

PROCESO DE CONSTRUCCION PARA VIVIENDAS DE BAJO COSTO BASADO EN TECNICAS DE CAPAS DE MORTERO ARMADO

Gladys Maggi V. (*)
Henrique Hernández()**

(*) Ingeniero Civil, UCV., Profesora a nivel Agregado.
Investigador del IDEC, FAU, UCV, desde 1975.

(**) Arquitecto, UCV., Profesor Titular Jubilado.
Profesor de la FAU (1958-1979), Director
Fundador del IDEC, FAU, UCV.

1. INTRODUCCION

En la actualidad Venezuela mantiene un déficit habitacional a nivel de las familias de más bajos ingresos que día a día se incrementa en cantidad y velocidad. esta situación se ve agravada por el alto costo de los materiales y de la mano de obra así como la inaccesibilidad a terrenos adecuados.

Adicionalmente, los procesos de construcción y consolidación de las viviendas de familias pertenecientes a estos sectores de la población se realizan en etapas bien diferenciadas en el tiempo y creciendo en forma progresiva.

Toda esta situación conlleva a la necesidad de plantear en el campo del desarrollo tecnológico, soluciones constructivas para la vivienda popular como una contribución a la solución del problema habitacional, donde se toman en cuenta, entre otros, la utilización de materiales de fácil obtención en el mercado nacional y la sencillez en la técnica constructiva donde no se requiere mano de obra especializada.

Meta general: Basándose en estas premisas se plantea como producto de investigación un estudio orientado al desarrollo de técnicas para viviendas de construcción progresiva, basadas en la conformación de elementos utilizando mallas metálicas y encamisado de mortero.

Estrategia de trabajo: En el enfoque metodológico del proyecto de investigación se establece como estrategia el desarrollo de un conjunto de trabajos secuenciales (Fases del proyecto) a través de los cuales se aborda el estudio y análisis de casos concretos. Los resultados obtenidos en cada una de estas fases permiten identificar por una parte, una serie de aspectos claves a ser resueltos y por la otra, permiten definir las acciones específicas a ser afrontadas en los trabajos sucesivos a objeto de poder avanzar hacia una meta general (ver Esquema de Estrategia.)

A su vez los resultados de las fases de trabajo pueden tener dos vertientes, una para nutrir la investigación global a través de la determinación de los aspectos críticos que deben ser objeto de estudios especiales así como para la identificación de nuevos componentes a desarrollar para la producción industrial. Y la otra vertiente es la posibilidad de preparar un conjunto de conclusiones y recomendaciones que sirvan de base para la puesta en marcha de programas pilotos de construcción.

Plan de trabajo: Como fase inicial del proyecto de investigación (trabajo A del Esquema de Estrategia) se plantea el desarrollo de técnicas constructivas basadas en la elaboración de superficies preformadas en base a mallas metálicas y encamisado de mortero, las cuales son utilizadas para conformar elementos verticales y horizontales de la edificación.

Esta primera fase de la investigación se planifica en varias etapas. La primera incorpora la revisión bibliográfica de las técnicas utilizadas en experiencias anteriores. Revisión que permite detectar los diversos enfoques manejados en la construcción de elementos portantes y de cerramientos utilizando mallas metálicas. Todo ello permite generar una serie de propuestas constructivas que sirvan de base para la visualización del proceso de producción así como del desarrollo de

las técnicas específicas a ser probadas a nivel de planta experimental.

En la segunda etapa se elaboran una serie de modelos-prototipos a través de los cuales se manejan y resuelven diferentes aspectos relacionados con las técnicas en estudio. Entre ellos podemos mencionar, los diferentes materiales disponibles en el mercado nacional, las características geométricas y uso racional de los insumos, las operaciones y secuencia de producción, la especialidad de la mano de obra requerida, las herramientas necesarias.

Contenido del trabajo: Este documento corresponde a la descripción general de esta fase inicial de la investigación y consta a su vez de tres partes. En la primera se incluye una información resumida de las diversas técnicas utilizadas para la conformación de elementos en base a capas de mortero armado, así como los enfoques manejados en los diferentes procedimientos de producción de acuerdo a la función de los elementos resistentes utilizados en la edificación.

En la segunda parte se indican las diversas propuestas constructivas planteadas para la conformación de los elementos horizontales y verticales de la edificación utilizando la técnica de capas de mortero armado; seguido de los modelos-prototipos elaborados.

