuerzos alcanzados en términos de sistematización de la construcción de la década de los sesenta y retomó el rumbo de la construcción tradicional como supuesta vía para estimular el empleo de mano de obra.

Sin embargo, un cambio inesperado en los acontecimientos mundiales, como fue la guerra árabe-israelí en octubre de 1973, impulsó drásticamente el ingreso petrolero venezolano durante la década de los setenta⁴, y con él las grandes inversiones en distintos ámbitos del país pero, sobre todo, en la actividad constructiva. El número de viviendas construidas por el Sector Privado creció de manera considerable entre 1976 y 1985 superando las construidas por el Sector Público (Cilento Sarli, 1989:117).

La nueva circunstancia local, por su carácter azaroso, no estuvo acompañada de un proyecto planificado de inversiones por lo que las acciones desarrolladas tomaron rumbos marcados por la improvisación y la inmediatez. En algunos casos las soluciones constructivas se vieron influenciadas por las huellas de las experiencias en prefabricación de la década anterior. En otros, la acción se orientó hacia intentos de transferencia tecnológica, fundamentalmente desde Europa, recurriendo a los sistemas de producción masiva utilizados durante la postguerra y para entonces ociosos en el viejo continente.

A Venezuela llegaron plantas completas de prefabricación provenientes de Europa, que habían sido utilizadas en la recuperación del viejo continente luego de la II Guerra Mundial, como el caso de la planta CORPOBAN, instalada con el propósito de construir viviendas en forma masiva. La falta de criterio en estos intentos de transferencia tecnológica convirtieron esas experiencias en una simple compra-venta de mercancía que lejos estaban de agregar conocimiento tecnológico a la experiencia nacional (Dembo, 2010).

A principios de los ochenta, un nuevo giro de la economía nacional, marcada esta vez por la devaluación de la moneda, pulverizó las actividades y experiencias vinculadas con la producción de edificaciones entrando el país en una travesía sin rumbo en la cual la actividad constructiva se vio considerablemente mermada.

En todo caso, la falta de continuidad en el uso de estas prácticas poco tuvo que ver con el éxito o fracaso técnico, económico y formal que puntualmente estas experiencias alcanzaron. Las razones están más bien asociadas a condiciones políticas y circunstancias económicas nacionales e internacionales que no permiten la adecuada valoración de estas formas de producción. Por esta razón sigue vigente la pregunta de si la industrialización y más concretamente la prefabricación, continúa representando la opción para resolver a corto y mediano plazo los problemas técnicos, económicos y de eficiencia de la producción de edificaciones en nuestro país.

Casos de estudio

Sistema A4-M de Vivienda Venezolana

La empresa Vivienda Venezolana S.A. se funda en Caracas en 1959. Los profesionales que la constituyeron desde un principio orientaron sus esfuerzos para hacer

realidad las nuevas ideas vinculadas a la prefabricación de viviendas. Durante los primeros años, la empresa se avoca a la producción de viviendas unifamiliares en el área central del país y en Puerto Ordaz. Luego, hacia 1964, se incorpora al programa de viviendas desarrollado por el Banco Obrero con el aval de esas experiencias previas. A Vivienda Venezolana le corresponderá el desarrollo de viviendas unifamiliares en la etapa inicial. A este sistema se le identificará como el C4⁵, conformado en su primera versión por vigas, columnas y losas, todas prefabricadas, para unidades de una y dos plantas (foto 1). Luego, el sistema se transformó con el fin de atender la exigencia de viviendas multifamiliares de tres y cuatro plantas a partir de un sistema de marcos rígidos consolidados a partir de columnas y vigas complementado por losas prefabricadas (foto 2). En la búsqueda de nuevas soluciones para estos edificios de cuatro pisos se desarrolló el sistema A4, concebido sobre la base de paredes portantes y losas (foto 3).

La producción de los componentes prefabricados, en sus diversas versiones, se realizó en un principio a pie de obra hasta que, en 1967, Vivienda Venezolana inauguró

Foto 1
Sistema C4 de Vivienda Venezolana. Columnas, vigas y losas para viviendas unifamiliares de 1 y 2 pisos.
Foto: archivo IDEC.



Foto 2
Sistema C4 de Vivienda Venezolana. Columnas y vigas conformando marcos rígidos para edificios prefabricados de hasta 4 pisos.
Foto: archivo IDEC.



Foto 3
Sistema A4 de Vivienda Venezolana. Paredes portantes de 12 m de altura para edificios de hasta 4 pisos y losas prefabricadas.
Foto: archivo IDEC.



su primera planta fija en Cúa, donde producía elementos prefabricados en concreto armado y concreto pretensado con tecnologías desarrolladas en el país.

La actividad constructiva asociada al Programa Experimental de Vivienda del Banco Obrero significó una magnífica oportunidad para ensayar el uso de los sistemas estructurales de paredes portantes, experiencia que se consolidó en la década de los setenta cuando se extrapoló a edificios de mayor altura. También con ese sistema se construyeron edificios para escuelas y estacionamientos.

