

Técnica de producción de componentes de concreto y anime para viviendas

Ing. Idalberto Aguila Arboláez
IDEC/FAU/UCV

Resumen

Propuesta de una técnica artesanal que se basa en la conformación y el posterior montaje de elementos prefabricados en obra o en pequeñas plantas, para lo cual se emplea una técnica no tradicional de elaboración de paneles portantes, vigas y losas. Los elementos están constituidos por concreto, de agregado fino, aligerados con bloques de poliestireno expandido (anime) colocados en su interior, lo que contribuye al confort térmico y acústico de los espacios, con la particularidad de que al quedar dentro de la masa de concreto está protegido del fuego u otros elementos externos que lo puedan dañar. La forma de producción es muy sencilla y económica, no requiriendo mano de obra calificada por lo cual resulta adecuada para la conformación de pequeños talleres en obra, e incluso para su apropiación por pequeñas empresas o comunidades organizadas que no sólo pueden autoconstruir sus viviendas sino que lo pueden hacer de manera progresiva.

Abstract

This is a proposal of a craft technique, based on the conformation and installation of prefabricated elements, for building sites or small plants. This involves a non traditional technique of panels, beam and tiles elaboration. The elements are constituted by fine aggregate concrete, which is lightened in its interior with expanded polyethylene that contributes to thermal and acoustic comfort and that, being inside the mass of concrete, is protected from the fire or some other external factors that could damage it. The production is very simple and cheap and, since no skilled labor is required, it is suitable for the conformation of small plants in building sites, even for small companies or organized communities that not only could build their own houses, but do so in a progressive manner.

El concreto es, sin dudas, uno de los materiales de construcción que más se utilizan porque se emplea, en mayor o menor proporción, en todo tipo de construcción. El desarrollo de la industria de la construcción durante todo el siglo XX dependió del acero y de este material como de ningún otro y hasta nuestros días goza de gran aceptación tanto en la construcción formal como en la informal.

Sin embargo, en las últimas décadas se han puesto de manifiesto dos elementos que han llevado a muchos investigadores a pensar en formas de disminuir el empleo masivo del concreto en la construcción. El primero es el costo, que ha sobrepasado el poder adquisitivo de una parte importante de la población, sobre todo de las personas de bajos recursos; el segundo es el impacto ambiental que genera tanto la producción de sus constituyentes como su utilización en obra.

En general los distintos constituyentes del concreto, pero en particular el cemento, acarrear, de una manera significativa, estos problemas. Según Aguila (1999), mientras en la mayoría de los países desarrollados un obrero normal requiere menos de 1 hora de trabajo para adquirir 1 saco de cemento, en Venezuela se requieren 6 horas, pero en otros países del tercer mundo la situación es aún mucho más dramática.

Descriptor:

Componentes de concreto; Bloques de poliestireno; Anime

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN. Vol. 19-III, 2003, pp. 29-37.
Recibido el 25/02/04 - Aceptado el 31/05/04

De igual modo el impacto ambiental que provoca la producción de cemento ha sido evaluado por muchos autores. A este respecto destacan tres aspectos:

- Consumo de materias primas naturales.

La caliza y la arcilla, principales materias primas de la producción de cemento, son materiales naturales que, aunque abundantes, no son inagotables, sobre todo si tenemos en cuenta que los volúmenes de materiales que se requieren para la producción de cemento son muy grandes. La producción mundial de cemento en la actualidad, según Cachán (2001), se estima en alrededor de 1.400 millones de toneladas anuales, afirmando que para producir una tonelada de cemento se consumen 1,6 toneladas de materias primas naturales.

- Consumo energético.

Nuevamente de acuerdo con lo señalado por Cachán (2001), en la obtención del clinker se requiere quemar en el horno una cantidad de combustible capaz de generar una energía de 3.200 a 5.500 MJ/ton de clinker, en tanto que durante el proceso de molienda se consume una energía eléctrica de 90 a 130 Kwh/ton de cemento. Según Huet (2000) la producción de cemento en España consume el 0,6 % de toda la energía que se consume en el país.

- Emisiones.

Los principales contaminantes que se emiten en este proceso, reconocido por la literatura técnica y de acuerdo con las regulaciones de la comunidad europea son: óxidos de nitrógeno (NOx) y otros compuestos nitrogenados; dióxido de azufre (SO₂) y otros compuestos sulfuroso; partículas y dióxido de carbono (CO₂).

Los óxidos de nitrógeno y azufre emitidos a la atmósfera, así como las partículas, son reconocidos por su efecto tóxico, que afecta sensiblemente a las personas y demás formas de vida, además de nuestras edificaciones.