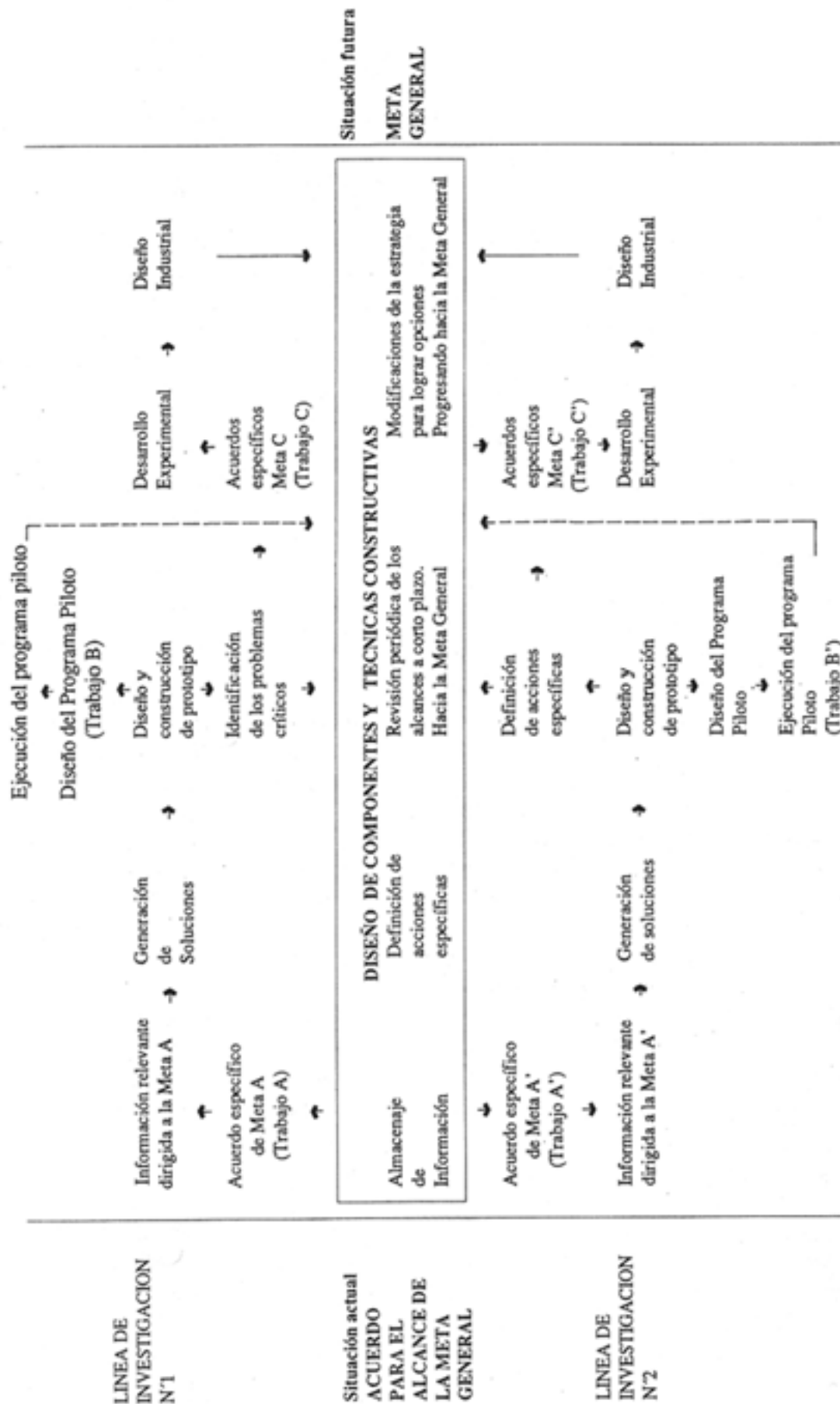
Y por último se incluye un conjunto de resultados de esta fase inicial de la investigación así como algunas consideraciones que deben tomarse en cuenta en la planificación de la segunda fase del trabajo.

2. TECNICAS CONSTRUCTIVAS DE CAPAS DE MORTERO ARMADO

Las técnicas constructivas de capas de mortero armado se han venido utilizando tradicionalmente en la conformación de tabiques de friso armado, de cielo raso y entrepiso. Consisten fundamentalmente en la utilización de mallas metálicas sobre las cuales se proyecta mortero para conformar las capas resistentes

Estas técnicas utilizan una serie de procedimientos constructivos de acuerdo a la variedad de productos metálicos empleados para el soporte del mortero y a su

ESQUEMA DE ESTRATEGIA



relación con los elementos estructurales empleados en la conformación de los cerramientos. El procedimiento constructivo usualmente utilizado para la conformación de componentes resistentes en base a capas de mortero armado, constan de una estructura ligera recubierta por ambas caras de mortero proyectado sobre una malla metálica.

Las técnicas constructivas empleadas en la elaboración de las capas de mortero dependen del tipo de malla metálica utilizada de base, la cual varía de acuerdo a una serie de productos laminados metálicos, esta malla permite la adherencia del mortero de cemento. Estos productos metálicos pueden ser: láminas de metal desplegado, autocimbras, láminas de acero troquelados, o mallas de alambre delgado combinados con láminas de papel asfáltico o parafinado para soportar el lanzamiento del mortero.

- Las mallas metálicas: retículas prefabricadas conformadas por alambres estriados en frío y soldados. Se obtienen en diámetros, tamaños y calidades comerciales. Se utilizan con ventaja en los sistemas de construcción de concreto armado donde la contribución del armado es más eficaz que la de las barras más gruesas con mayor espaciado.

- El metal desplegado: tela metálica obtenida por el despliegado en frío de una plancha maciza de acero. El metal desplegado no tiene juntas ordinarias ni soldadas, y con ella se obtiene una distribución del armado en todas direcciones. Generalmente se suministran en hojas planas de gran tamaño y son más manejables en la obra que los rollos de mallas metálicas.

- Las autocimbras: enlatados suministrados en hojas o en láminas planas intercaladas en una serie de nervios macizos entre los cuales se estampa, perfora o deforma el metal para formar la malla abierta. El tamaño de esta lámina no debe ser muy grande para evitar el paso de la mezcla de concreto a través de los espacios. Este material se suministra pintado o galvanizado. La autocimbra debe ser elegida de manera que tenga la resistencia suficiente para soportar las cargas debidas al concreto húmedo, de no ser así deberá apuntalarse durante este proceso.

- Las láminas de acero troquelado: se utilizan como encofrado perdido para losas o placas de concreto armado de pequeñas luces.

En cuanto a los elementos resistentes que se utilizan en los procedimientos constructivos, se distinguen principalmente dos enfoques:

a.- Procedimiento donde la función resistente es independiente de las capas de mortero armado; la cual es cumplida por entramados de madera o de acero para el caso de los elementos verticales (paredes), o por la utilización de nervios para los elementos horizontales (entrepisos y techos).

b.- Procedimiento donde las capas de mortero resistente se integran a unas mallas de soporte conformando una jaula metálica resistente.

A manera de ejemplo se mencionan algunos procedimientos constructivos que trabajan bajo los dos mencionados:

Procedimiento con estructura independiente:

Enlatados nervados Nerlat y Nergalto. Procedimiento Kaiso, Procedimiento Stucanet y Sistema Salvy:

- Enlatados nervados Nerlat y Nergalto: Metal desplegado producido en hojas tipificadas que pueden fijarse a envigados metálicos o sobre viguetas de concreto. También pueden usarse como encofrado perdido en losas macizas.

- Procedimiento kaiso: Técnica utilizada para la conformación de muros, la cual se basa en el armazón de una cajón metálico sobre el cual se proyecta en su cara exterior un mortero pobre de 3 cm de espesor, y por su cara interior un enlucido de yeso de 2 cm de espesor.

- Procedimiento Stucanet: Basado en la técnica de yeso proyectado; el tablero de Stucanet permite realizar fácilmente tabiques sencillos o dobles, y no se limita a su recubrimiento. Contra el soporte de Stucanet se proyecta un guarnecido de mortero de 3 cm y contra el soporte interior un enlucido de 2 cm de espesor.