El sistema incluía paneles de concreto de gran formato que oscilaban entre 4 y 7 toneladas, lo que significaba una innovación en el país. Así también lo sería el sistema desarrollado para los estacionamientos con rampas, utilizados a partir de 1971.

La experiencia dentro del ámbito de la Unidad de Diseño en Avance en la década de los sesenta estaba orientada por los criterios de Coordinación Modular, válidos tanto a nivel de proyecto como luego en la construcción. Estos criterios se mantuvieron en la década de los setenta cuando, Vivienda Venezolana optó por la producción de edificios de mayor altura, primero de 5 pisos y luego de 15 pisos. El sistema, así consolidado, se denominó A4-M (foto 4).

En 1978 se inaugura una nueva planta, también en Cúa, con capacidad para producir 4.500 viviendas por año (foto 5). Además del incremento de productividad obtenida en la nueva planta se integraron al proceso varios componentes industrializados tales como la carpintería metálica para la producción de puertas, ventanas y rejas, lo que permitió sostener el ritmo de producción al eliminar la dependencia del suministro de ese tipo de insumos.

La continua investigación, especialmente vinculada al tema de las uniones y al comportamiento de las edificaciones prefabricadas en altura en zonas sísmicas permitieron, en 1974, llevar el edificio a 17 pisos. La planta asociada a la propuesta permitía acomodar seis apartamentos de 77 m² cada uno, con su respectivo núcleo de circulación (foto 6). El sistema de soporte quedó conformado por una estructura de paredes portantes y losas prefabricadas, las primeras en concreto armado y las segundas en concreto pretensado, todos componentes de gran formato.

Los componentes verticales de soporte estaban colocados en dos direcciones ortogonales respetando los módulos que se generan a partir de una retícula pre-establecida de 0,8 metros x 0,8 metros. Dichas paredes constituían así la estructural resistente de la edificación y, a la vez,

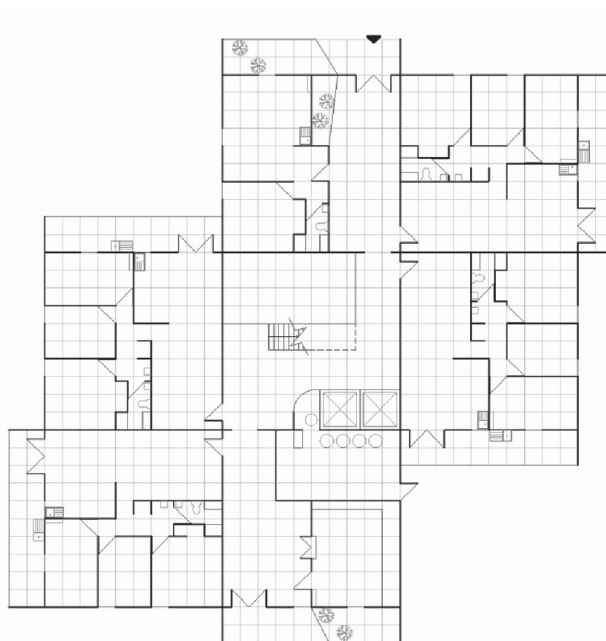
Foto 4
Sistema A4-M de Vivienda Venezolana. Paredes portantes prefabricadas y losas prefabricadas y postensadas para edificios prefabricados de hasta 4 pisos. Foto: archivo IDEC.



Foto 5
Producción en planta de los componentes de paredes portantes del sistema A4-M de Vivienda Venezolana. Foto: Nancy Dembo.



Foto 6
Versión definitiva del edificio de 17 pisos a ser construido con el sistema A4-M. Fuente: Arq. Yoisy Rangel.



servían de elementos divisorios y fachadas. Esta configuración de paredes se completaba con las losas que respondían a la misma modulación y la escalera. El conjunto de dichas piezas se integraba mediante uniones especialmente diseñadas que aseguran el comportamiento monolítico de la edificación (Catálogo Vivienda Venezolana, 1979).

Es importante acotar que el sistema de Vivienda Venezolana debió adaptarse a las normas sísmo resistentes que se produjeron en Venezuela a raíz del terremoto de 1967. De allí la necesidad de contar con paredes portantes en dos direcciones ortogonales y uniones secas y húmedas que satisficieran el desempeño del conjunto en zona sísmica.

Con esta alternativa Vivienda Venezolana decide trabajar sobre la base de un solo modelo de edificio que repetirá, proponiendo diversas alternativas de agrupación y conjuntos urbanos (foto 7). Como forma de producción la empresa estableció una planta fija desde donde distribuía los elementos a la obra dando así un giro importante en relación con las aspiraciones iniciales de trabajar con sistemas abiertos.

Esta decisión le permitió a la empresa estrategias de organización vinculadas a la producción, transporte y montaje asociadas a los sistemas cerrados. El transporte de los muros se realizaba en camiones preparados especialmente para que estos componentes se trasladaran en forma vertical, mientras las losas se transportaban horizontalmente. El despacho de los componentes se programaba de manera de coincidir con el orden de montaje en la obra.