El dióxido de carbono (CO₂), aunque comúnmente no se considera de por sí un elemento contaminante debido a que no es tóxico, sí se debe considerar como otra de las emisiones dañinas de la producción de cemento debido a los grandes volúmenes en que se presenta y a su condición de gas de efecto invernadero que, como es sabido, contribuye al exceso de calentamiento del globo terrestre. Según Cachán (2001), por cada tonelada de clinker que se produce se emiten a la atmósfera entre 800 y 900 kg de CO₂. Igualmente, el dióxido de carbono liberado en la atmósfera, en combinación con agua y sales solubles presentes en algunos materiales pueden originar el fenómeno de carbonatación capaces de destruir estructuras de concreto.

Además de estas sustancias se incorporan a la atmósfera, en mucha menor medida, otras emisiones de

compuestos orgánicos volátiles, metales y sus compuestos, así como dioxinas y furanos.

La literatura especializada ofrece muchas más evidencias acerca de la necesidad de racionalizar el uso del concreto en la construcción. Una vía que se está explorando con mucha insistencia y cierto éxito es la búsqueda de materiales alternativos que permitan la sustitución parcial o total de este material. Sin embargo, igualmente constituye un camino posible continuar aprovechando las bondades y la aceptación de este material y tratar de disminuir la cantidad de concreto a utilizar por metro cuadrado de edificación, sobre la base de desarrollar tecnologías innovadoras que, sin disminuir la calidad, consuman menos materiales por unidad de construcción que las tecnologías tradicionales.

En este caso se propone una técnica artesanal para producir elementos de concreto (paneles, vigas y losas) utilizando bloques de anime como relleno. Se logran, con esta técnica, elementos estructurales con poco volumen de concreto y mucha inercia, con lo cual se aprovecha mucho más la capacidad resistente del material. Además, la forma de producción es muy sencilla y económica, no requiriendo mano de obra calificada por lo cual resulta adecuada para la conformación de pequeños talleres en obra, e incluso para su apropiación por pequeñas empresas o comunidades organizadas que no sólo pueden autoconstruir sus viviendas sino que lo pueden hacer de manera progresiva. Según Cilento (2002), estos son elementos esenciales para una construcción de viviendas sostenible.

Por su parte Acosta (2002) señala que «es importante investigar, proponer y planificar fórmulas para la reducción y gestión de los RCD» (Residuos de Construcción y Demolición). En la concepción de la propuesta se utilizan criterios tendientes a disminuir los residuos provenientes de la construcción al recurrir a la prefabricación de los componentes, utilizando moldes reutilizables, con lo cual disminuye la colocación de concreto en obra y el uso de encofrados; se propone además ofrecer un acabado final a los componentes desde la planta y se prevén algunas soluciones de diseño que evitan desperdicios o permiten su reutilización en la propia obra.

Hasta esta etapa de la investigación sólo se persigue como objetivo la concepción general de los componentes de la propuesta a nivel de diseño y los detalles constructivos principales, para posteriormente resolver los detalles restantes y realizar las pruebas de validación necesarias. Toda la información registrada aquí aparece en el informe parcial realizado para esta etapa de la investigación (Aguila, 2001).

Características generales de la técnica propuesta

La propuesta se basa en la conformación y el posterior montaje de elementos prefabricados en obra o en pequeñas plantas, de manera muy artesanal, para lo cual se emplea una técnica no tradicional de elaboración de paneles portantes, vigas y losas. Los elementos están constituidos por concreto, de agregado fino, aligerados con bloques de poliestireno expandido (anime) colocados en su interior. Por esta vía se logran secciones transversales de inercia relativamente elevada con escaso consumo de concreto y un peso relativamente bajo. El anime, además, contribuye al confort térmico y acústico de los espacios, con la particularidad de que al quedar dentro de la masa de concreto está protegido del fuego u otros elementos externos que lo puedan dañar.

Los paneles y vigas se unen entre sí, en obra, por medio de mortero y empleando barras de acero de pequeño diámetro para formar paredes portantes, de forma similar a la mampostería armada. Además, la unión entre paneles permite la conformación de cavidades internas, tanto en vertical como en horizontal, en las que pueden colocarse tuberías para instalaciones eléctricas o hidráulicas, evitando romper las paredes para este fin, lo cual provocaría más trabajo, más desperdicios y el debilitamiento de éstas.