- **Sistema Salvy:** El sistema estructural está constituido por mallas espaciales en base a tubos, sobre las cuales se coloca una membrana metálica que permite el vaciado del mortero asfáltico o del concreto, según sea el caso. Estas mallas cumplen función de entrepiso o de cubiertas. Colgando de estas mallas espaciales se ubican los tabiques los cuales son muy esbeltos. Están conformados por una lámina de poliuretano de 2" de espesor, sobre la cual se coloca a ambos lados una tela metálica muy fina cosida entre sí a través del material aislante. Posteriormente se realiza el frisado de ambas caras, obteniéndose un tabique de mínimo espesor y con excelentes condiciones mecánicas.

Procedimiento con estructura integral:

Estructura J.K., Impac-Panel y Procedimiento TNB:

- **Estructura J.K.:** El sistema de estructura J.K. está basado en el ensamblaje de paneles de metal expandido los cuales constituyen el esqueleto de la vivienda. El panel que conforma la estructura permite obtener una estructura tridimensional de 2.50 m. de longitud por 1.20 m. de ancho y espesor de 0.08 m. Estructura metálica resultado del corte y doblado de una lámina plana de acero. Una vez que la vivienda está totalmente ensamblada (incluyendo el techo), la estructura se cubre con una malla muy fina, la cual sirve de soporte del concreto liviano proyectado.

- **Impac-Panel:** El módulo base del sistema constructivo está conformado por una jaula de acero en la cual se incorpora un relleno de poliestireno expandido. El recubrimiento del panel esta constituido por una mezcla pastosa de cemento portland el cual es proyectado o aplicado manualmente a ambos lados del panel. El resultado obtenido es una pared de concreto reforzado de excelente capacidad portante. Los paneles pueden ser usados como cerramiento de techo.

- **Procedimiento TNB:** Está basado en la tecnología de hormigón colado con refuerzo incorporado, para la conformación de elementos verticales (muros). El refuerzo metálico del muro consta de tres elementos básicos: módulo, regleta y malla soldada. Estos refuerzos metálicos son enlazados y soldados entre sí

para conformar el esqueleto de los muros. Adicionalmente la jaula metálica sirve de soporte del concreto proyectado, el cual se hace por vía húmeda.

3. PROPUESTA CONSTRUCTIVA UTILIZANDO CAPAS DE MORTERO ARMADO

Seguidamente se mencionan los criterios básicos manejados en el desarrollo del procedimiento constructivo en estudio, y luego las consideraciones planteadas para la conformación de los elementos tanto horizontales como verticales de la edificación.

- Procedimiento constructivo orientado al desarrollo progresivo de las edificaciones, partiendo de los niveles mínimos de habitabilidad hasta la consolidación definitiva. Su lógica constructiva debe simplificar los procesos de trabajo para permitir la participación de una mano de obra no calificada.

- Búsqueda de una estructura donde el armazón metálico y las capas de mortero armado trabajen en forma integral. Los elementos resistentes se conforman mediante la integración de las caras formadas por las capas de mortero armado con las mallas de soporte.

- Armazón metálico constituido por una "malla de soporte" estructural y una "malla base" que sirve de soporte de la capa de mortero.

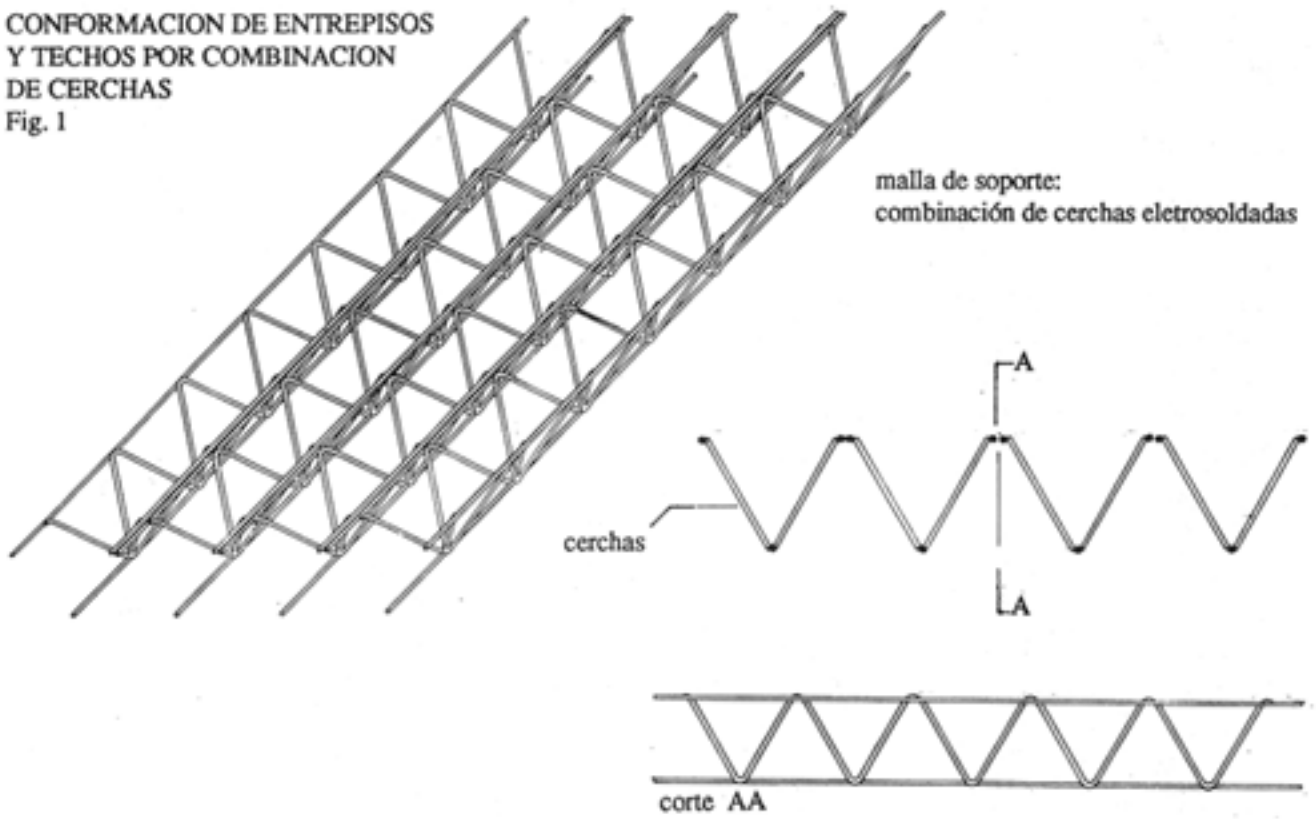
- Para la malla soporte se propone dos posibilidades:
 - a.- la combinación de cerchas electrosoldadas
 - b.- El uso de mallas electrosoldadas plegadas.