El montaje de los muros se realizaba en forma tal que los primeros muros debían ser apuntalados con el fin de evitar su volcamiento. Se comenzaba con las paredes internas de manera que éstas sirvieran de guía a las pare-

des que conforman la fachada (foto 8). Las losas se colocaban alternando su dirección de forma de asegurar que todas las paredes portantes recibieran carga vertical, con el objetivo de favorecer el comportamiento estructural del edificio ante un eventual sismo.

A pesar de los esfuerzos realizados por producir con este sistema toda la estructura prefabricada, los elementos no estructurales o particiones se construyeron en mampostería de arcilla que luego se frisaba, con procedimientos totalmente artesanales, lo que resultaba contradictorio.

A partir de 1973, el edificio de 17 pisos se convirtió en el “caballito de batalla de la empresa”. Producir, ensamblar y repetir terminó siendo para Vivienda Venezolana una estrategia centrada en optimizar los aspectos de producción y montaje, objetivos específicos que se tradujeron en una experiencia económicamente rentable. Pero vale preguntarse si también se alcanzaron las metas vinculadas a los aspectos cualitativos asociados al objeto construido. Los resultados pueden generar controversias sobre la importancia que se asignó a las variables espaciales y a las consideraciones formales, más aún tras la decisión de producir masivamente estas unidades habitacionales, siendo la ciudad el banco de pruebas.

Luego de una primera década dedicada a la experimentación y a la innovación, la empresa caería, como otras, en la dinámica que imprimió al sector construcción el “boom” petrolero de los setenta: producir aceleradamente sin perder la oportunidad. Aun así, las enseñanzas en torno a la producción de edificaciones prefabricadas constituyen un interesante cúmulo de conocimiento con potencial aún por explorar.

Foto 7

Conjunto Parque El Valle, 1973, Caracas.

Foto: Archivo Vivienda Venezolana.



Foto 8

Montaje de componentes prefabricados del sistema A4-M de Vivienda Venezolana.

Foto: Nancy Dembo.



La planta de Vivienda Venezolana cesó sus actividades en 1983 asociada al giro económico que dio el país a raíz de la devaluación decretada entonces, luego de casi 40 años de estabilidad monetaria. Sin embargo, durante las dos décadas de producción continua, se construyeron 25.000 unidades de vivienda, lo que en Venezuela constituye una experiencia exitosa (Issa, Kortorz y Rojas, 1973).

Sistema SIMIX

El Sistema SIMIX fue concebido sobre la base de combinar dos prácticas de construcción: el vaciado en sitio con el uso de encofrados modulares para las paredes portantes, y la prefabricación para la producción de losas y componentes de tabiquería, de allí las siglas SIMIX: Sistema Industrializado Mixto.

Diseñado por la empresa OTIP C.A., empresa privada orientada fundamentalmente al desarrollo de sistemas industrializados de construcción, que inició su actividad en Venezuela a finales de la década de los sesenta, el sistema SIMIX fue concebido para la construcción de edificios orientados a diferentes usos: viviendas desde cuatro hasta cuarenta pisos, hoteles, centro de servicios, oficinas, etc. Sin embargo, sus aplicaciones principales se concretaron en el área de la vivienda, habiéndose ejecutado edificaciones hasta de 25 pisos. La primera experiencia con este sistema, que para entonces se denominaba SIM, data de

1967 cuando fueron construidos 1.030 apartamentos de 75 m² cada uno. El desarrollo fue promovido por el entonces Banco Obrero para los sectores UD7 y UD8 de la urbanización Caricua, en Caracas (foto 9).

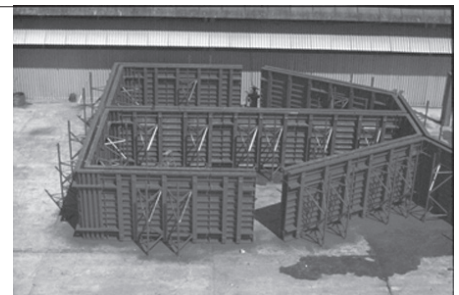
Luego de esa experiencia se ajustaron ciertos criterios en torno a la modulación y se diseñó un sistema de encofrados más flexible para el vaciado de las paredes, a partir de un sistema dimensional sobre la base de múltiplos de 15 centímetros que acepta la incorporación de piezas excepcionales, lo que permitió, en su momento, satisfacer ajustes a cada proyecto sin que con ello se desvirtuara el sistema. Con esa opción, la dirección entre las paredes no tenía por qué ser necesariamente ortogonal, lo que permitía múltiples variaciones en términos del diseño. Igualmente, la modulación de los encofrados permitía diversas combinaciones con el objeto de obtener la luz estructural deseada (foto 10).

La intención original con este sistema era entregar un paquete tecnológico que incluía los elementos para la producción de la edificación y la tecnología para ponerlo en marcha. Así mismo se ofrecía la asesoría para adaptar el proyecto arquitectónico a la coordinación dimensional intrínseca del sistema y el proyecto estructural completo incluyendo los planos, cálculos, especificaciones, cómputos métricos, planos de detalle, así como la planificación de la producción y el manual de uso del sistema constructivo. Al momento de la construcción se ofrecía

Foto 9
Caricua UD7-UD8, 1967.
Fuente: Catálogo Simix, 1977. OTIP C.A.