Las losas tienen la particularidad de elaborarse en dos etapas, una parte prefabricada donde se conforman especies de semilosas, las cuales se concluyen en obra con la colocación de una malla de acero superior y el vaciado del topping, que a su vez las integra en un componente único. Las losas se pueden colocar tanto en posición horizontal como inclinada, pudiendo ser usadas para techos y entrepisos. Al colocar una semilosa junto a la otra se genera un nervio entre ellas donde, en caso de cumplir la función de entrepiso, se puede colocar un refuerzo de acero adicional; para el caso del techo este nervio no necesitaría refuerzo y en cambio se puede rellenar con desperdicios de la obra.

Modulación

Se propone basar el sistema de modulación en una retícula de 0,90m, siendo éste el ancho tanto de los paneles como de los vanos para puertas y ventanas. Las losas tienen un ancho de 0,45m con lo cual se ajustan al módulo de 0,90m a partir de la combinación de dos de ellas. Los espacios interiores tendrían dimensiones nominales típicas de 2,70m o 3,60m, apropiadas para vivien-

das, pudiendo también ser de 1,80 m o 0,90 m, según se requiera.

Verticalmente, los paneles tienen dimensiones de 0,30m y 0,90m, por lo que se pueden lograr alturas de pared, vanos de puertas y ventanas, antepechos, etc., de cualquier dimensión múltiple de 0,30m. Las puertas típicas podrían tener una altura de 2,10m, las ventanas de 1,20m, los antepechos de 0,90m y las paredes alcanzarían 2,35m cuando se colocan las vigas, que tienen una altura de 0,25m.

Criterios y cálculos estructurales

A partir de esta técnica se pueden conformar paredes capaces de comportarse adecuadamente ante cargas verticales y horizontales, para ser utilizadas en zonas sísmicas. Las cargas verticales serán tomadas y transmitidas hasta las paredes por las losas, que pueden funcionar, con ligeras variaciones en obra, tanto para techos como para entrepisos. Las losas se unen entre sí y con las paredes, a través de vaciados de concreto con barras de acero de refuerzo, conformando un diafragma rígido en el plano horizontal que junto con las vigas contribuye a la rigidez superior de la estructura.

Las paredes, de paneles portantes, soportan y transmiten a las fundaciones todas las cargas tanto verticales como horizontales, para lo cual cuentan con un armado en las dos direcciones distribuido en toda la superficie de la pared y anclado a las fundaciones, que le proporciona la resistencia, la elasticidad y la rigidez necesarias para comportarse bien ante cargas tanto estáticas como dinámicas. Su capacidad portante debe permitir la construcción de viviendas de hasta dos plantas.

Se realizaron los correspondientes cálculos estructurales tanto a las losas de entrepiso y techo como a las paredes.

En el caso de las losas se realizó primeramente el análisis de las semilosas sometidas a los esfuerzos correspondientes a la etapa de vaciado del topping en obra, considerando el peso de éste como carga actuante y obviando, lógicamente, su aporte en resistencia a compresión. El poco espesor de la semilosa la hace poco resistente a la flexión y poco rígida en la dirección perpendicular a su plano, por lo cual se requiere colocar, antes del vaciado del topping, un apoyo intermedio que reduzca la luz a la mitad y con esto aumentar su resistencia y disminuir la flecha originada por deformación. A partir de esta consideración se determinó que se requiere de un refuerzo de acero conformado por 4 barras de 7mm.

Se chequeó este refuerzo para la etapa de trabajo definitiva de las losas, obteniéndose que en el caso del techo es suficiente con este refuerzo, en tanto que para entrepiso se requieren 5 barras de 7mm, por lo que en este caso se necesita colocar un refuerzo adicional en los nervios que se conforman entre losas.

Para el cálculo de las paredes se tomó como referencia la Norma COVENIN 1756-98: Edificaciones sismo-resistentes. Basados en ella se determinaron las cargas horizontales actuantes y se realizó el análisis de una vivienda típica de dos plantas.

Teniendo en cuenta que las juntas entre paneles pueden ser utilizadas para la colocación de tuberías para instalaciones hidráulicas y eléctricas, en los cálculos se despreció el aporte del concreto vaciado en éstas tanto a esfuerzos de compresión como al corte. Su utilización se limita a mantener embebidas las barras de acero de refuerzo y a conectar los paneles entre sí.

