

Dembo, Nancy

Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela, Caracas.

nancydem1@gmail.com

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 setenta, con el fin de indagar sobre el desarrollo tecnológico alcanzado y el impacto que desde diversas perspectivas se produjo en el objeto construido.

La experiencia acumulada sobre las técnicas y 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 las propuestas y soluciones desarrolladas en el período que nos proponemos analizar.

Las ideas que aquí presentamos forman parte de una investigación más amplia del tema desarrollada dentro del ámbito del Doctorado, sin embargo, en esta oportunidad aspiramos mostrar sólo algunos ejemplos que permiten constatar el sentido de retomar y analizar las experiencias desarrolladas durante el período en estudio. En la selección de casos hemos considerado conveniente incluir experiencias realizadas desde el ámbito del Estado (caso ampliación del Museo de Bellas Artes de Caracas), desde el ámbito del Sector Privado (Sistema SIMIX) destinado a la construcción de viviendas y, por último, desde el ámbito académico (Sistema SIMAC) orientado a la producción de edificaciones escolares y desarrollado por el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción IDEC.

También nos ha parecido pertinente que los ejemplos escogidos ilustren diversos usos y formas de producción, como es el caso de la ampliación del Museo de Bellas Artes donde los espacios públicos destinados a las salas de exposición exigen de soluciones estructurales de grandes luces, resueltas a partir de componentes prefabricados y pos-tensados; el caso del sistema SIMIX, donde un sistema combinado de tecnologías de vaciado en sitio y prefabricación permite la solución de viviendas con múltiples configuraciones y, por último, el

sistema SIMAC, que permite asociar un sistema de componentes de acero y losas prefabricadas para resolver edificaciones escolares.

Los casos de estudio que presentaremos fueron analizados a partir de la observación directa del objeto construido, el estudio de los planos, la observación del material gráfico incluyendo dibujos y fotografías y la consulta del material bibliográfico. El material consultado pertenece en el caso del Museo a la propia institución, a la oficina responsable de la supervisión de la obra y a los archivos del MOP como ente contratante. En el caso del Sistema SIMIX los archivos pertenecen a la oficina OTIP c.a. de donde proviene gran parte de los documentos revisados. Por último, en lo que se refiere al sistema SIMAC el repositorio consultado fue la biblioteca-archivo del IDEC y algunos registros personales. Vale la pena aclarar que tanto en el caso del SIMIX como en el del SIMAC, tuvimos la oportunidad de participar en las diversas etapas de gestación de estos sistemas de producción partiendo desde el inicio del proyecto, el desarrollo de las herramientas y la puesta en marcha de los mismos.

Como recurso adicional al análisis de estos sistemas hemos entrevistado a algunos de los protagonistas de estas experiencias, entre ellos a Waclaw Zalewski, Alfredo Cilento, Henrique Hernández, José Adolfo Peña, entre otros. De estas conversaciones se ha derivado una muy valiosa información, así como, la posibilidad de reconstruir el espíritu de los tiempos. Sin embargo, el contenido y análisis de este material será considerado en otra oportunidad.

Antecedentes

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, a partir de la puesta en marcha del Programa Experimental de Vivienda. La orientación del equipo profesional que allí laboraba estaba marcada por una tendencia totalmente racionalista, con una fuerte apuesta a las ideas sobre la industrializaciónⁱ de los procesos de construcción surgidas en Europa en el período de entreguerras y retomadas luego de la II Guerra Mundial como opción a 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 fuente de inspiración 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 formuló en torno al Programa Experimental de Vivienda. Dicho Programa, promovido y coordinado desde la Oficina de Programación y Presupuesto del Banco Obrero, sentó así las primeras bases de implementación 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 la 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 setenta y con él las grandes inversiones en distintos ámbitos del país pero, sobre todo, en la actividad constructiva.

La nueva circunstancia local, por su carácter azaroso, no estuvo acompañado 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 marcadas 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 post-guerra y para entonces ociosos en el viejo continente.