Foto 10
Encofrados SIMIX para el vaciado
de las paredes portantes.
Foto: Nancy Dembo.



asistencia técnica para la producción, entendiéndose por producción la fabricación de los elementos prefabricados y el ensamblaje de la herramienta para el vaciado de las paredes portantes.

El hecho de haber sido concebido para la construcción de edificaciones con un sistema estructural de paredes portantes obligaba a tener en cuenta una serie de consideraciones inherentes a este tipo de soporte. En primer lugar permitía tener paredes portantes en dos o más direcciones con el fin de poder obtener rigideces equivalentes en al menos dos direcciones ortogonales, tal como lo exigen las normas sísmo resistentes en nuestro país. El uso del vaciado en sitio para la producción de dichas paredes ofrecía la ventaja del monolitismo de las uniones lo que, de nuevo, favorecía el comportamiento de la edificación, especialmente en zona sísmica. Además, las losas prefabricadas eran diseñadas en forma tal que podían apoyar sobre las paredes asegurando una distribución homogénea de la carga vertical, lo cual también beneficiaba un adecuado comportamiento de la edificación.

Todas estas características le confirieron, en su momento, ventajas competitivas frente a otros sistemas de construcción industrializada que, como el sistema túnel, aún no se habían acoplado a las exigencias sísmo resistentes establecidas en el país luego del terremoto de Caracas de 1967.

El SIMIX permitía así resolver en forma integral los aspectos estructurales, los cerramientos y las instalaciones a partir de:

- Vaciado repetitivo de concreto haciendo uso de encofrados metálicos para la producción de todos los elementos portantes.
- Producción y ensamblaje de elementos prefabricados para tabiques, losas y escaleras.
- Inserción de conjuntos modulares para las tuberías, de plomería y electricidad.
- Incorporación de los marcos de puertas y ventanas tanto en los componentes estructurales vaciados en sitio como en la tabiquería prefabricada.

Esta sistematización de los distintos aspectos de la edificación permitió racionalizar el gasto de material y lograr mejor eficiencia en términos de tiempo y rendimiento de la mano de obra. El proceso de construcción fue concebido a partir de ciclos repetitivos donde era posible aplicar la mecanización y estandarización apropiada logrando así mejor adiestramiento de la mano de obra y mejor

control de las operaciones programadas. De esta forma se ejecutaba el 70% del volumen total de la obra, quedando el 30% restante para el acabado final que incluía terminación de instalaciones, pintura, acabados de pisos, etc.

El ciclo de la construcción se iniciaba con el vaciado de las fundaciones las cuales dependían de la resistencia del suelo y condiciones aledañas al terreno. En todo caso eran válidas las opciones que abarcan desde la fundación directa hasta las fundaciones sobre pilotes. Durante el vaciado de la losa de fundación se preveían los brocales de arranque de las paredes portantes del primer piso los cuales servían de guía al juego de los encofrados diseñados para tal fin.

El primer paso relativo al vaciado de las paredes era la colocación de las armaduras y las instalaciones previstas para cada proyecto. Luego se colocaban los encofrados, ensamblados previamente en grupos, que se acoplaban a la geometría en planta que determinaban estos elementos portantes. En función de las características del proyecto se incorporaban los marcos de puertas y ventanas. Una vez colocados en sitio todos los encofrados se procedía al vaciado del concreto de las paredes portantes.

En el frente que correspondía a la prefabricación se construía con antelación una pista de concreto, generalmente a pie de obra, donde se colocaban los encofrados de losas, tabiques y escaleras. Las formaletas metálicas respondían a la geometría definida en el proyecto para cada uno de estos componentes. En cada uno de los paralelos que conformaban dichas formaletas se preveían los detalles correspondientes a las armaduras salientes y las cajuelas que permitirían la adecuada consolidación de las juntas horizontales o verticales, según el caso (foto 11).

El proceso en la pista se iniciaba con el ajuste de los encofrados, la colocación de las armaduras y de los ganchos para el manejo de los componentes prefabricados, así como el de las instalaciones, marcos y salvaciones para ductos en la medida en que eran requeridos. Luego se procedía al vaciado del concreto en cada uno de los moldes y al acabado del mismo según las especificaciones. El desencofrado se realizaba al día siguiente, aproximadamente a las 18 horas de terminado el vaciado, cuando el concreto alcanza la resistencia suficiente para su traslado y depósito. La prefabricación se debía realizar con antelación suficiente para que las piezas pudieran permanecer al menos dos semanas en el depósito antes de ser colocadas en su sitio definitivo de trabajo.

La prefabricación de los elementos podía realizarse también en una planta fija de producción para lo cual era necesario respetar las dimensiones y pesos exigidos para el transporte por vía terrestre.