Se chequearon los esfuerzos de corte y de flexión de las paredes determinando que se requiere de una barra de 7' de diámetro colocada en posición vertical, de pi-

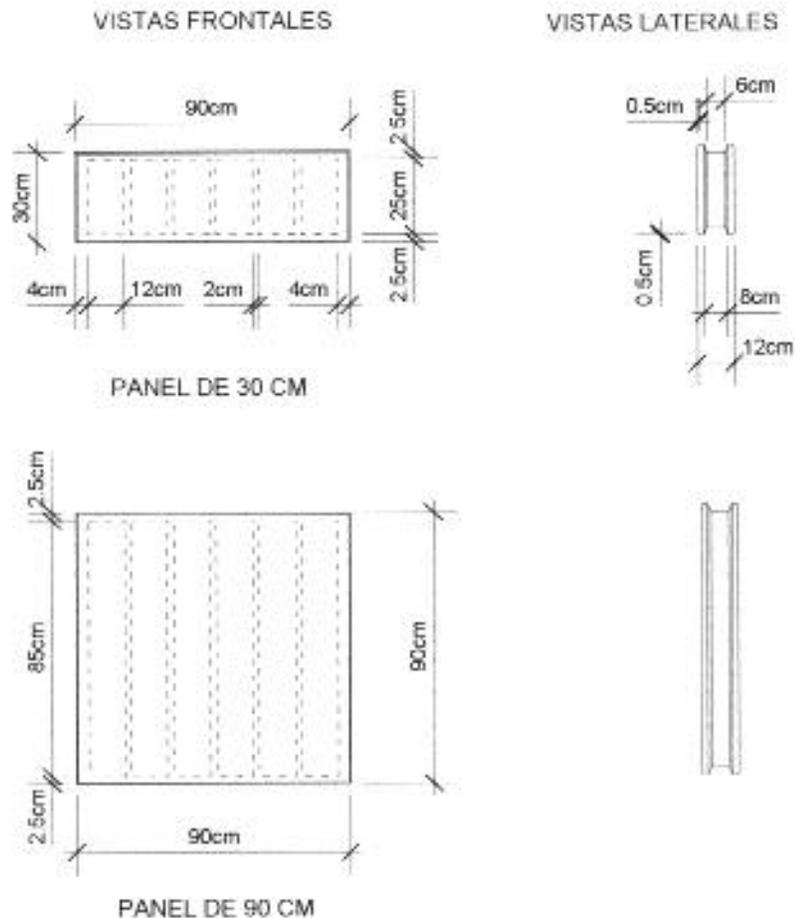
so a techo, por cada 90cm de pared. Estas barras serán colocadas en cada junta entre paneles, separadas a esa distancia entre sí.

Componentes básicos de la propuesta

Paneles

Los paneles se pueden prefabricar en obra o en una pequeña planta artesanal, utilizando moldes muy sencillos de madera o metal. Se elaborarían en dos tamaños: 0,90 x 0,90 m y 0,90 x 0,30 m con un espesor de 0,12 m y acabado de concreto a vista en ambas caras, aunque se puede modificar el acabado de una de las caras colocando cerámicas, acabados rústicos, colorantes, etc., durante la elaboración misma. En los bordes de los paneles se conforman canales para posibilitar la colocación de acero de refuerzo en obra y para el paso de tuberías de instalaciones hidráulicas y eléctricas. Su conformación consiste en dos paredes portantes de concreto de agregado fino de 2cm

Figura 1
Paneles prefabricados



de espesor, unidas entre sí por varios nervios verticales del mismo material que se forman colocando bloques alargados de anime en su interior separados a dos centímetros entre sí para conformar, con el vaciado, los mencionados nervios. Los bloques de anime cumplen la función de aligerar los paneles, a la vez que permiten separar ambas caras del panel, aumentando su inercia sin la necesidad de colocar mucho concreto. Paralelamente el anime contribuye al aislamiento térmico y acústico de la pared.

Si se compara el consumo de concreto para una pared elaborada a base de estos paneles con otra hecha de bloques de concreto se puede apreciar, sin necesidad de cuantificar, que en ambos tipos de componentes se tienen dos paredes de 2cm de espesor separadas entre sí y conectadas por nervios de espesor similar, sin embargo el bloque de concreto normalmente requiere de 2cm de friso adicionales por ambas caras que incrementarían el consumo de material entre 1,5 a 2 veces. Por otro lado la demanda de fuerza de trabajo y el tiempo de ejecución en obra igualmente se incrementarían. En contraposición se necesitaría cierta cantidad de anime, pero éste podría ser de baja ca-

lidad y ayudaría al aislamiento térmico y acústico. En sustitución del anime se podrían utilizar otros materiales que cumplieran con la única función de generar espacios, como bloques de cartón o algún tipo de desperdicio.