- Para la malla base que soporta el lanzamiento del mortero se propone utilizar mallas electrosoldadas de alambres galvanizados delgados, combinados con papel asfáltico, papel parafinado o tela de polipropileno. Malla que se desarrollará para su uso generalizado en la construcción.

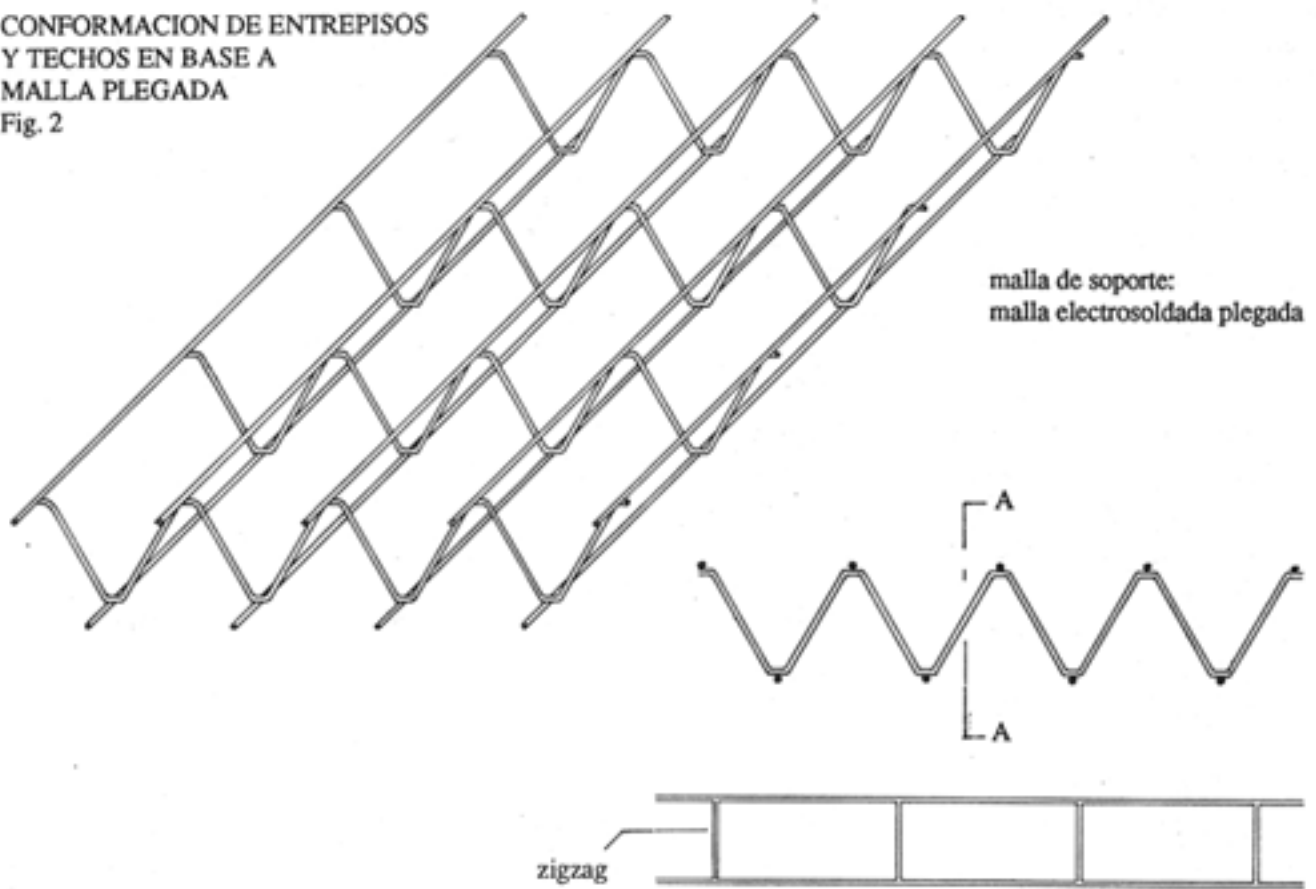
3.1. Elementos horizontales

Para la conformación de la malla de soporte de los elementos portantes horizontales se plantea la alternativa del uso combinado de cerchas electrosoldadas o el desarrollo de una malla electrosoldada plegada (Ver figuras 1 y 2). En el caso de

CONFORMACION DE ENTREPISOS
Y TECHOS POR COMBINACION
DE CERCHAS
Fig. 1



CONFORMACION DE ENTREPISOS
Y TECHOS EN BASE A
MALLA PLEGADA
Fig. 2



las cerchas electrosoldadas su disposición continua conforma una red espacial triangulada en ambas direcciones. En el caso de la malla electrosoldada plegada la triangulación se forma en una sola dirección siendo necesario la incorporación de barras de refuerzo transversal.

Para la conformación de las cara superior e inferior de la losa se plantean algunas variantes de acuerdo a los distintos productos utilizados como malla base del mortero:

a.- Utilización del metal desplegado: lámina que no requiere de elementos adicionales para el soporte del mortero; el problema clave de esta variante es la colocación del metal desplegado por debajo de los aceros superiores de la malla de soporte (Ver figura 3)

b.- Utilización de lámina galvanizada, lámina delgada de acero galvanizada que se coloca en forma de bovedilla para recibir el peso del mortero.

c.- Utilización de malla electrosoldada de alambre delgado galvanizado. El uso de esta malla requiere de su combinación con una lámina adicional para el soporte del lanzamiento del mortero; en este caso se plantea el uso del papel asfáltico o tela de polipropileno.