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 y el país entró en una travesía sin rumbo donde la actividad constructiva, aun al día de hoy, se ha visto 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

Ampliación del Museo de Bellas Artes de Caracas

En 1966 surge la posibilidad de la ampliación del Museo de Bellas Artes de Caracas que había sido proyectado originalmente por Villanueva treinta años antes. Convocado por el Estado, desde el entonces Ministerio de Obras Públicas, el arquitecto comenzó a indagar sobre cuál debía ser la solución a estos espacios de grandes luces contenedores de las salas de exposición. La idea de un cuerpo horizontal que fuera bordeando el parque Los Caobos implicada la tala de muchos árboles por lo que luego de varios bosquejos Villanueva optó por un volumen de desarrollo vertical. Los espacios expositivos debían ser amplios, sin apoyos intermedios y con capacidad para soportar importantes cargas de trabajo por lo que su estructura se fue tornando cada vez más exigente.

Determinado a aceptar el reto de combinar las grandes luces más importantes cargas de trabajo, Villanueva incluyó, desde un comienzo, las premisas asociadas al comportamiento estructural y los procesos constructivos como parte de los criterios de diseño. El volumen

final resultó en un prisma de cuatro pisos, cuya dimensión en planta responde a una retícula de 3 x 3 metros y que permitió alcanzar luces de 21 metros en dos direcciones ortogonales con volados de hasta 4,5 metros. (Figura 1)

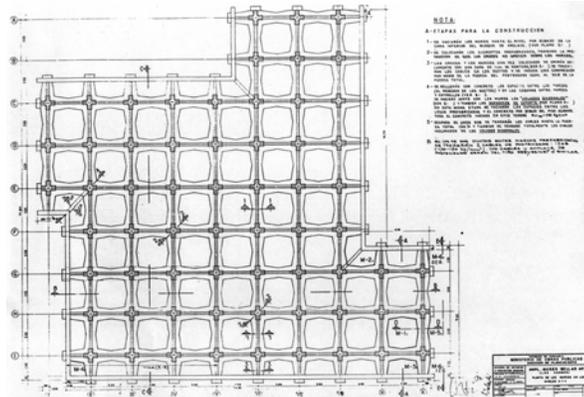


Figura 1
 Planta de las salas de exposición del Museo de Bellas Artes
 Plano original E-34 Ampliación Museo de Bellas Artes

Los profesionales que desarrollaron el proyecto estructural fueron Waclaw Zalewski y José Adolfo Peña. Desde un comienzo los ingenieros trabajaron en equipo con Villanueva lo que permitió que el arquitecto se involucrara tanto en las decisiones estructurales como constructivas. Luego de tantear diversas opciones se optó por un sistema estructural sobre la base de paredes portantes de concreto armado como soporte vertical y una losa tridimensional, en concreto postensado, como soporte horizontal.

El Maestro estaba decidido a incorporar el potencial de los adelantos tecnológicos que ya para entonces comenzaban a tener sus primeras consecuencias en nuestro medio, particularmente en la construcción de puentes y vías de comunicación. El reto de los entresijos de grandes luces para las salas de exposición, que tendría el nuevo Museo, parecía ser la oportunidad tantas veces acariciada. La geometría final de la estructura de la losa de soporte resultó lo suficientemente compleja para considerar la prefabricación como opción en la construcción de las mismas.

Para la determinación de la geometría de la losa tridimensional era necesario entender el comportamiento que este elemento horizontal mostraría, sometido a importantes sobrecargas

de trabajo de 500k/m^2 y con una luz de 21×21 metros, sin apoyos intermedios. Como es de esperarse, el elemento de entrepiso sometido a flexión generaría una gran tracción en el plano inferior y una compresión equivalente en el plano superior, condición que se transformaría en punto de partida en la determinación de las formas y materiales convenientes, capaces de asumir las exigencias tensionales.

El acierto en la eficacia de la forma, así como la resistencia de los materiales empleados, sería fundamental para alcanzar una apropiada respuesta de la losa del Museo. En términos de Nervi se intentaba alcanzar "más con menos", es decir, la máxima eficiencia con el mínimo de material, con el fin de responder a la condición de transparencia establecida por Villanueva.

Aún cuando el proyecto de la ampliación del MBA se culminó en 1967 la construcción no se inició sino hasta 1973, concluyendo la obra en 1974.