Vigas

Las vigas se elaboran a partir del ensamblaje, el reforzamiento y la integración con la losa en obra de fragmentos prefabricados que poseen una conformación externa parecida a los paneles, produciéndose, en este caso, en dimensiones de 0,90m x 0,25m y el mismo espesor de 0,12m. El acabado de estos fragmentos es, igualmente, a obra limpia y poseen canales en los bordes para la colocación de acero de refuerzo adicional y de mortero a la hora de elaborar las vigas en obra. Su conformación consiste en un bloque alargado de anime rodeado de concreto de agregado fino, quedando una especie de viga tubular de concreto con un refuerzo de cuatro barras de acero de 6mm de diámetro salientes del concreto y estribos de 4mm espaciados a 25cm.

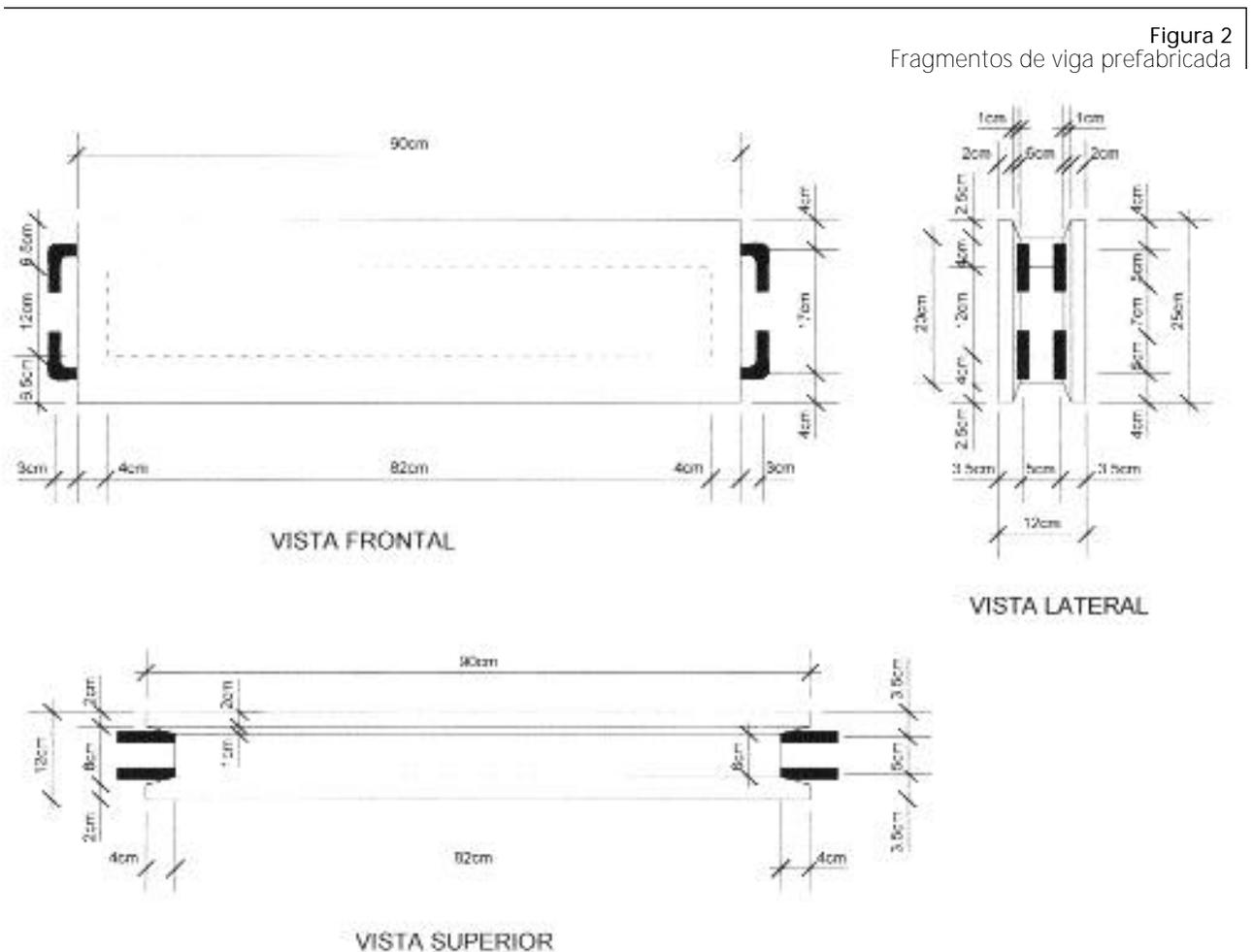


Figura 2
Fragmentos de viga prefabricada

Losas

Las losas, al igual que los paneles y las vigas, se pueden prefabricar en obra o en una pequeña planta artesanal, utilizando moldes muy sencillos de madera o metal. Se elaboran igualmente en dos tamaños: 0,45m x 4,20m y 0,45m x 3,30 m, en dependencia de la luz a cubrir, con un espesor de 0,13m pero, a diferencia de los paneles, su elaboración se hace en dos etapas: primero se prefabrica un semilosa que posteriormente en obra se completa con el vaciado del topping. La semilosa tiene en planta las dimensiones definitivas pero su espesor es de sólo 2cm, con nervios, en posición invertida, de 2cm de ancho y 8cm de alto. Al colocar en obra las losas una junto a otra se genera una plataforma suficientemente estanca para no requerir de encofrado para el vaciado del topping, requiriendo sólo un apoyo en el centro de la luz para soportar el peso del vaciado en sitio. En las uniones entre losas se genera un espacio factible de utilizar para colocar tuberías para instalaciones hidráulicas y eléctricas, a la vez que permite incorporar un refuerzo de acero adicional en el caso de ser utilizada como entrepiso; en el caso del techo este espacio se puede usar para verter cualquier tipo de desecho generado durante la construcción o colocar anime, con lo cual se utilizaría menos concreto para rellenar los nervios y ayudaría con la labor de gestión de escombros. Su conformación final consiste en dos capas de concreto reforzado de agregado