3.2 Elementos verticales

Para la conformación del elemento portante vertical, al igual que los elementos horizontales, se proponen dos variantes: la primera contempla la malla soporte constituida por una malla plegada reforzada verticalmente y adosadas a ambas caras de este armazón se ubican las mallas bases que permitirán la incorporación del mortero correspondiente, el cual suministrará la rigidez y acabado final al elemento (Ver figura 4).

La segunda variante se basa en la utilización de cerchas electrosoldadas localizadas verticalmente a distancias equidistantes para conformar la malla de soporte y sobre las cuales se colocarán las mallas base del mortero de ambas caras de la pared (Ver figura 5). Ambas variantes permiten reforzar ciertas zonas del

elemento portante vertical, colocando acero adicional y vaciando concreto para construir edificaciones de más de un piso.

4. MODELOS ELABORADOS

Para la evaluación de estas técnicas constructivas en base a capas de mortero armado para conformar elementos portantes y de cerramientos, se elaboran una serie de modelos-prototipos destinados a resolver y evaluar los aspectos constructivos del proceso de producción.

Los modelos elaborados están referidos en primer término a los elementos horizontales, en segundo lugar a los elementos verticales, y por último a la construcción del prototipo.

4.1 Elementos horizontales

Las soluciones planteadas en este trabajo para elementos portantes horizontales se desarrollan solamente para cargas de entresijos, dejando para una fase posterior las soluciones de elementos de techo no planos.

El entresijo se concibe como un elemento estructural que trabaja a flexión en una dirección. La luz libre considerada entre apoyos es de 3,60 mts.

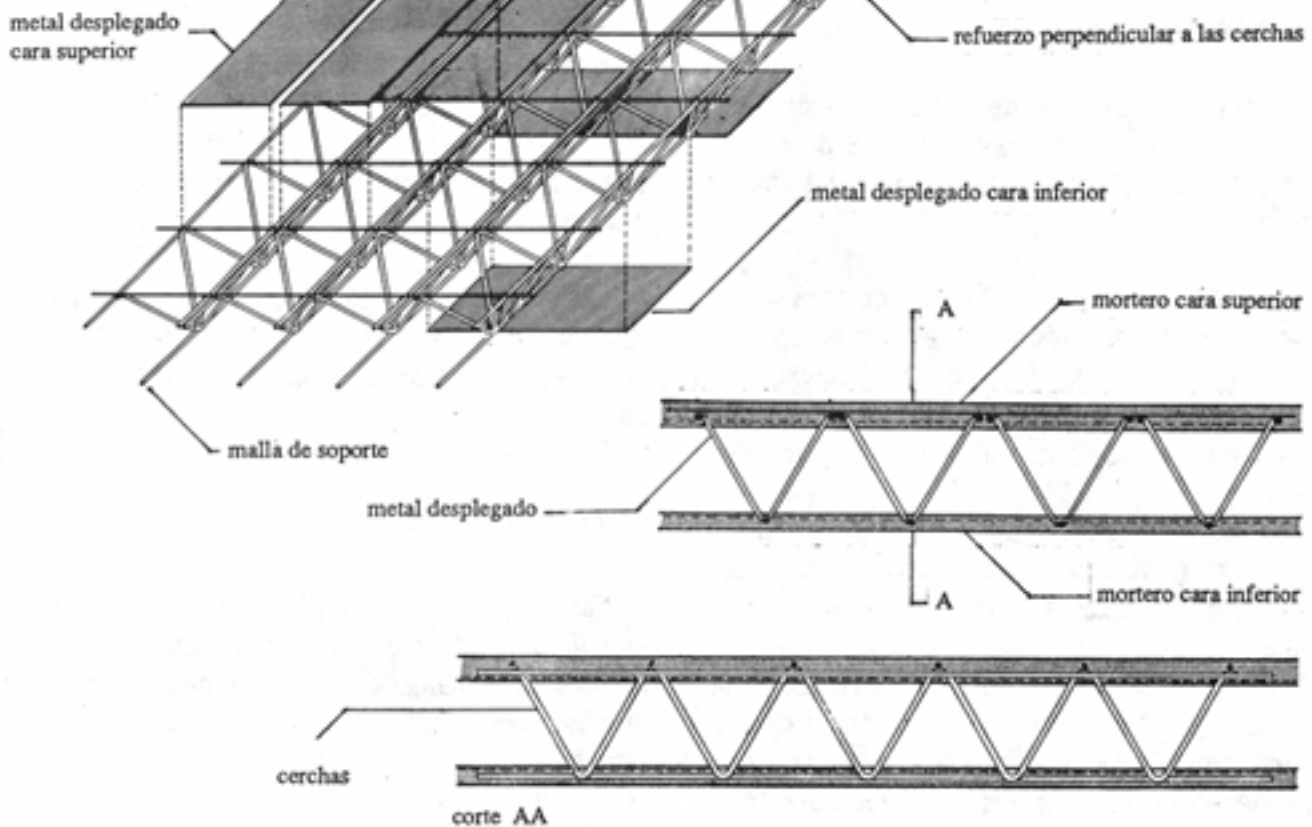
Las cargas de diseño consideradas para el entresijo son: tabiquería 100 kg/m², acabado de piso 100 kg/m² y sobrecarga 175 kg/m².

La construcción del entresijo se plantea en dos etapas, la primera corresponde a la elaboración de una superficie preformada que funcionará como encofrado colaborante y, la segunda contempla la conformación definitiva de la losa mediante el vaciado del concreto en sitio. La superficie requerida para la conformación de la losa se logra mediante la sumatoria de piezas preformadas. La elaboración de estas piezas incluye primeramente la conformación de un armazón metálico en base a cerchas electrosoldadas y mallas metálica, para luego realizar el proceso de encamisado de la malla mediante capas de mortero. Las piezas preformadas se elaboran a pie de obra, en posición

CONFORMACION DE ENTREPISOS Y TECHOS POR COMBINACION DE CERCHAS

Variante: Metal desplegado

Fig. 3



invertida a su forma definitiva de trabajo en la edificación. Ellas incorporan el acero inferior de los nervios de la losa (Ver fotografía 1)