El proceso de construcción, llamado a “cielo abierto”, hacía posible la ejecución de las paredes portantes y la movilización y colocación de losas, tabiques, módulos sanitarios o de tubería, entre otros, con el uso del equipo de grúas que trabajaban directamente desde arriba (foto 12).

Para la producción de los encofrados se utilizó lámina metálica y perfiles de acero, ambos de producción nacional, lo que aseguraba la durabilidad de la herramienta y la posibilidad de ser reutilizada en muchas oportunidades a partir de su buen uso y mantenimiento. Además, estos materiales aseguraban el acabado coherente con las exigencias de la obra limpia en concreto, con lo que era posible disminuir la inversión en acabados.

El sistema SIMIX se utilizó durante la década de los setenta en varios proyectos de vivienda con diversas configuraciones lo que permitió demostrar la capacidad de adaptación de la herramienta a las geometrías más disímiles. Ejemplos como el Conjunto Raúl Leoni en la urbanización Club Hípico de Maracaibo, construido en 1978 con edificios de planta rectangular y una altura de cuatro pisos, y el conjunto Residencial Cachamay en Puerto Ordaz, construido en 1979 con edificios de 17 pisos y

planta octogonal, utilizando el mismo juego de encofrado, con sólo algunas adaptaciones, permiten ilustrar dicha premisa (fotos 13 y 14).

Con el sistema SIMIX se construyeron, en 10 años, 3.858 unidades de vivienda en diversas zonas del país⁶: Puerto Ordaz, Maracaibo, Mérida y Caracas, con interesantes resultados y un buen comportamiento en el tiempo. El hecho de que el sistema cayera en desuso puede explicarse por la siguiente circunstancia: el encargo de la herramienta (encofrados para el vaciado de las paredes más encofrados para la prefabricación de las losas) debía estar asociado a planes de construcción que resultaban difíciles en la década de los ochenta, especialmente luego de la devaluación de la moneda a partir del “viernes negro” por lo que las empresas constructoras consideraban riesgosa la inversión inicial. La merma de la inversión privada en el ámbito de la construcción condujo entonces a que las empresas retomaran las prácticas tradicionales de construcción que permitían improvisar una obra en el momento en que se presentase la oportunidad. Por ello la revisión y evaluación del sistema SIMIX es aún un tema pendiente.

Sistema SIMAC

El SIMAC está enmarcado dentro del enfoque sistémico desarrollado en la década de los setenta por el Insti-

Foto 11
Pista de prefabricación de losas con el sistema SIMIX. Conjunto Cachamay.
Foto: Nancy Dembo.

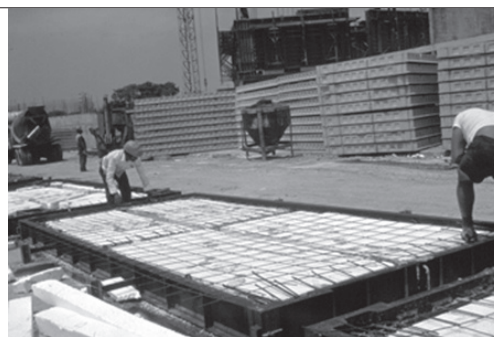
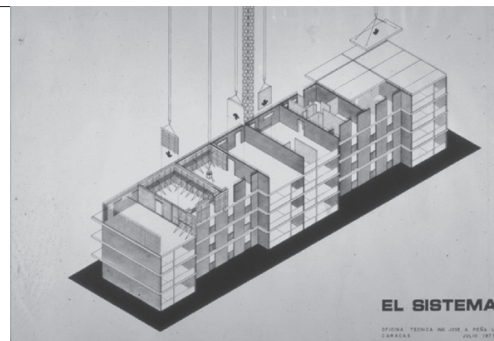


Foto 12
Proceso constructivo del sistema SIMIX.
Fuente: Catálogo Simix, 1977. OTIP C.A.



tuto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), perteneciente a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) de la Universidad Central de Venezuela (UCV), con el fin de producir edificaciones educacionales, administrativas y asistenciales.

La actividad con la que se inicia el Instituto estuvo vinculada a la experiencia del Sistema CLASP inglés, orientado al desarrollo de un sistema constructivo evolutivo, punto de partida para el programa de construcción de escuelas y otras edificaciones públicas en el Reino Unido. Este sistema incluiría el desarrollo de la tecnología organizativa, el control de costos y el control administrativo de las obras.

La influencia del enfoque sistémico inglés, orientado a la producción de componentes que permitían ser ensamblados de distintas maneras con el fin de satisfacer exigencias formales diversas, trajo como resultado el desarrollo, dentro del IDEC, de una serie de sistemas dirigidos a la producción de edificaciones educacionales. Entre ellos surgieron el sistema VEN-UNO, derivado de la adaptación del sistema CLASP a las condiciones y medios de producción venezolanos; el sistema SCAC, una opción de componentes en concreto armado, y el sistema SIMAC, una propuesta que permitiría combinar estructura de acero para columnas y vigas, con losas de concreto armado. En esta oportunidad nos concentraremos en este último.