fino, unidas entre sí por varios nervios verticales del mismo material, que se forman colocando bloques alargados de anime en su interior separados a dos centímetros entre sí para conformar, con el vaciado, los mencionados nervios. Los bloques de anime cumplen la función de aligerar las losas a la vez que permiten separar ambas caras de la losa, aumentando su inercia, sin la necesidad de colocar mucho concre-

to. Paralelamente el anime contribuye al aislamiento térmico y acústico de la losa.

La reducción del consumo de concreto de esta losa respecto a una losa maciza, con la misma capacidad de carga, es evidente, con la ventaja adicional de no tener que usar encofrado ni ser necesario frisar por la cara inferior.

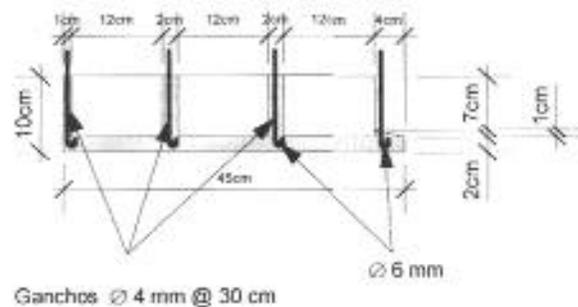
Recursos necesarios para la prefabricación de los componentes

Materiales:	Cemento Portland 250 Arena Gruesa Agua Anime
Mano de obra:	Albañil B Cabillero B Ayudantes
Equipos:	Moldes Carretilla Pala Cuchara de albañil Segueta

Proceso de elaboración de los paneles

1. Se coloca el molde sobre una lámina metálica bien asentada.
2. Se vierte una capa de concreto de 2cm de espesor.
3. Se colocan los bloques de anime separados a 2cm entre sí.
4. Se coloca la última capa de concreto igualmente de 2cm de espesor, cuidando a la vez que queden conformados los nervios, rellenando los espacios entre bloques de anime.
5. Se ejecuta el acabado deseado de la cara expuesta del panel.

Figura 3
Semilosas prefabricadas



SECCIÓN TRANSVERSAL

Proceso de elaboración de las vigas

1. Se coloca el molde sobre una lámina metálica bien asentada.
2. Se vierte una capa de concreto de 2cm de espesor.
3. Se coloca el acero de refuerzo.
4. Se colocan los bloques de anime separados a 2cm entre sí.
5. Se coloca la última capa de concreto igualmente de 2cm de espesor, cuidando a la vez que queden conformados los nervios, rellenando los espacios entre los bloques de anime y las paredes del molde.

Proceso de elaboración de las losas

1. Se coloca el molde sobre una lámina metálica bien asentada.
2. Se vierte una capa de concreto de 2cm de espesor.

3. Se colocan los bloques de anime separados a 2cm entre sí.
4. Se coloca el acero de refuerzo.
5. Se rellenan de concreto los espacios entre bloques de anime, conformando los nervios.