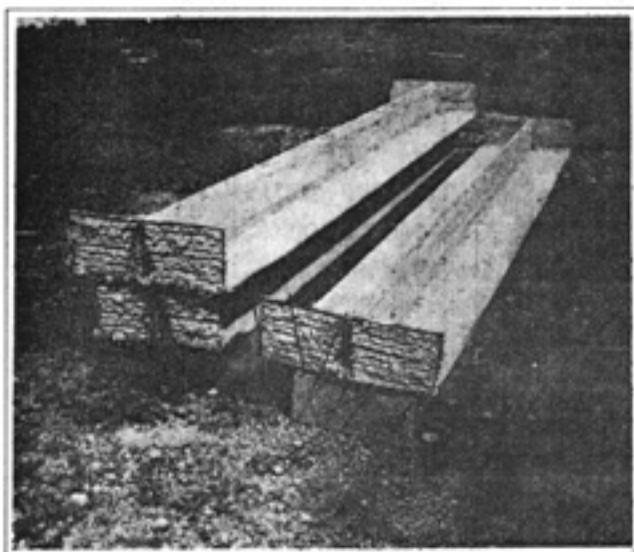
En la elaboración de los modelos de entrepiso para producir la superficie preformada se consideran diversas maneras de afrontar la modalidad constructiva:

- a.- Proceso de encamisado a pie de obra para producir piezas.
- b.- Proceso de encamisado en sitio definitivo de la obra.

Con la primera modalidad constructiva utilizada se trata de resolver dos aspectos básicos:

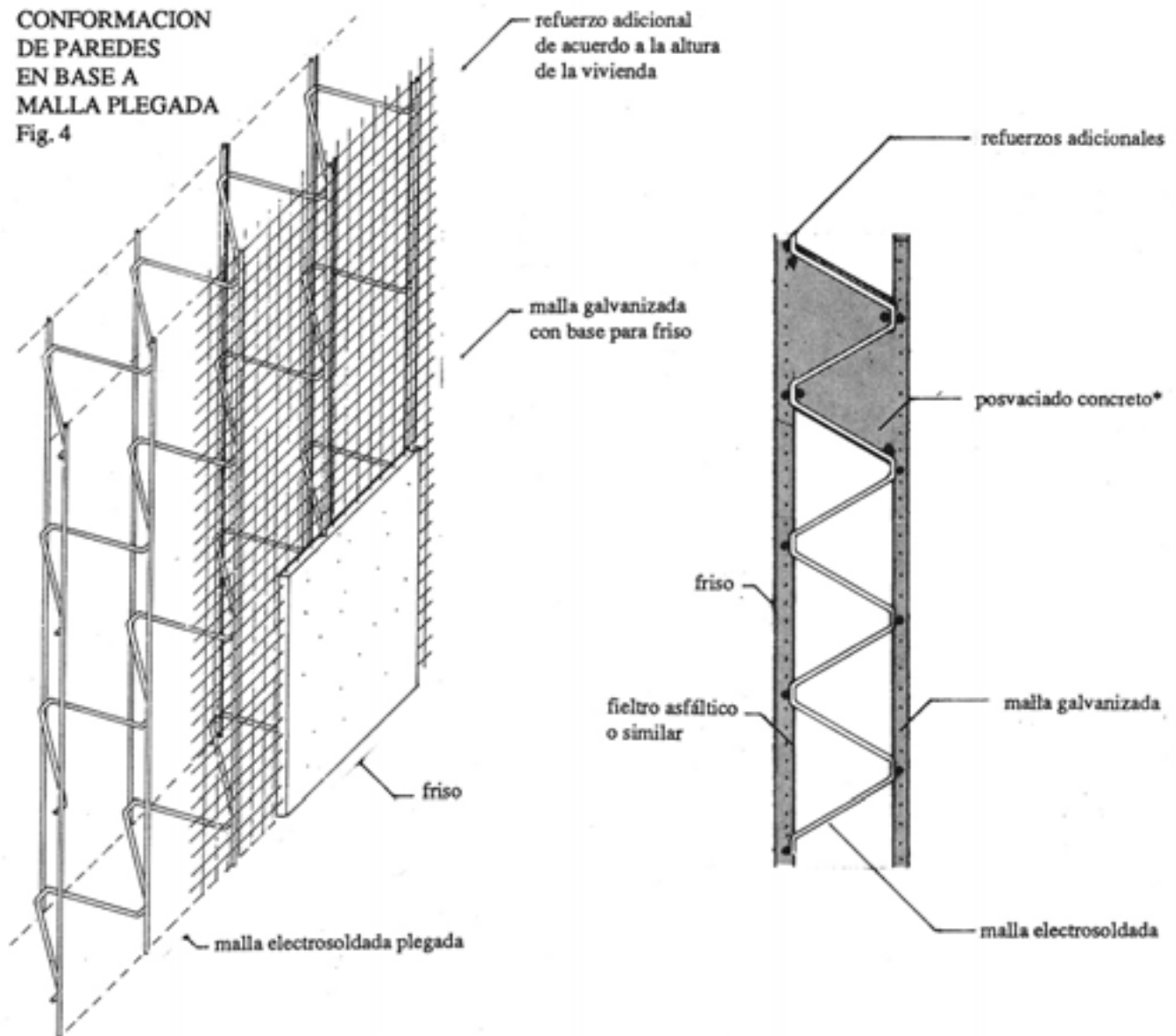
1.- disminuir el peso de la pieza preformada con el fin de obtener una pieza cuyo peso permita su maniobrabilidad con cierta facilidad por parte del usuario, sin la necesidad de utilizar equipos especiales y,

2.- ajustar la técnica de colocación del encamisado a fin de lograr el mínimo espesor, entre 10 y 15 mm, lo cual se revierte lógicamente en la variable peso.



Fotografía Nº 1

CONFORMACION DE PAREDES EN BASE A MALLA PLEGADA
Fig. 4



*Nervios de refuerzo de acuerdo a la altura de la vivienda

4.2 Elementos verticales

La producción de los elementos verticales se realiza utilizando la modalidad del encamisado en sitio. Los elementos verticales producidos se agrupan en dos tipos según la función que cumplen dentro de la edificación:

- Elementos de pared-portante y
- Elementos de cerramientos

Los elementos pared-portante tienen función estructural por cuanto recibirán las cargas que soportan las losas para transmitir las a las fundaciones y, los elementos de cerramientos funcionan simplemente como tabiquería.