Partiendo de las premisas del comportamiento estructural, así como de las exigencias definidas por el proceso de prefabricación y pos-tensado acordadas para su construcción, se definieron entonces los elementos componentes de la losa, distribuidos en: el plano inferior, el plano superior y la pieza conectiva entre ambos planos

El *plano inferior* de la losa quedó conformado por una serie de marcos rígidos, de dimensiones nominales acordes con la retícula de 3 metros x 3 metros y entre los cuales se alojaron dos juegos de cables de alta resistencia (16.000K/cm^2), en las dos direcciones ortogonales. Este conjunto es el responsable de absorber la tracción que deriva de la flexión de la losa. Los marcos como elementos rigidizadores y los cables absorbiendo el gran esfuerzo de tensión. (Figura 2)



Figura 2

Vista de la losa tridimensional de las salas de exposición del MBA
Foto J.A.Peña 1973

El plano superior quedó constituido por una loseta nervada en dos direcciones, de concreto armado, y responsable de absorber la compresión que se desarrolla en esa zona del elemento tridimensional

Por último, está el *elemento conectivo* de estos dos planos, superior e inferior, cuya geometría en planta es una cruz. Esta va disminuyendo su sección hacia la zona de la base donde la pequeña cruz se inserta entre los marcos, permitiendo el paso de los ductos que alojan los cables. En la parte más amplia de la cruz, o sea en el tope, los brazos de la misma sirven de soporte a las losetas del plano superior.

La geometría de la losa surgió como resultado de un diseño estructural donde se aspiraba resolver las demandas formales, exigencias portantes y la eficiencia constructiva. Los esfuerzos desarrollados por el elemento estructural conllevaron a utilizar materiales de alta resistencia y un sofisticado proceso de pos-tensado. La losa tridimensional se produjo prefabricando cada uno de los componentes: marcos, loseta y cruz. El conjunto quedó integrado con el pos-tensado de los cables y el post- vaciado del concreto entre las uniones de los elementos. Valga aclarar, que sólo el 33% del volumen de la losa es lleno ya que el material se colocó donde era estrictamente necesario.

La prefabricación de las piezas se hizo a pie de obra, en encofrados metálicos diseñados y producidos en el país. La perfección en la producción de las mismas permitió que las tolerancias en obra fuesen de 1 milímetro en sentido vertical y 0.5 milímetros en sentido horizontal. Sin embargo, el mayor reto lo constituyó la necesidad de pos-tensar en dos

direcciones ortogonales sin que se deformara la retícula, asegurando así la transmisión de las cargas. Si bien los cables utilizados en el pos-tensado fueron importados el resto de los materiales, la tecnología y la mano de obra empleado eran nacionales. Esto avala el grado de desarrollo tecnológico con el que se contaba en el país para ese entonces, no sólo en la construcción de puentes, viaductos y otras obras de infraestructura sino, además, en la producción de edificaciones.

Para la década de los setenta el proceso utilizado en su construcción resultó absolutamente novedoso. Si bien el pos-tensado era ya conocido en el país, a través de las obras de infraestructura, la alternativa de una losa tridimensional de entrepiso pos-tensada en dos direcciones ortogonales, con tolerancias verticales de 1mm y horizontales de 5 mm, significó un reto considerable.

Es importante comentar que la geometría tridimensional de las losas de este volumen, podría haber sido resuelta en función de elementos de acero, con interesantes beneficios vinculados a la eficiencia estructural. Sin embargo, el encantamiento de Villanueva con el concreto descartó desde un comienzo la opción de una estructura metálica, sin por ello desmeritar las bondades de otros materiales. De allí el carácter *brutalista* que identifica a esta obra.

Vale la pena acotar que la prefabricación suele ser justificada y asociada a la producción en serie de componentes y por tanto a la producción masiva de edificaciones. En este caso se trata de una obra única y la razón que impulsó a optar por la prefabricación para su construcción fue la sofisticación geométrica de la losa tridimensional, lo que prácticamente descartaba la posibilidad del vaciado en sitio para su construcción. Es decir, que la complejidad de las formas también se traduce en una condición que exige de los procesos de industrialización sin que nunca se considerara la posibilidad de repetir la experiencia.

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: Sistema Industrializado Mixto.