Montaje en obra

Fundaciones

Las fundaciones se ejecutarán de la manera tradicional, como si fuera una mampostería armada convencional. Consisten de una losa de fundación de concreto armado recrecida y reforzada en las zonas donde posteriormente se colocarán las paredes, con la particularidad

Figura 4
Construcción de losa de fundación

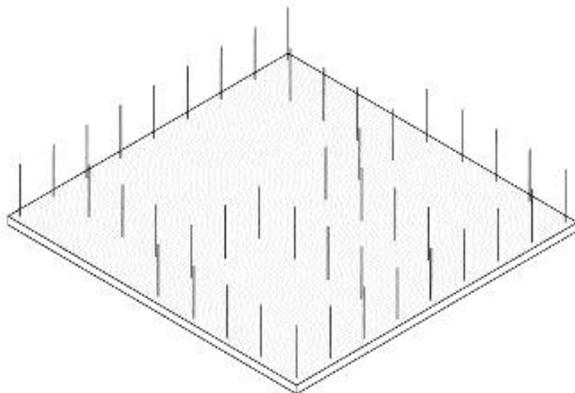


Figura 6. Colocación de las hiladas de paneles restantes

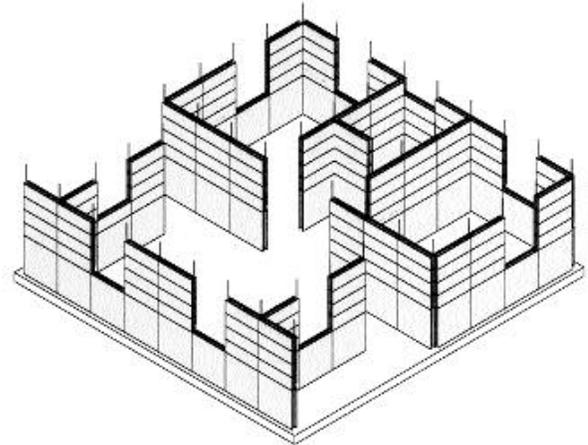


Figura 5.
Colocación de la primera hilada de paneles

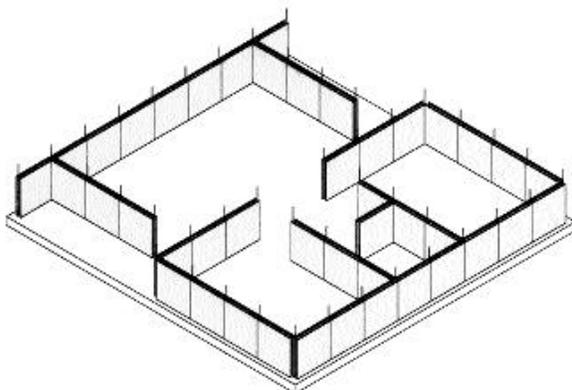
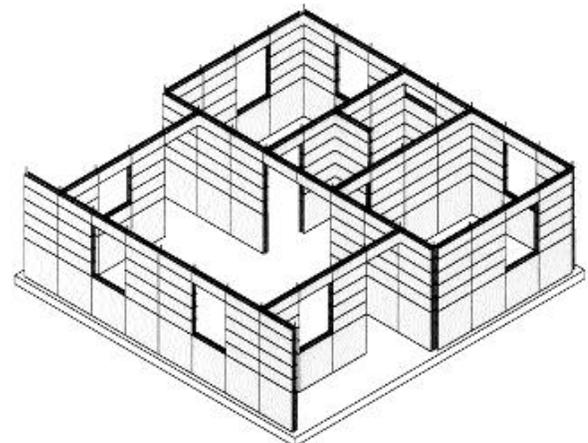


Figura 7
Colocación de fragmentos de vigas



de que cada 90cm debe dejarse un arranque vertical de acero $1/2"$ con una longitud libre de 120cm (un cálculo estructural tentativo, basado en la Norma COVENIN 1756-98: Edificaciones sismo-resistentes, ofreció este resultado, sin embargo esto debe ser chequeado y ensayado convenientemente).

Paredes

1. Se colocan las tuberías para instalaciones hidráulicas y eléctricas.
2. Se coloca la primera hilada de paneles rellenando con mortero la canal horizontal que se genera entre el panel y la fundación y manteniendo su verticalidad con pie de amigo.
3. Se colocan los cajetines para salidas de electricidad y las tuberías para salida de aguas blancas, rompiendo ligeramente los bordes de los paneles en los lugares correspondientes.
4. Se rellena con mortero la junta vertical entre paneles y se rematan las zonas afectadas por las salidas de pared.
5. Se coloca el refuerzo vertical del resto de la pared, con acero $1/2"$ cada 90cm atado a los arranques de la fundación, garantizándose una longitud de empalme de 30cm. Este acero debe llegar hasta la losa de entrecimso o techo.
6. Se colocan las siguientes hiladas de la misma forma cuidando de colocar el refuerzo horizontal de acero $6mm$ entre las hiladas que corresponda, así como las posibles salidas de electricidad o de agua que aparezcan.
7. Se colocan los fragmentos de vigas de forma similar a los paneles. En este caso se debe colocar refuerzo horizontal de acero $6mm$ en la parte inferior y en la

parte superior de la viga. En el caso de techos con pendiente, para lograr la inclinación de las losas se coloca en el eje central de la vivienda una viga sobre la otra con su respectivo refuerzo, así como paneles triangulares para el cierre de las fachadas.