4.3 Proceso Constructivo del Prototipo

Una vez concluida la elaboración de los diferentes modelos verticales y horizontales que pueden conformar una unidad habitacional, se procede a construir un prototipo donde se resuelven los diferentes detalles de unión planteados entre estos elementos. Para ello, el proceso de producción seguido en la construcción del prototipo utilizando la técnica de capas de mortero consta de las siguientes etapas:

- Acondicionamiento del terreno
- Excavación de una franja de aproximadamente 0,30 mts de ancho y 0,30 mts de profundidad donde se ubican los aceros correspondientes a la viga de

fundación y los aceros de arranque de los elementos verticales (portantes y de cerramientos).

- Colocación y apuntalamiento de la malla de soporte vertical. Existen dos posibilidades para la conformación de esta malla de soporte: utilizando cerchas electrosoldadas ubicadas a una separación constante o utilizando la malla plegada.

El primer caso, utilizado para la conformación de las paredes-portantes, se siembran en forma intercaladas las cerchas encamisadas con las cerchas reforzadas con el metal desplegado, separadas cada 1,00 mts.

El segundo caso, utilizado para la conformación de elementos de cerramientos no portantes, se siembra la malla plegada a todo lo largo de la franja de fundación.

- Preparación y vaciado del concreto de la viga de fundación.

- Conformación de las caras exterior e interior del elemento pared mediante la colocación y amarre del metal desplegado (malla base), colocando previamente una lámina de anime, la cual servirá de soporte posterior para la colocación del encamisado.

- Proceso de encamisado del elemento vertical el cual se realiza en forma manual. Se procede a ejecutar

dos capas de mortero para lograr el acabado liso del cerramiento.

- Colocación del refuerzo (cercha electrosoldada) que conforma la viga de corona del elemento pared-portante, y amarre correspondiente con los aceros salientes tanto de los elementos verticales como horizontales.

- Colocación y apuntalamiento de las piezas preformadas de entepiso las cuales se apoyan sobre la pared-portante.

Nota: en la construcción del prototipo no se considera la variante del encamisado en sitio.

- Colocación de la malla de repartición (acero superior) de la losa

- Vaciado del concreto de la losa de entepiso y viga de corona

La experiencia del proceso constructivo se evalúa a través del prototipo, el cual permite visualizar los detalles constructivos propuestos, así como la dificultad de las operaciones requeridas para la aplicación de las técnicas de capas de mortero armado. (Ver fotografías 2 y 3)

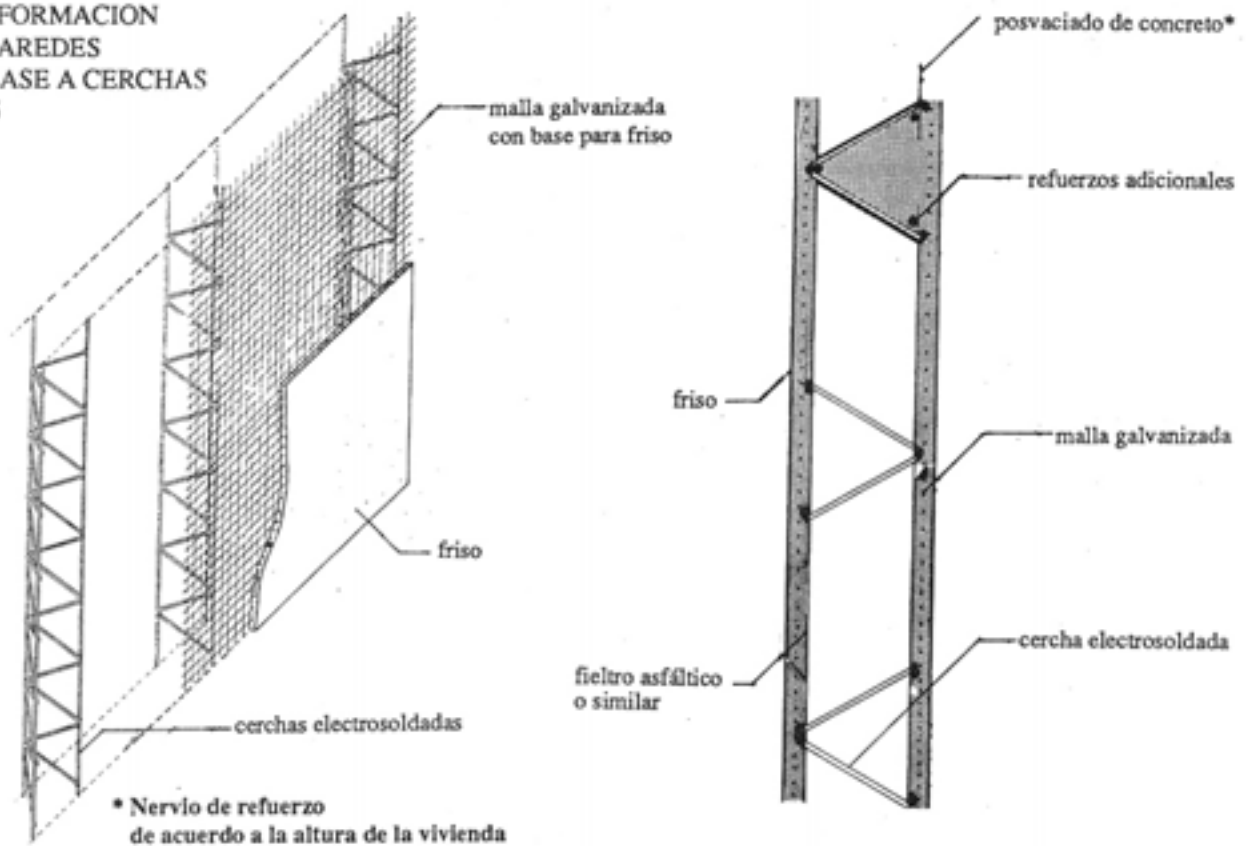
5. RESULTADOS FINALES

El conjunto de resultados a continuación presentados están relacionadas con las características, proceso de elaboración y acabado, de los modelos construidos con