Los encofrados modulares utilizados para el vaciado de las paredes responden a un sistema dimensional sobre la base de múltiplos de 15 centímetros y permiten la incorporación de piezas excepcionales para satisfacer ajustes a cada proyecto sin que con ello se desvirtúe el sistema. La dirección entre las paredes no tiene por qué ser necesariamente ortogonal, esto permite múltiples opciones en términos del diseño. Igualmente, la modulación de los encofrados permite diversas combinaciones con el objeto de obtener la luz estructural deseada.

El Sistema SIMIX fue diseñado para la construcción de edificios desde cuatro hasta cuarenta pisos de altura, para diferentes usos tales como: viviendas, hoteles, centro de servicios, oficinas, etc. Sus aplicaciones principales han sido 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, fue en 1967 en la construcción de 1030 apartamentos de 75 m² cada uno. El desarrollo fue promovido por el entonces Banco Obrero para la urbanización UD7 y UD8 en Caricuao, Caracas.

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 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 obliga a tener en cuenta una serie de consideraciones inherentes a este tipo de soporte. En primer lugar permite 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 sismo resistente en nuestro país. El uso del vaciado en sitio para la producción de dichas paredes ofrece la ventaja del monolitismo de las uniones lo que, de nuevo, favorece al comportamiento de la edificación,

especialmente en zona sísmica. Además, las losas prefabricadas son diseñadas en forma tal que puedan apoyar sobre las paredes asegurando una distribución homogénea de la carga vertical, lo cual también resulta en pro de 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, aun no se habían acoplado a las exigencias sísmo resistentes, establecidas en nuestro país luego del terremoto de Caracas de 1967.

El SIMIX permite resolver en forma integral los aspectos estructurales, los cerramientos y las instalaciones a partir de: (Figura 3)

- 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.



Figura 3

Vaciado de paredes y colocación de losas prefabricadas del sistema SIMIX en el conjunto residencial Cachamay, Puerto Ordaz
Foto N. Dembo

Esta sistematización de los distintos aspectos de la edificación permite racionalizar el gasto de material y lograr mejor eficiencia en términos de tiempo y rendimiento de la mano de obra. El proceso de construcción puede organizarse en ciclos repetitivos donde es posible aplicar la mecanización y estandarización apropiada lográndose así un mejor adiestramiento de la

mano de obra y un mejor control de las operaciones programadas. De esta forma se logra ejecutar el 70% del volumen total de la obra, quedando el 30% restante para el acabado final que incluirá: terminación de instalaciones, pintura., acabados de pisos, etc.

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

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

En el frente que corresponde a la prefabricación se construye con antelación una pista de concreto, generalmente a pie de obra, donde se colocan los encofrados de losas, tabiques y escaleras. Las formaletas metálicas responden a la geometría definida en el proyecto para cada uno de estos componentes. En cada uno de los paralelos que conforman dichas formaletas se prevén los detalles correspondientes a las armaduras salientes y las cajuelas que permitirán la adecuada consolidación de las juntas horizontales o verticales, según el caso.

El proceso en la pista se inicia con el ajuste de los encofrados, la colocación de las armaduras y de los ganchos para el manejo de los componentes prefabricados, así como, de las instalaciones, marcos y salvaciones para ductos en la medida en que sean requeridos. Luego se procede al vaciado del concreto en cada uno de los moldes y al acabado del mismo según las especificaciones. El desencofrado se realiza al día siguiente, aproximadamente a las 18 horas de terminado el vaciado, donde el concreto alcanza la resistencia suficiente para su traslado y depósito. La prefabricación se debe realizar con

antelación suficiente para que las piezas puedan permanecer al menos 2 semanas en el depósito antes de ser colocadas en su sitio definitivo de trabajo.

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

El proceso de construcción llamado a "*cielo abierto*" hace 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 trabajan directamente desde arriba.

El uso de lámina metálica y perfiles de acero, ambos de producción nacional, para la producción de los encofrados asegura la durabilidad de la herramienta y la posibilidad de ser reutilizada en muchas oportunidades, si se parte del buen uso y mantenimiento de la misma. Además, estos materiales aseguran el acabado coherente con las exigencias de la obra limpia en concreto, con lo que es 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. (Figura 4)



Figura 4

Construcción del Conjunto Raúl Leoni, Club Hípico, Maracaibo, con el sistema SIMIX
Foto N. Dembo

Con el sistema SIMIX se lograron construir, en 10 años, 3858ii unidades de viviendas en diversas zonas del país abarcando 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 (encontrados para el vaciado de las paredes + encontrados 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 conllevó 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 aun un tema pendiente.