La primera versión del SIMAC (1978) fue diseñada sobre la base de un sistema de pórticos con columnas y vigas de acero. Las vigas, concretadas en cerchas de 2,4 metros de luz y 0,70 metros de alto, conformaban un conjunto de marcos concéntricos, ajustados a un módulo de 7,20 x 7,20 metros, sobre la base de una modulación de 1,20 metros, que constituían el plano a ser cubierto por la losa. De allí el nombre de SIMAC: Sistema de Marcos Concéntricos (AA.VV, 1978).

Los marcos cuadrados de 2,40 m., 4,80 m. y 7,20 metros de lado estarían conformados por cerchas de la misma altura y conectados entre sí por otras cerchas, de mayor longitud, ubicadas en la diagonal de la trama. El prototipo construido con este sistema demostró la deformabilidad de los marcos por lo que se descartó esa geometría (foto 15).

Manteniendo algunas de las pautas de la primera versión se propuso, en 1980, cambiar la distribución de las cerchas por una cuadrícula de 7,20 x 7,20 metros modulada cada 2,40 metros. Con esta distribución las cerchas de borde de la cuadrícula asumían mayor responsabilidad en lo que se refiere al soporte de la carga por lo que se estudiaron algunas alternativas para su diseño (foto 16). (AA.VV, 1984a).

Una de las premisas fundamentales del sistema se centraba en conservar constante la altura de la estructura reticular, permitiendo la colocación de instalaciones y plafones a un mismo nivel con el fin de obtener mayor flexi-



Foto 13
Vista de la estructura de los edificios de la Urbanización Raúl Leoni, Club Hípico, Maracaibo, 1977, construidos con el Sistema SIMIX.
Foto: Nancy Dembo.



Foto 14
Conjunto Cachamay construido en Puerto Ordaz con el Sistema SIMIX. 1979.
Foto: Nancy Dembo.

bilidad del espacio interior, por ello la cercha de borde no podía reforzarse aumentando su altura. La solución al problema se concretó mediante un par de tensores en forma de polígono abierto que refuerza la luz central de la cercha y transmite el esfuerzo de tracción adicional directamente a las columnas a partir de dos diagonales (foto 17).

El sistema portante así definido permitía el uso de volados de 2,40 metros, conformando un módulo de 7,20 x 2,40 metros que apoya en las columnas y se une al módulo estructural de 7,20 x 7,20 metros por medio de crucetas.

Las columnas del sistema estaban conformadas por angulares de acero, de producción nacional, ensamblados de forma tal que la columna alcanzaba la altura total del

edificio (2 pisos). El amarre de las columnas se realizaba a través de un collarín que, piso a piso, sirve de soporte a las cerchas. Las uniones entre los componentes se hacían a partir de pernos y soldadura (foto 18).

Las losas del sistema fueron concebidas en concreto armado y se prefabricaban en una pista de producción a pie de obra. La modulación de las losas respondía a la retícula de 2,4 x 2,4 metros. El espesor de las mismas era de 5 centímetros y fueron diseñadas, al igual que el resto de los componentes del sistema, llevando las secciones al mínimo necesario para satisfacer las exigencias portantes.

Si bien desde el punto de vista resistente las losas de 5 centímetros resultaron eficientes, su poco espesor

Foto 15
Primera versión del sistema SIMAC con marcos concéntricos. AA.VV, 1978.
Fuente: Archivos IDEC

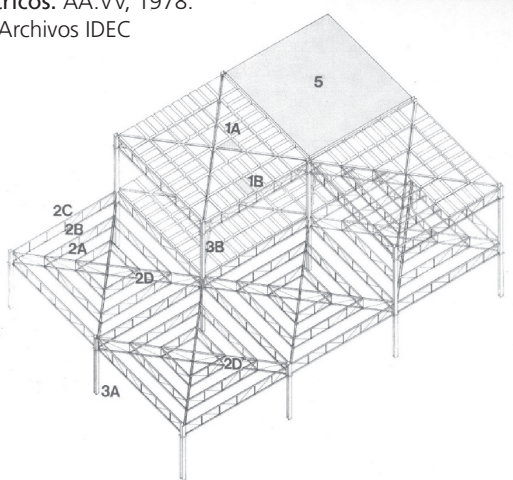


Foto 17
Detalle de refuerzo de la cercha de borde del Sistema SIMAC.
Fuente: Archivo audiovisual, IDEC.

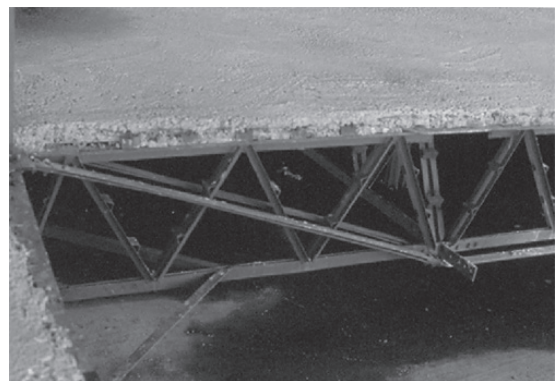


Foto 16
Segunda versión del Sistema SIMAC con la retícula de 2,40 x 2,40 metros. Construcción tercera etapa del Instituto Universitario Tecnológico de Yaracuy.
Foto: Nancy Dembo.