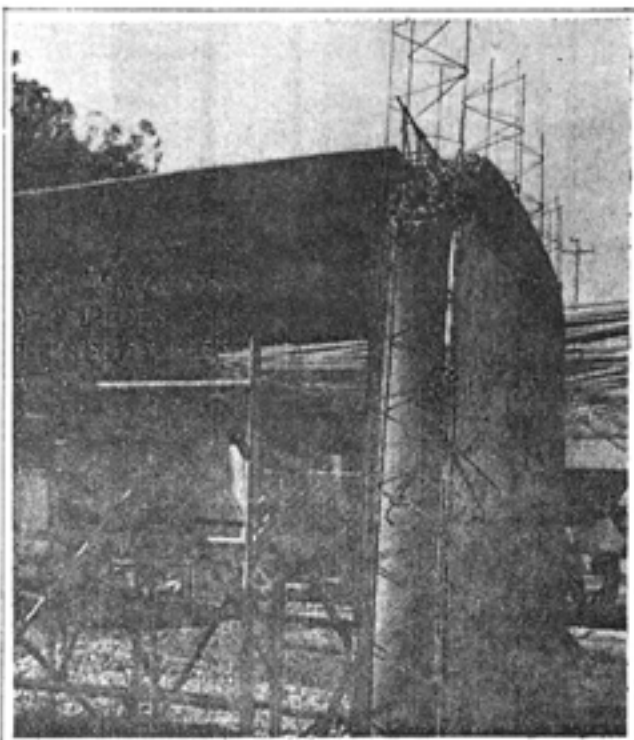


Fotografía N° 2

CONFORMACION DE PAREDES EN BASE A CERCHAS Fig. 5



Fotografía N°3



la técnica de capas de mortero armado. En ellas se establecen los logros obtenidos a lo largo de la experiencia desarrollada, al igual que aquellos aspectos que son necesarios considerar en la próxima fase del proyecto de investigación.

- Como se menciona en la introducción del trabajo, esta fase del proyecto de investigación ha sido afrontada bajo el enfoque de producción de superficies preformadas que mediante una determinada técnica puedan producirse elementos verticales y horizontales para conformar espacios para uso habitacional; no constituye el desarrollo de un sistema constructivo.

- La elaboración de los modelos ha estado orientada básicamente a afrontar los siguientes aspectos:

- a- obtener piezas preformadas de entepiso con pesos apropiados para el manejo por parte de los usuarios, sin utilizar equipos especiales de izamiento.

- b- solucionar las dificultades afrontadas en la técnica de ejecución del encamisado, y

- c- simplificar las operaciones requeridas en el proceso de elaboración y ensamblaje de los elementos de entepiso y pared-portante.

- El proceso de encamisado ya sea del armazón metálico en el sitio definitivo de la obra o a pie de obra debe realizarse manualmente.

- Las piezas preformadas de entrepisos presentan la capacidad y rigidez necesaria tanto para su maniobrabilidad en el almacenaje y ensamblaje, como para el soporte del concreto fresco posteriormente vaciado para completar la losa. Adicionalmente las piezas preformadas de entrepiso producidas utilizando encofrado de madera son geométricamente más exactas.

- La mano de obra requerida para la ejecución de esta técnica requiere de la habilidad del operario para la colocación del mortero. Si los elementos constructivos van a ser producidos por los propios usuarios, ellos requieren de cierto entrenamiento en la preparación y aplicación de la mezcla.

- Existen una serie de aspectos manejados en esta fase del trabajo que requieren seguir desarrollándose a fin de obtener otras soluciones viables, a saber:

Las mallas metálicas utilizadas en los modelos verticales requieren de una superficie adicional de soporte (lámina de anime) para lograr la uniformidad en los espesores de la capa de mortero, espesores constantes y delgados entre 10 y 15 mm. Esto debido a que las aberturas de las mallas dejaban pasar a su cara posterior un gran porcentaje de la mezcla de mortero, contribuyendo al aumento del espesor de la capa.

Por ello, uno de los aspectos fundamentales a resolver en próximas fases del estudio, es el lograr una superficie de soporte adecuada para la ejecución del encamisado de la malla metálica de los elementos verticales, sin necesidad de utilizar la lámina de anime. Una vía es insistir en la posibilidad de utilizar un material como el "Stucanet" (malla metálica que incorpora lámina de papel asfáltico) o similar.

Adicionalmente, en el planteamiento de la segunda fase de la investigación deben ser considerados aspectos no evaluados hasta el momento, de los cuales mencionamos algunos de ellos:

- No se estudiaron a profundidad los aspectos relacionados con la formulación de la mezcla más apropiada para el uso de la técnica de capas de mortero; ellos deberán ser incluidos en fases posteriores de la

investigación, en las que se analizarán: las dosificaciones del mortero para los diferentes tipos de mezcla a utilizar, plasticidad requerida del mortero para su colocación, posibilidades de utilizar morteros reforzados con diversos materiales, pruebas de campo para evaluar la resistencia del mortero (por ejemplo, al impacto, a la vibración), entre otros.

- En las fases del trabajo también se deberá contemplar el desarrollo de elementos preformados de forma ondulada para ser utilizados en techos, aprovechando la rigidez que la malla adquiere al darle configuraciones diferentes a la plana.

En el proceso de continuidad del proyecto de investigación global se plantean diferentes líneas de acción, a saber:

a.) Como resultado de la primera fase de la investigación se obtiene un cúmulo de información relacionada con los criterios de usos de la técnica de capas de mortero, que sirven para las bases de la elaboración de un manual de construcción para los usuarios, el cual puede ser aplicado en el desarrollo de un programa piloto de construcción (**Trabajo B del esquema de Estrategia**).

El manual de construcción contempla aspectos referentes a:

- memoria descriptiva correspondiente a la información general de la técnica constructiva, criterios de uso y proceso de construcción.

- documentación gráfica de los detalles y uniones de la solución constructiva

- proceso constructivo, organización y secuencia de actividades

- factores de proceso de trabajo: mano de obra, insumos y herramientas.

b) Así mismo, se plantea un programa de desarrollo experimental con la técnica constructiva, para evaluar el comportamiento de los materiales y conjunto estructural (**Trabajo C del Esquema de Estrategia**).

Marzo 1989