Sistema SIMAC

El SIMAC está enmarcado dentro del enfoque sistémico, desarrollado por el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, IDEC/FAU/UCV, en la década de los setenta, con el fin de producir edificaciones educacionales, administrativas y asistenciales.

La actividad con la que se inicia el Instituto estuvo vinculada al Sistema CLASP inglés, orientado al desarrollo de un sistema constructivo evolutivo como punto de partida para el

programa de construcción de escuelas y otras edificaciones públicas. Este sistema incluiría el desarrollo de la tecnología organizativa, control de costos y 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 de una serie de sistemas dirigidos a la producción de edificaciones educacionales. Entre dichos sistemas 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 caso.

La primera versión del SIMAC fue diseñada sobre la base de un sistema de pórticos con columnas y vigas de acero. Dichas 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.

Los marcos cuadrados de 2.40, 4.80 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.

Manteniendo algunas de las pautas de la primera versión se propuso 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.

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 una mayor flexibilidad del espacio interior. Por ello la cercha de borde no podía reforzarse aumentando su altura. La solución al problema se concretó a través de 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.

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 están conformadas por angulares de acero, de producción nacional, ensamblados de forma tal que la columna alcanza la altura total del edificio (2 pisos). El amarre de las columnas se realiza a través de un collarín que, piso a piso, sirve de soporte a las cerchas. Las uniones entre los componentes se hacen a partir de pernos y soldadura. (Figura 5)



Figura 5
Construcción del ITUY, en San Felipe, con el sistema SIMAC
Foto N. Dembo

Las losas del sistema son de concreto armado y se prefabrican en una pista de producción a pie de obra. La modulación de las losas responde a la retícula de 2.4 x 2.4 metros. El espesor de las mismas es 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 generaba vibración de la losa una vez que estas eran sometidas a las cargas de trabajo. Además, las delgadas placas permitían la transmisión del ruido en niveles tales que era necesario alfombrar las superficies de piso para mitigar las molestias causadas.

La primera experiencia en la que se utilizó el SIMAC fue el Instituto Universitario Tecnológico de Yaracuy, IUTY. La obra se construyó por etapas y en cada una de ellas se implementaban 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. En ese sentido 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.

Con el sentido de un instituto de investigación las experiencias del SIMAC siguieron trabajándose tanto en los aspectos micro, como 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 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 con este sistema pasaron a formar parte del dominio tecnológico que caracterizó al IDEC durante los setenta, en especial, 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 m² 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 alternativas que poco tiene que ver con el sentido repetitivo y monótono que suele asociarse a este tipo de producción.

La prefabricación de las nuevas salas de exposición del MBA, pasando 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 prefabricación trasciende las soluciones a los problemas técnicos vinculados a la producción de las edificaciones y ofrece opciones asociadas al carácter formal y calidad del diseño.

La exigencia fundamental para que la industrialización de los procesos de producción tuviese viabilidad fue, y así seguirá siendo, el nivel de compromiso de los proyectistas con 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 implementación de nuevas formas de producción.

Vale mencionar que los casos antes expuestos fueron en su momento, cada uno dentro de sus circunstancias, opciones competitivas dentro del ámbito de la construcción. Más aún, su viabilidad se concretó, no por la innovación tecnológica implícita en cada uno de los casos, sino porque lograron imponerse a partir de precios más ventajosos que las alternativas frente a las cuales debieron competir.

Actualmente la construcción industrializada, más concretamente la prefabricación en nuestro país, se reduce a experiencias aisladas que, aunque fructíferas, resultan demasiado atomizadas para consolidar una oferta que satisfaga los problemas y demandas del sector construcción en el ámbito de las edificaciones.

En esta búsqueda que proponemos debemos ahora incorporar el tema de la sostenibilidad, es decir, debemos repensar el tema de la industrialización de los procesos de producción en función de la protección ambiental, la reducción de desperdicios, el ahorro energético. Para

ello habrá que recurrir a criterios racionales de producción que no parecen controversiales con la prefabricación y otras formas de producción industrializadas. Sin embargo, será necesario pensar si tenemos que producir en grandes plantas o en pequeñas plantas, en grandes series o en pequeñas series de producción, si los componentes deben ser intercambiables o debe haber libertad para que muchas empresas construyan y se vayan desarrollando ellas mismas. Por ello se aspira con este estudio retomar las experiencias desarrolladas en la década de los sesenta, considerándolas como un ejercicio inacabado, sujeto a revisión y que podría dar luces a acciones futuras.