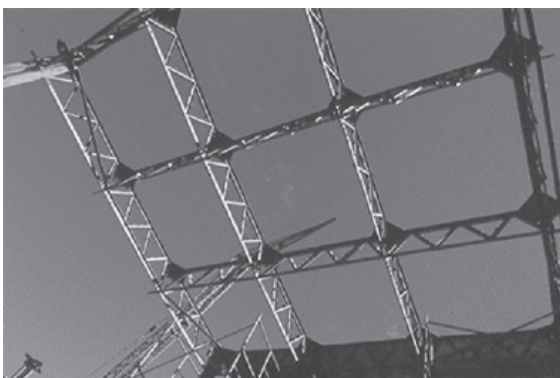
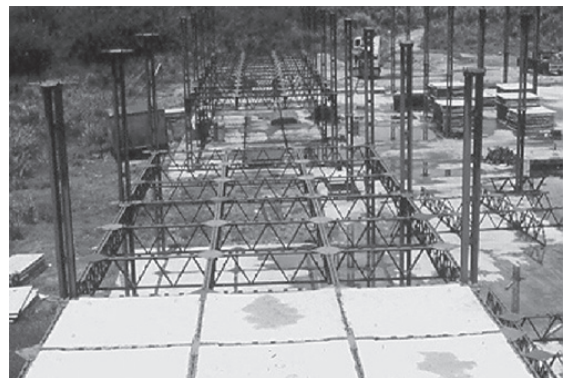


Foto 18
Construcción tercera etapa del Instituto Universitario Tecnológico de Yaracuy, construido con el Sistema SIMAC.
Foto: Nancy Dembo.



generaba vibración de la losa una vez sometidas a las cargas de trabajo. Además, las delgadas placas permitían la transmisión del ruido en niveles tales que hacía necesario alfombrar las superficies de piso para mitigar las molestias causadas.

La primera experiencia en la que se utilizó el SIMAC fue en el Instituto Universitario Tecnológico de Yaracuy, IUTY. La obra se construyó por etapas y en cada una de ellas se hicieron mejoras producto de las experiencias adquiridas tanto en la producción de los componentes en los talleres metalmecánicos como en el ensamblaje de los mismos en la obra. Fue así como se modificaron algunas uniones, formas de arriostrar, los tipos de losa a utilizar, entre otros. En realidad, sin poner en riesgo la seguridad de la edificación, la experiencia se trabajó como un prototipo que nunca se repitió (AA.VV 1984b).

Con el sentido de un instituto de investigación, las experiencias del SIMAC se siguieron trabajando tanto en los aspectos micro como en el mejoramiento de las uniones, la reformulación de los componentes, la incorporación de otros sistemas de producción ya probados en el mercado (como es el caso de la losa acero), hasta en los aspectos macro, es decir, el concepto de sistema y la consolidación de la tendencia a producir componentes a ser ensamblados de diversas maneras.

Las lecciones aprendidas pasaron a formar parte del dominio tecnológico que caracterizó al IDEC durante los años setenta, en especial, en lo relacionado con la producción de edificaciones educacionales y de servicio.

La manera de abordar el tema de la industrialización de los sistemas de producción de edificaciones dentro del IDEC ha permitido desarrollar diversas opciones que dieron como resultado el sistema SIEMA orientado a la construcción de edificaciones educacionales o de servicios. El SIEMA ha resultado ser el más exitoso de los sistemas producidos en el instituto en términos de metros cuadrados construidos y sobre el cual se trabaja persistentemente con el fin de alcanzar mayor flexibilidad y de adaptarlo a los nuevos criterios de sostenibilidad.

Conclusiones

Del análisis de las experiencias expuestas podemos deducir que la sistematización de los procesos de construcción de edificaciones permite contemplar múltiples alter-

nativas que poco tienen que ver con el sentido repetitivo y monótono que suele asociarse a este tipo de producción.

La evolución del sistema de Vivienda Venezolana, pasando por el sistema SIMIX, que dejó un importante potencial aún por explotar, hasta el ejercicio de racionalidad representado por el SIMAC, son ejemplos de la flexibilidad que admiten estas alternativas constructivas. En todos ellos la industrialización de los procesos trasciende las soluciones a los problemas técnicos vinculados a la producción de las edificaciones y ofrece opciones asociadas al carácter formal y a la calidad del diseño.

La exigencia fundamental para que la industrialización de la construcción tuviese viabilidad fue, y así seguirá siendo, la estricta relación entre el proyecto y la realización de la obra. La necesidad de concebir el espacio y su contenedor simultáneamente con las formas de concreción del objeto es una obligación ineludible para poder indagar en el campo de la implantación de nuevas formas de producción.

La mayoría de estos sistemas tomaron la vía de la prefabricación como opción y aun cuando no era concebida como un fin en sí mismo, adquiriría validez en la medida en que se traducía en un medio para lograr la productividad en la fabricación.