Losa de entrecimso o techo

1. Se colocan las semilosas prefabricadas sobre las vigas en posición horizontal o inclinada según sea el caso. Se deben apuntalar las semilosas con puntales y una viga de madera o metal que pase por el centro de la luz de las mismas.
2. Se coloca la malla de refuerzo superior. En caso de entrecimso se coloca el acero adicional de refuerzo de los nervios.
3. Se coloca el encofrado lateral del topping.
4. Se vacía el topping.

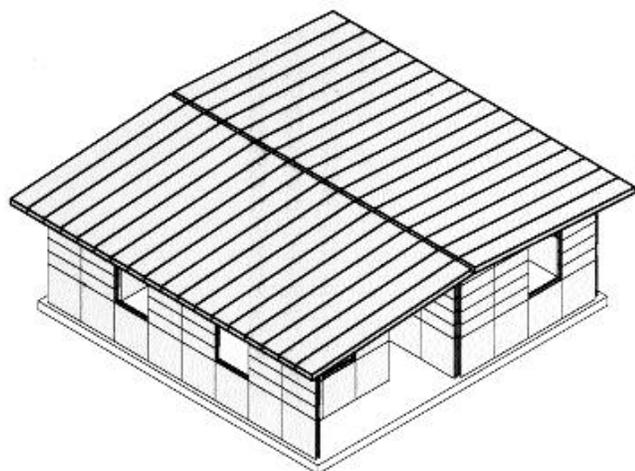
Acabados

El acabado de las paredes puede ser a obra limpia, con el concreto a la vista, o se puede pintar de igual manera que cualquier pared frizada, no obstante, como se explicó anteriormente, durante la elaboración de los paneles estos pueden recibir otros tipos de tratamiento superficial que proporcionarían otra apariencia definitiva a la pared.

La carpintería puede ser de cualquier tipo de las tradicionalmente utilizadas, debiendo ajustarse a la coordinación dimensional del sistema.

Otras soluciones de acabados tradicionales pueden ser adoptadas al utilizar el sistema, dada su flexibilidad y la similitud con la mampostería tradicional.

Figura 3
Semilosas prefabricadas



Instalaciones

Las instalaciones, tanto eléctricas como hidráulicas y sanitarias pueden realizarse de forma similar a una mampostería tradicional, con la diferencia de que las tuberías eléctricas e hidráulicas se colocan, sin necesidad de romper paredes, utilizando las canales que se forman en las uniones entre paneles y entre losas.

Conclusiones

Evidentemente no estamos ante un producto terminado, hasta el momento sólo se ha llegado a concebir una manera de producir componentes estructurales para viviendas; en una segunda etapa, que se encuentra en formulación, se procederá a realizar las pruebas y los ensayos necesarios para verificar el comportamiento de los componentes, aislados y en su conjunto, así como a resolver los detalles constructivos necesarios, lo cual permitirá en el futuro completar un sistema constructivo que pueda ser patentado e incorporado al mercado de la vivienda.

Sin embargo, hasta el momento se aprecia una propuesta con potencialidades visibles para ser utilizada como base para un sistema constructivo para viviendas del cual pueden esperarse ventajas económicas, técnicas y sociales a la hora de su eventual futura implementación.

Referencias Bibliográficas

- Acosta, D. (2002) «Reducción y gestión de residuos de la construcción y demolición (RCD)», *Tecnología y Construcción* n° 18-II, pp. 47-66.
- Aguila, I. (2001) Sistema constructivo VICOCA. Vivienda de componentes de concreto y anime. Informe parcial de investigación. UCV, Caracas.
- Aguila, I. (1999) Tecnología alternativa de producción de cemento puzolánico con ceniza de cascarilla de arroz. Caracas. Tesis de maestría. UCV.
- Cachán, A. (2001) Cementos. Encuentro Medioambiental Alme-riense: En busca de soluciones. Documento de Internet.
- Cilento, A. (2002) «Hogares sostenibles de desarrollo progresivo», *Tecnología y Construcción*, n° 18-III, pp. 23-38.
- COVENIN (1998) Edificaciones sismo-resistentes. Norma Venezolana COVENIN 1756-98.
- Huete, R. (2000) Aproximación a un proyecto de construcción sostenible. Curso de ampliación de conocimientos «La sostenibilidad de la construcción». Material de apoyo. UCV.