ⁱ El término industrialización será utilizado para denotar los procesos constructivos racionalizados que incorporan un alto grado de mecanización, entre ellos la prefabricación.

ⁱⁱ El dato proviene del catálogo SIMIX propiedad de la empresa OTIP c.a.

BIBLIOGRAFÍA

AA.VV (1980) Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas. División de Planeamiento Físico (FEDE). El Sistema Constructivo para Edificaciones Educativas, "Ven-Uno". Generalidades, Caracas, FEDE 1980.

AA.VV (1984): *La Producción de edificaciones Educativas en Venezuela*
CONICIT / IDEC / CLASP

AA.VV (1992): *Cuando Venezuela perdió el rumbo*, Caracas, ediciones CAVENDES

Cilento Sarli, Alfredo (1999): *Cambio de paradigma en el hábitat*, Caracas, IDEC, CDCH, UCV.

Dembo, Nancy (2006): *La tectónica en la obra de Carlos Raúl Villanueva. Aproximación en tres tiempos*, Caracas, FAU / CDCH / UCV

Morris, Henry (1976): Introducción al Sistema CLASP. IDEC, FAU, UCV.

DOCUMENTOS

AA.VV. (1973): I Simposium Latinoamericano sobre racionalización de la construcción, Información sobre el estado actual de la racionalización de la construcción de viviendas en cada país, Caso Venezuela, Banco Obrero, Oficina de Investigación y Difusión, División de Desarrollo Experimental

AA.VV (1967): Memorias I Jornadas Venezolanas de Prefabricación, Asociación venezolana de Ingeniería Estructural

AA.VV (1970): Memorias II Jornadas Venezolanas de Prefabricación, Asociación venezolana de Ingeniería Estructural

AA.VV (1981): Memorias Simposium Latinoamericano de Racionalización de la Construcción en Viviendas de Interés Social, Sao Pablo, Brasil.

AA.VV (1990): I Simposium Iberoamericano sobre Técnicas constructivas industrializadas para viviendas de bajo costo, Maracaibo

REVISTAS, ARTÍCULOS VARIOS

Cilento Sarli, Alfredo (1965): "Informe sobre la factibilidad de utilización de sistema de producción industrial en Venezuela", Oficina de Programación y Presupuesto del Banco Obrero.

Cilento Sarli, Alfredo (1970): "Tecnología y recursos de la prefabricación en Venezuela. Aspectos de producción, transporte y montaje", en Memoria II Jornadas Venezolanas de Prefabricación. Asociación Venezolana de Ingeniería Estructural, Comisión de Prefabricación, Caracas, p. 53-88.

Hernández, Henrique (1986), "Programa de incentivos a la innovación en la producción y comercialización de materiales y componentes para la habitación popular PRO-MAT", en *Tecnología y Construcción*, No.2, IDEC, FAU, UCV.

Cilento Sarli., A.; Fossi Belloso, V. (1998): "Políticas de vivienda y desarrollo urbano en Venezuela (1928-1997). Una cronología crítica", *Urbana*, No. 23, p. 35-52.

Cilento Sarli, A. (2003): Hogares sostenibles de desarrollo progresivo. IDEC/FAU.

TRABAJOS DE GRADO

Arellano, Alfonso (2005), *La Unidad de diseño en avance del Banco Obrero: Vivienda, técnica y metrópoli, 1961-1969*, trabajo presentado para aspirar al título de Doctor en Arquitectura

Cilento Sarli, Alfredo (1989), Financiamiento y mercado de la vivienda en Venezuela, trabajo presentado para ascender a titular en el escalafón académico

Hernández, Henrique (1972), *Programa experimental de vivienda. Un caso de aplicación de los criterios de los sistemas constructivos flexibles*, trabajo presentado para ascender en el escalafón académico

CATÁLOGOS

Catálogo Sistema SIMIX

Catálogo Sistema SIMAC