Los sistemas prefabricados experimentaron con componentes de gran formato, generalmente asociados al uso del concreto armado o pretensado, como el caso del A4-M de Vivienda Venezolana y el SIMIX, que exigían equipos pesados para su manipulación; y con componentes de menor formato, bien en acero o en concreto armado, manipulables por los obreros o con el uso de equipos menores, como es el caso del SIMAC. El gasto energético no era, para aquel entonces, motivo de preocupación, por lo que ambas opciones resultaban viables y convincentes.

Los ejemplos analizados nos recuerdan que el país llegó a alcanzar un importante dominio de los aspectos técnicos. La experiencia no es deleznable, sin embargo, los casos expuestos, como tantos otros que se desarrollaron en el país durante la década de los setenta, deben ser vistos como ejercicios inacabados, sujetos a revisión, de los cuales pueden surgir interesantes luces para la producción de edificaciones. En esa búsqueda habrá que incorporar ahora el tema de la sostenibilidad, es decir, se deberá repensar el tema de la industrialización de los procesos de producción en función de la protección ambiental, la reducción de desperdicios y el ahorro energético, entre otros aspectos.

tos. Para ello habrá que recurrir a criterios racionales de producción que no parecen contradictorios con la prefabricación y otras formas de producción industrializadas. Sin embargo, será necesario pensar si tenemos que producir en grandes o en pequeñas plantas, en grandes o en pequeñas series de producción, si los componentes deben ser intercambiables y producidos por diversas empresas en forma tal que permitan al constructor la libertad de escoger.

La crisis ambiental mundial redirige la responsabilidad hacia el hombre y el manejo que de la tecnología ha hecho, trascendiendo las barreras sociales, generacionales o geográficas. Los aspectos técnicos deberán trascender el mero campo del *solving problem* para transformarse en conocimiento responsable. De allí la importancia de reflexionar sobre las acciones pasadas en favor de las generaciones futuras.

Notas

- 1 Las ideas que aquí se presentan forman parte de una investigación más amplia desarrollada dentro del ámbito del Doctorado en Arquitectura de la Universidad Central de Venezuela y que concluyó en la tesis titulada "Industrializar en la abundancia. Tecnología y construcción en la Venezuela del boom petrolero de los setenta" (Dembo, 2010).
- 2 Para ampliar las ideas sobre la actividad desarrollada por la Unidad de Diseño en Avance dentro del Banco Obrero consultar tesis doctoral de Alfonso Arellano (2005).
- 3 El término industrialización será utilizado para denotar los procesos constructivos racionalizados que incorporan un alto grado de mecanización, entre ellos la prefabricación.
- 4 El barril de petróleo pasó de US\$ 3,71 a US\$ 10,53 por barril, triplicando así el ingreso nacional.
- 5 La letra C identificaba los sistemas de pórticos sobre la base de vigas, columnas y losas y la letra A identificaba los sistemas de paredes portantes y losas, según la nomenclatura del Banco Obrero. El número 4 identificaba a la empresa Vivienda Venezolana.
- 6 El dato proviene del registro de la empresa OTIP C.A.

Referencias bibliográficas

- AA.VV (1978) SIMAC: Sistemas constructivos de marcos metálicos concéntricos. Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Central de Venezuela (UCV). Caracas.
- AA.VV (1984a) Instituto Universitario Tecnológico de Yaracuy, núcleo San Felipe: desarrollo físico: primera aproximación. Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Central de Venezuela (UCV). Caracas.
- AA.VV (1984b) Informe del proyecto Instituto Universitario Tecnológico Yaracuy. IUTY (3ra y 4ta etapa). Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción (IDEC), Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Central de Venezuela (UCV). Caracas.
- Arellano, Alfonso (2005) La Unidad de Diseño en Avance del Banco Obrero: vivienda técnica y metrópoli, 1961-1969. Mimeo. Tomos I y II. Trabajo presentado para optar al grado de Doctor en Arquitectura, FAU/UCV.
- Catálogo SIMIX (1977) OTIP C.A. Caracas.
- Catálogo Vivienda Venezolana (1979) Vivienda Venezolana S.A. Caracas.
- Cilento Sarli, A. (1989) Financiamiento y mercado de la vivienda en Venezuela. Mimeo. Trabajo especial para ascender a la categoría de profesor titular en el escalafón universitario de la FAU/UCV.
- Dembo, N. (2010) Industrializar en la abundancia. Tecnología y construcción en la Venezuela del "boom" petrolero de los setenta. Mimeo. Tomos I y II. Trabajo presentado para optar al grado de Doctor en Arquitectura, FAU/UCV.
- Issa, D.; Kortorz, W.; Rojas, M. (1973). Sistema prefabricado de Vivienda Venezolana S.A. Editorial 125 C.A. Caracas.
- Meza, B. (2008) "Superbloques y masificación: vivienda Banco Obrero en Venezuela (1955-1957)". *Tecnología y Construcción*, vol.24, N° 2, mayo 2008, pp. 19-33.